

Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
Classe des Sciences techniques N.S., XVI-7, Bruxelles, 1969

La température du sol
en région équatoriale africaine

PAR

G.-L. DUPRIEZ

Assistant à
l'Institut Royal Météorologique de Belgique

150 F

Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen
Klasse voor Technische Wetenschappen, N.R., XVI-7, Brussel, 1969

Académie royale des Sciences d'Outre-Mer
Classe des Sciences techniques N.S., XVI-7, Bruxelles, 1969

La température du sol en région équatoriale africaine

PAR

G.-L. DUPRIEZ

Assistant à
l'Institut Royal Météorologique de Belgique

Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen
Klasse voor Technische Wetenschappen, N.R., XVI-7, Brussel, 1969

Mémoire présenté à la Séance du 31 janvier 1969
Rapporteurs: MM. F. BULTOT, P. BOURGEOIS et R. VAN GANSE

D/1969/0149/3

RESUME

Les renseignements précis sur l'évolution de la température dans le sol en région équatoriale sont encore très peu nombreux à l'heure actuelle. Pour répondre aux vœux des agronomes, biologistes et pédologues intéressés par ces questions, nous avons cru utile de présenter dans cette note une synthèse des observations effectuées au cours de la période 1954-1959 dans 24 stations des anciens territoires belges d'Afrique centrale.

Des mesures plus détaillées réalisées à la station de Yangambi permettent d'analyser les régimes journaliers et annuels jusqu'à un mètre de profondeur. Pour l'ensemble des autres stations, on examine la variabilité journalière et saisonnière, pour les profondeurs de 10, 20, 50 cm, en relation avec les autres facteurs du climat.

SAMENVATTING

Tegenwoordig zijn de nauwkeurige gegevens over de evolutie van de bodemtemperatuur in de equatoriale streek nog zeer schaars. Om te voldoen aan de wensen van de landbouwkundigen, biologen en pedologen die zich interesseren voor deze vraagstukken, hebben wij het nuttig geacht om in deze nota een synthese te geven van de waarnemingen uitgevoerd gedurende de periode 1954-1959 in de 24 stations van de oude belgische grondgebieden van centraal Afrika.

De meer gedetailleerde metingen verwezenlijkt in het station te Yangambi veroorloven ons de dagelijkse en jaarlijkse schommelingen te ontleden tot op één meter diepte. Voor het geheel van de andere stations, onderzoekt men de dagelijkse en jaarlijkse seizoenveranderlijkheid, voor de diepte van 10, 20, 50 cm, in verband met de andere factoren van het klimaat.

INTRODUCTION

Les échanges d'énergie et la distribution des températures à la surface et dans les couches superficielles du sol revêtent un intérêt considérable aussi bien dans le domaine de la climatologie

théorique que dans leurs rapports avec les aspects pratiques de l'activité humaine. Sur le plan technique notamment, de très nombreux spécialistes font de plus en plus appel aux connaissances de la microclimatologie du sol pour disposer soit des théories explicatives, soit des renseignements de base qui leurs sont nécessaires. Ainsi par exemple, écologistes, pédologues, agronomes, forestiers sont extrêmement intéressés par l'évolution de la température dans le sol, facteur écologique essentiel qui conditionne comme on le sait non seulement la vitesse des réactions chimiques mais aussi le taux d'activité des organismes vivants, la perméabilité cellulaire, la mobilité de l'eau, etc. Certaines études de génie civil (corrosion et stabilité des conduites enterrées, isothermie des réservoirs et locaux souterrains) exigent également une connaissance assez précise des températures du sol. D'excellents ouvrages traitent actuellement de la microclimatologie du sol mais très généralement, les informations sur les régions équatoriales d'Afrique sont rudimentaires, ne pouvant faire mention que d'observations très fragmentaires et peu homogènes.

C'est dans le but de remédier partiellement à cette lacune que nous présentons dans cette note la synthèse d'une série d'observations réalisées dans les anciens territoires du Congo belge et du Rwanda-Urundi, le détail de ces observations ayant par ailleurs été publié régulièrement [9]*.

Toutes les données utilisées proviennent des stations du réseau d'écoclimatologie de l'Institut national pour l'étude agronomique au Congo (INEAC).

Les observations de la température du sol y ont été réorganisées en 1950 ⁽¹⁾ dans le but de tarionaliser et d'uniformiser les méthodes d'observation et l'équipement instrumental. Seule la période de 1954 à 1959 a été retenue afin d'utiliser une série homogène et comparable pour l'ensemble des stations. On dispose ainsi des résultats de 24 postes d'observation qui couvrent une grande partie des régions équatoriales et subtropicales de l'ouest africain (*Fig. 1*).

* Les chiffres entre [] renvoient à la bibliographie *in fine*.

(1) Cette réorganisation est l'œuvre de E. BERNARD, chef de la Division de climatologie de 1945 à 1956.

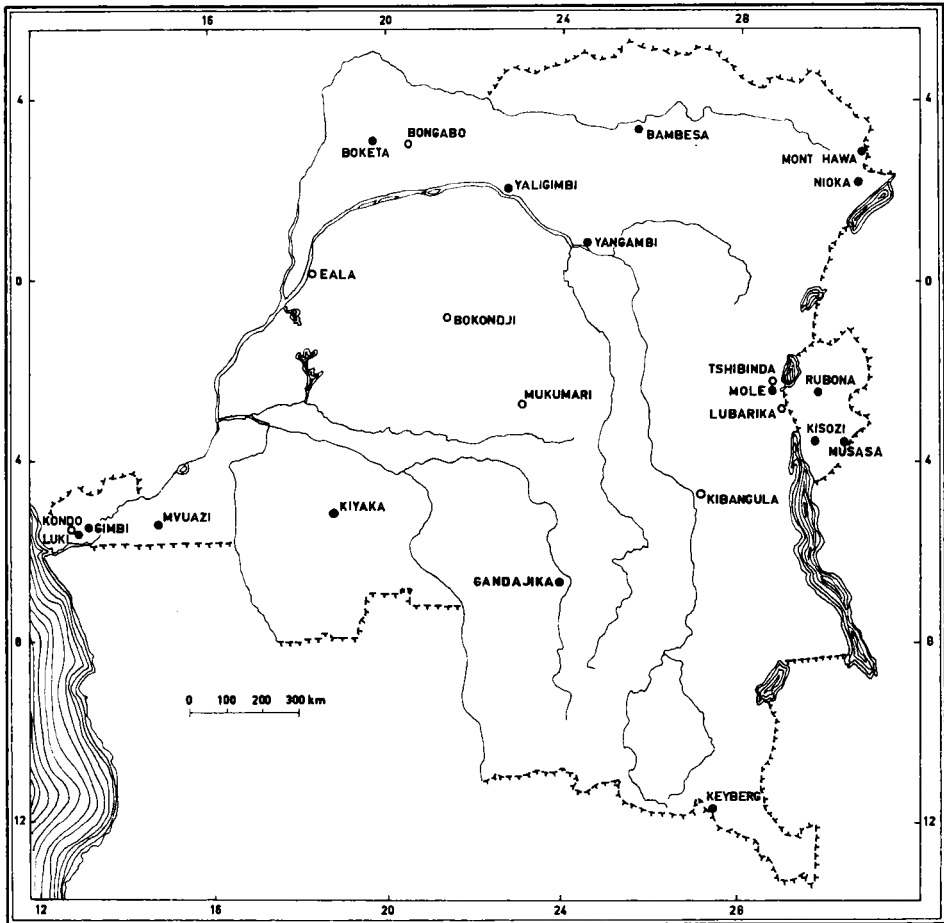


Fig. 1. — Emplacement des stations observant la température du sol:
 ● station munie de géothermomètres pour l'observation à 10, 20 et 50 cm de profondeur.
 ○ station équipée en outre d'un géothermographe pour l'enregistrement à 10 et 20 cm de profondeur.

Les stations retenues disposent pour leurs observations climatologiques d'une vaste pelouse parfaitement nivelée, s'étendant sur 25 à 100 ares. Les températures du sol sont observées sur un plateau de 3 m × 3 m dégagé de toute végétation et tassé naturellement sous l'action des pluies. Des repères permettent de maintenir effectivement la surface du sol au niveau original.

L'installation standard comporte trois géothermomètres pour les profondeurs de 10, 20 et 50 cm. Ce sont des thermomètres à mercure dont la tige en verre et le réservoir s'enfoncent verticalement dans le sol. Les lectures s'effectuent cinq fois par jour à 6, 9, 12, 15 et 18 heures (temps local moyen). Les stations de premier ordre et les stations principales disposent en outre d'un géothermographe permettant l'enregistrement de la température à 10 et 20 cm de profondeur. C'est un thermographe pour mesure à distance du type « mercury in steel » comportant deux sondes massives en acier de 178 mm de long sur 25 mm de diamètre. Sondes et capillaires sont recouverts de plomb et posés horizontalement au niveau désiré sur une distance d'au moins un mètre. L'enregistrement s'inscrit sur un tambour à mouvement hebdomadaire. En fait, l'enregistreur est utilisé principalement pour la recherche des extrêmes journaliers, et de l'heure où ils se produisent, ces valeurs étant corrigées à partir des 5 lectures quotidiennes aux géothermomètres.

Ces instruments ont été testés dans le cadre de la « comparaison internationale de thermomètres pour la mesure de la température du sol » organisée par la Commission de météorologie agricole de l'O.M.M. [11]. Cette expérience a été réalisée à Yangambi d'avril à juin 1960. Les résultats n'ont pu être communiqués aux organisateurs et ne figurent donc pas dans les rapports officiels.

Quelques conclusions importantes concernant la méthodologie des observations telles qu'elles ont été effectuées dans le réseau INEAC méritent d'être citées.

Lorsqu'on se réfère aux résultats d'un enregistreur électrique à sondes de dimensions réduites installées suivant les recommandations expérimentales, on constate que:

a) La présence dans le profil d'une masse métallique de 25 mm de diamètre modifie sensiblement les propriétés physiques du sol en place. L'oscillation thermique enregistrée subit une distorsion d'autant plus importante que la sonde se trouve près de la surface;

b) Lorsqu'on observe la température du sol à l'aide de thermomètres à tige de verre, tout se passe comme si la diffusivité thermique du substrat était augmentée. Pour une profondeur don-

née, il en résulte une augmentation de l'amplitude réelle et une diminution du retard de phase. Ces effets sont sous la dépendance de la teneur en eau du sol; ils s'estompent rapidement avec la profondeur ou lorsque le sol se tasse (quelques mois après la mise en place de l'instrument);

c) Comparant les lectures aux géothermomètres et les valeurs correspondantes de l'enregistreur, on constate des écarts moyens peu importants ($0,35^{\circ}\text{C}$ à 10 cm et $0,09^{\circ}\text{C}$ à 20 cm) mais assez variables (intervalle interdécile: $1,1^{\circ}\text{C}$ à 10 cm et $0,5^{\circ}\text{C}$ à 20 cm). Cette variabilité des écarts est en partie liée au moment de la journée (déphasages provoqués par le type d'instrument) et aux variations de l'humidité du sol.

Ces défauts, inhérents au type d'instruments utilisés, limitent quelque peu la portée des résultats obtenus. Il serait vain en effet, sur la base de ces données, d'entreprendre des études fines d'échanges énergétiques ou de vouloir analyser les variations des propriétés physiques du sol, de telles recherches exigeant une observation très précise de la température à des niveaux parfaitement définis, et sans distorsion des courbes journalières. Par contre, pour les études climatologiques ou pour des applications techniques les caractéristiques thermiques citées constituent des séries homogènes et comparables dont la précision est parfaitement acceptable.

Avant d'aborder la présentation des résultats, précisons la méthode utilisée pour le calcul des moyennes journalières⁽²⁾ de la température du sol aux diverses profondeurs. Après examen des différentes estimations proposées par F. BULTOT [4] pour la température de l'air, nous avons retenu comme la meilleure et la plus simple l'expression n'utilisant que les observations effectuées à 6 h, 12 h et 18 h du jour j et à 6 h du lendemain:

$$\bar{T}_j = \frac{1}{8} [T_{6,j} + T_{18,j} + 2(T_{12,j} + T_{18,j} + T_{6,j+1})]$$

Comparée à la moyenne vraie établie à partir de 9 observations trihoraires obtenues d'enregistreurs à résistance électrique,

(2) Toutes les valeurs journalières se rapportent à la « journée éco-climatologique » qui s'étend de 6 heures à 6 heures (temps local moyen).

cette estimation n'entraîne pas d'erreur systématique et les écarts individuels sont répartis dans un domaine très acceptable ($\pm 0,6^\circ \text{C}$ à 10 cm et $\pm 0,4^\circ \text{C}$ à 20 cm au seuil de probabilité de 0,05).

Lorsqu'on recherche une estimation des moyennes mensuelles ou annuelles de la température journalière, l'expression prend une forme simplifiée:

$$\bar{T} = \frac{1}{8} [3 (\bar{T}_6 + \bar{T}_{18}) + 2 \bar{T}_{12}]$$

dans laquelle \bar{T}_6 , \bar{T}_{12} et \bar{T}_{18} représentent les températures moyennes mensuelles observées respectivement à 6, 12 et 18 heures.

Pour chacune des 24 stations retenues, on trouvera *in fine* un tableau récapitulatif présentant les moyennes mensuelles et annuelles des températures de l'air sous abri et des températures du sol à 10, 20 et 50 cm de profondeur. La partie inférieure du tableau fournit les caractéristiques principales de l'onde annuelle — valeur des extrêmes et date — obtenue par un ajustement limité aux 4 premiers termes d'une série de Fourier. Dans les pages qui suivent, on analysera sommairement les variations de la température du sol en rapport avec les autres facteurs du climat.

RÉGIME DIURNE DE LA TEMPÉRATURE DU SOL

On sait qu'à la surface du sol, la température est essentiellement influencée par les variations du bilan de rayonnement. Interviennent également, mais dans une proportion relativement faible, les échanges avec l'air (convection, évaporation, advection) et les transports vers les couches profondes du sol (conduction).

Au cours de la journée, les fluctuations de la température de surface sont rapides et généralement irrégulières. Ce n'est que pour des journées sereines ou, mieux, lorsqu'on établit des moyennes sur des périodes assez longues, qu'on retrouve la courbe sinusoïdale classique. Celle-ci a même allure que la courbe représentative du régime diurne du bilan de rayonnement total [7].

Le maximum de la température est atteint peu après le maximum du rayonnement qui se situe pratiquement au midi vrai; la chute de température est très rapide dans l'après-midi et plus lente durant la nuit. Le minimum est souvent atteint au lever du soleil; l'augmentation qui suit est parallèle à celle du rayonnement solaire global.

La convection turbulente agit principalement de 11 à 17 heures. Si les conditions d'hydratation le permettent, le flux de chaleur latente de vaporisation lui est en grande partie lié; il s'inverse d'ailleurs au cours de la nuit (rosée). Quant aux échanges advectifs, ils sont exceptionnels dans la Cuvette centrale; ils peuvent cependant acquérir une certaine importance soit en région montagneuse (brise de montagne) soit à proximité de l'océan ou encore au cours de la saison sèche dans certaines régions.

Le sol lui-même joue en quelque sorte le rôle d'un réservoir thermique. Accumulant des quantités plus ou moins importantes d'énergie calorifique au moment où celle-ci est en excès, il les restitue ensuite à l'atmosphère (nuit, période plus froide). L'importance de ce rôle régulateur est sous la dépendance étroite des propriétés physiques du sol, propriétés qui fluctuent non seulement dans l'espace mais aussi dans le temps (variations de la teneur en eau).

La courbe représentant les variations journalières de la température de la surface du sol résultant de l'action de ces divers facteurs est fortement asymétrique puisque environ 6 heures seulement séparent le minimum du maximum alors que la période de refroidissement s'étend sur près de 18 heures. En se propageant à travers le profil, ces variations périodiques sont modifiées. Comme on le sait, les fluctuations sont d'autant plus rapidement amorties que leur période est courte; l'onde journalière tend donc vers la symétrie au fur et à mesure que l'on s'écarte de la surface.

Les valeurs moyennes des observations trihoraires obtenues lors de l'expérience comparative de 1960 ont été développées en séries de Fourier [5]. Le *tableau I* fournit les caractéristiques des ondes thermiques journalières sous le sol nu; on y a joint, à titre comparatif, les données relatives à la température de l'air et à la température du sol sous un gazon de *Paspalum Notatum*. On

TABLEAU I. — Caractéristiques de l'onde journalière de la température de l'air et des températures sous le sol nu et sous le gazon.
(Yangambi, avril-juin 1960)

	Dans l'air	Sous le sol nu à			Sous le gazon à		
		10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	50 cm
ANALYSE HARMONIQUE							
1 ^{re} harmonique:							
amplitude, en °C	3,66	3,61	2,10	0,99	0,93	0,54	0,06
amplitude, en %	92,2	93,2	95,7	97,2	93,7	95,8	90,1
2 ^e harmonique:							
amplitude, en °C	1,03	0,97	0,44	0,17	0,23	0,11	0,01
amplitude, en %	7,3	6,7	4,3	2,8	5,8	3,9	3,2
Résultante:							
maximum	28,3	32,5	30,4	28,9	28,3	28,0	27,5
heure	13 h 40	15 h 30	17 h 30	20 h 00	16 h 00	18 h 00	6 h 20
minimum	20,5	24,6	25,9	26,8	26,3	26,8	27,4
heure	4 h 30	6 h 20	8 h 00	10 h 10	7 h 00	8 h 40	16 h 50
écart thermique journalier	7,8	7,9	4,5	2,1	2,0	1,2	0,1
OBSERVATIONS							
Moyenne journalière	23,7	28,1	28,0	27,9	27,3	27,4	27,4
Maximum journalier moyen	29,5	33,0	30,6	29,1	28,5	28,1	27,7
heure (médiane)		16 h 10	17 h 40	20 h 15	16 h 15	18 h 30	(5h00)
Minimum journalier moyen	19,9	24,5	25,8	26,7	26,3	26,7	27,3
heure (médiane)		7 h 30	8 h 45	10 h 30	7 h 30	9 h 00	(15h00)
Écart thermique journalière	9,6	8,5	4,8	2,4	2,2	1,4	0,4

en déduit que les variations journalières moyennes de la température dans le sol peuvent être correctement représentées par une série de Fourier limitée à ses deux premiers termes puisque ceux-ci couvrent pratiquement la totalité de la variation. Par ailleurs, les extrêmes moyens observés et l'heure moyenne de leur apparition, bien qu'établis d'une autre manière sont néanmoins assez voisins des extrêmes ajustés.

Accessoirement, on remarque que l'effet du gazon se manifeste, à 10 cm, par un abaissement de la moyenne journalière, une diminution de l'amplitude et un décalage de l'heure des extrêmes.

Entre 10 et 20 cm par contre, la réduction d'amplitude et le retard de phase sont à peu près identiques sous le sol nu et sous le gazon.

Une série plus longue (1953-55) d'observations réalisées à 5, 10, 20, 30, 50 et 100 cm, comportant 5 lectures quotidiennes aux géothermomètres ainsi que le relevé des extrêmes journaliers et de l'heure où ils se produisent, permet une analyse plus fouillée de la propagation de la température dans le sol à Yangambi.

Sur les tautochrones des *fig. 2* et *4* on a tracé les courbes joignant les températures relevées aux diverses profondeurs lors des cinq observations quotidiennes, d'une part pour l'année prise dans son ensemble et d'autre part pour les deux mois extrêmes: mars (le plus chaud) et août (le plus frais). A 6 heures, c.-à-d. pratiquement au lever du soleil, on se trouve en présence d'une courbe d'équilibre résultant du refroidissement nocturne de la surface. A 9 heures et plus encore à 12 heures, les couches supérieures se réchauffent alors que les couches plus profondes se refroidissent toujours. Un crochet d'inversion, qui se manifeste à 15 cm vers 9 heures, se propage progressivement vers le bas jusqu'à 18 heures. A 15 heures, la surface commence à se refroidir, une nouvelle inversion s'amorce vers 5 cm, elle va descendre lentement au cours de la nuit.

Les courbes extérieures joignant les extrêmes journaliers montrent la réduction des écarts thermiques journaliers avec la profondeur. Ceux-ci ont été reportés suivant une échelle logarithmique sur le graphique de la *fig. 3*. On peut constater que la diminution de l'amplitude journalière ne suit pas parfaitement la loi logarithmique classique à travers tout le profil. La réduction étant plus importante dans les horizons superficiels, on peut supposer que la diffusivité thermique diminue avec la profondeur. De toute manière, à 50 cm, les variations journalières sont déjà fortement atténuées; l'écart entre les maxima et minima moyens s'élève à 0,5° C en mars, 0,3° C en août et 0,4° C pour l'année. A 1 m de profondeur, l'écart thermique journalier serait de l'ordre de 0,01° C, si la réduction de l'amplitude avec la profondeur s'effectuait suivant la même loi que dans la couche 30-50 cm. En réalité, l'écart observé est de l'ordre de 0,1° C. On ne peut attacher trop d'importance à cette différence; en effet, lors du dépouillement, l'observateur a souvent tendance à forcer

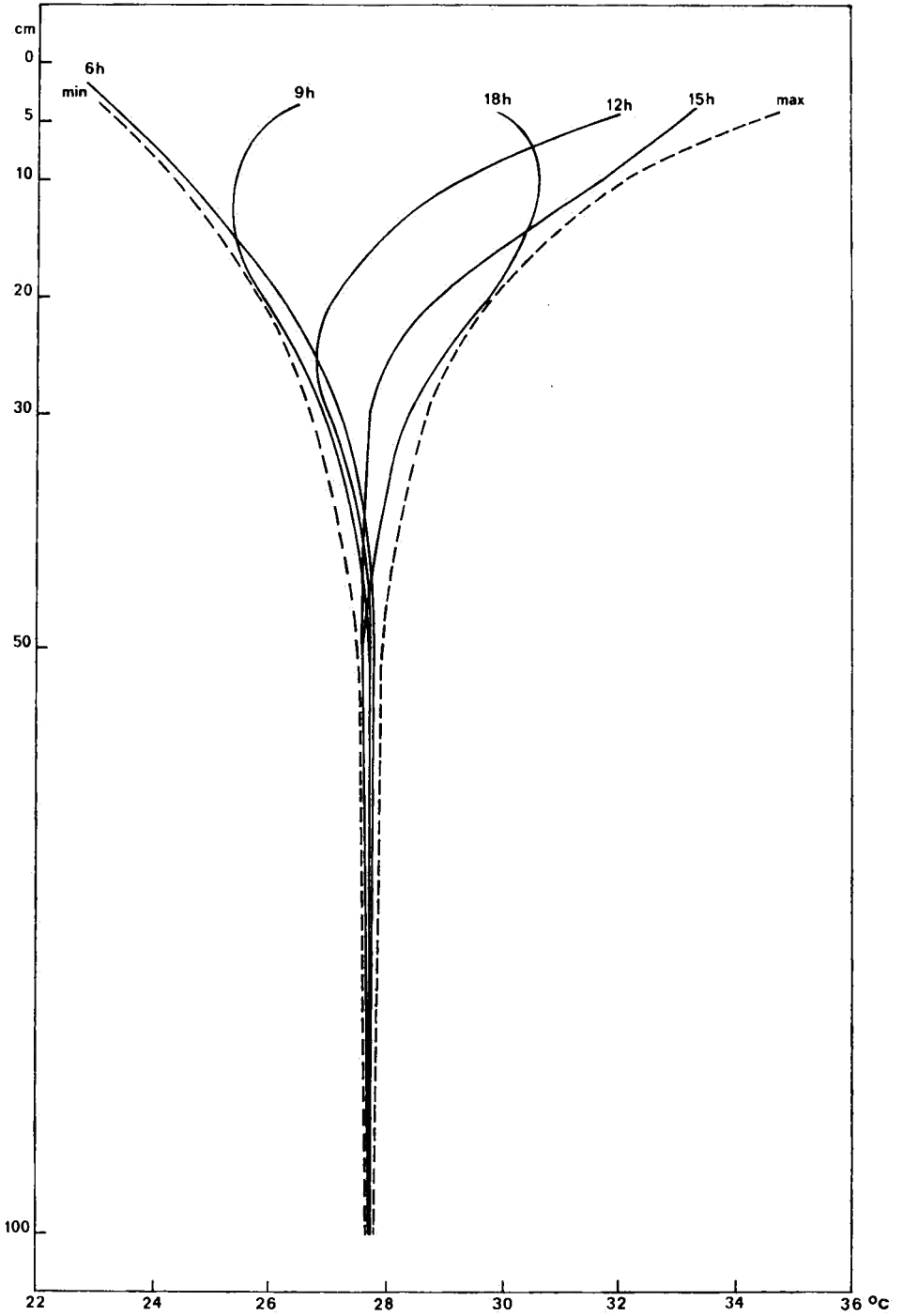


Fig. 2. — Variation horaire du profil thermique à Yangambi, moyennes annuelles pour la période 1953-1955.

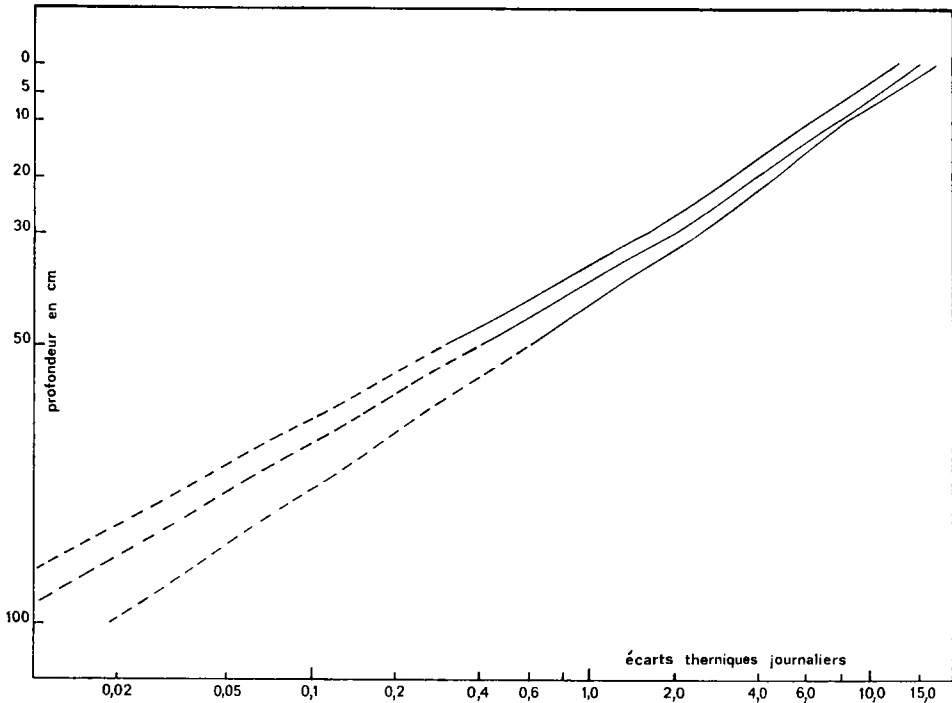


Fig. 3. — Variation de l'écart thermique journalier moyen à Yangambi en fonction de la profondeur.

légèrement le maximum ou diminuer le minimum de manière à pouvoir transcrire deux valeurs distinctes.

Comparant les tautochrones de mars et d'août (*fig. 4*), on constate que pour ces deux mois, l'allure générale des courbes est identique à celle de l'année. En août cependant, les températures sont nettement moins élevées et les écarts thermiques plus réduits. On remarque aussi le renversement du gradient moyen journalier entre ces deux mois extrêmes.

A quel moment de la journée se produisent les extrêmes thermiques aux différentes profondeurs ?

La détermination de cette caractéristique ne présente guère de difficultés pour les niveaux de 5 et 10 cm. Par contre, au fur et à mesure qu'on s'intéresse aux couches plus profondes, l'instant du maximum et surtout du minimum devient de plus en

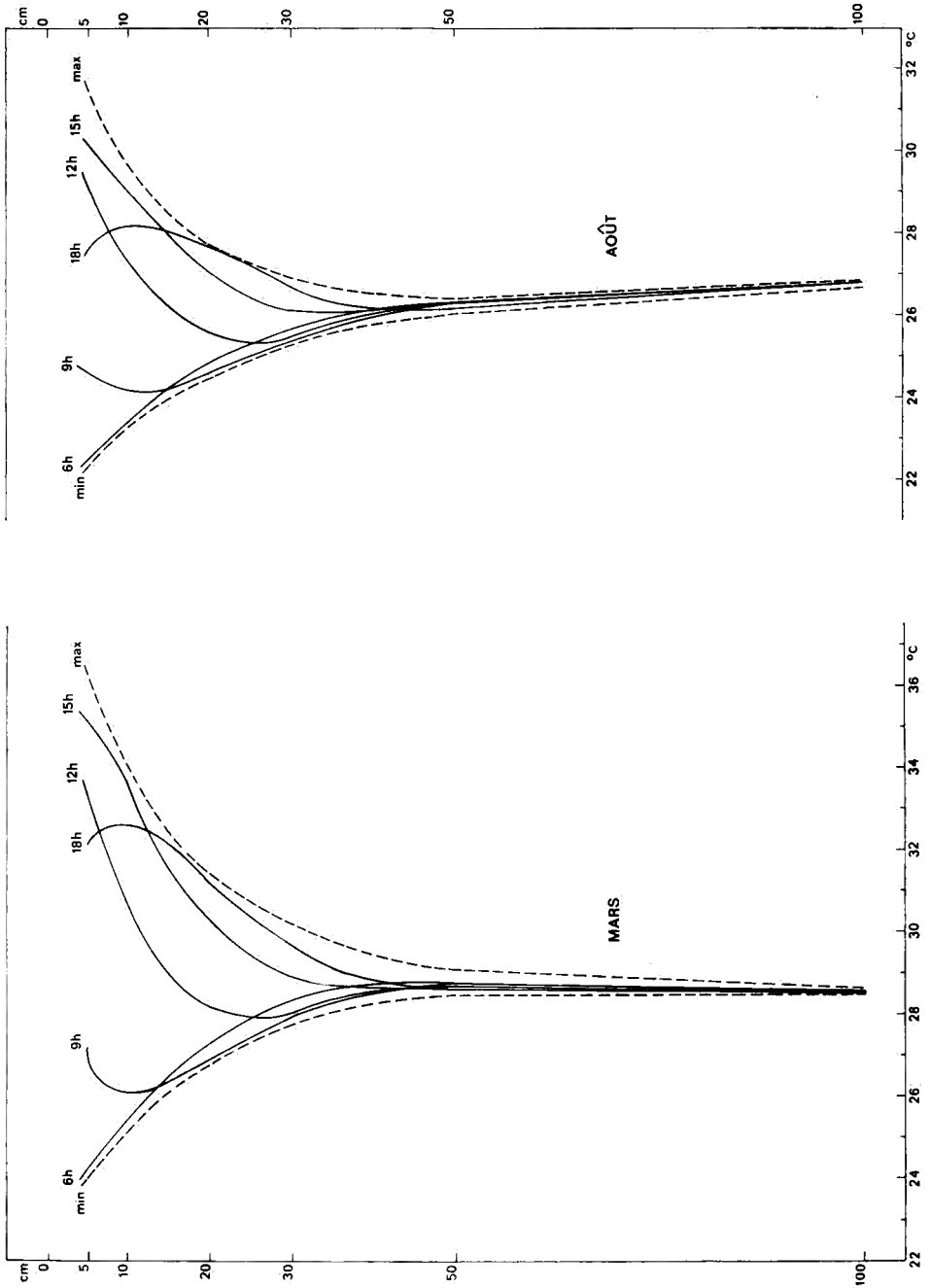


Fig. 4. — Variation horaire du profil thermique à Yangambi, mois de mars et d'août, moyennes pour la période 1953-1955.

plus imprécis; à 100 cm de profondeur, il est pratiquement impossible de déterminer l'heure des extrêmes.

Les distributions des fréquences de l'heure des extrêmes sont asymétriques même si l'on prend la précaution d'éliminer les valeurs des journées anormales c.-à-d., celles où la température croît ou décroît régulièrement au cours des 24 heures. De ce fait, on a retenu, comme caractéristiques de la distribution, la médiane et les percentiles 10, 25, 75 et 90. Les résultats sont présentés graphiquement à la *figure 5*. On en déduit directement, pour différents seuils de probabilité, l'heure où se produisent les extrêmes thermiques aux diverses profondeurs. Ainsi, à 30 cm, le minimum se produit une fois sur deux entre 10 h 40 et 12 h 40

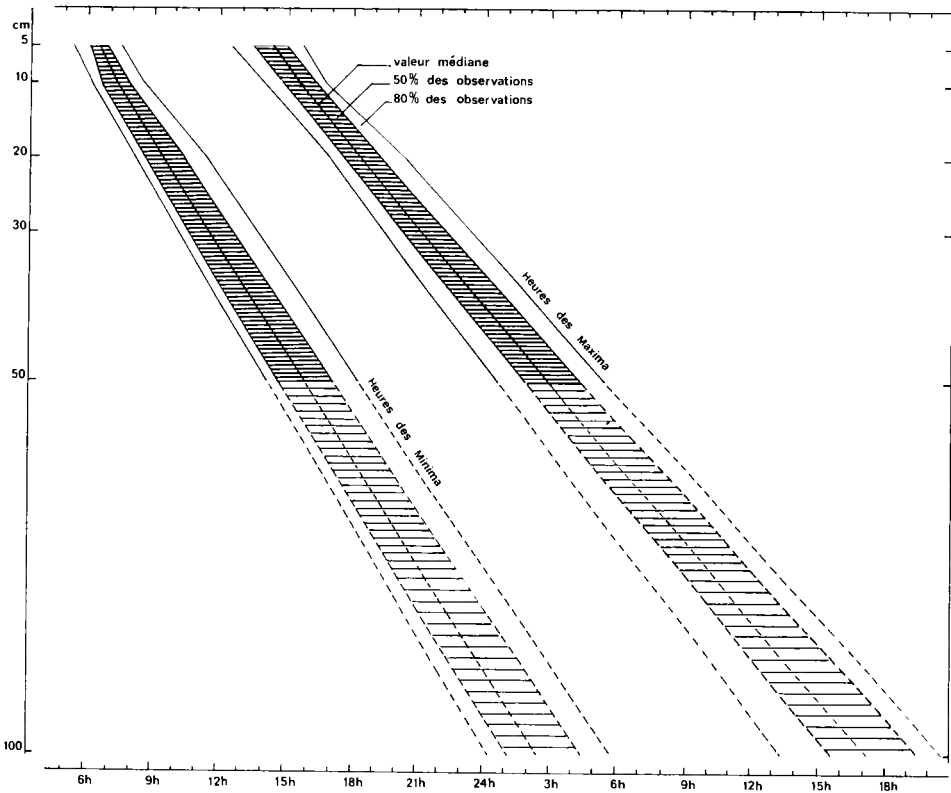


Fig. 5. — Variation de l'heure des extrêmes avec la profondeur, Yangambi, période 1953-1955.

et dans 80 pour cent des cas entre 10 h et 13 h 50; pour les maxima, les intervalles correspondants sont respectivement de 20 h 20 à 22 h 20 et de 19 h 30 à 23 h 20.

Dans un autre ordre d'idées, il importe aussi de connaître l'importance du rôle joué par les couches superficielles dans les échanges calorifiques entre le sol et l'atmosphère. Lors de l'établissement de bilans énergétiques en effet, on est généralement forcé de considérer des périodes de temps jugées suffisamment longues pour rendre ce terme négligeable [2]. La série d'observations détaillées réalisées à Yangambi entre 5 et 100 cm de profondeur permet d'apporter une réponse plus précise à cette question.

On sait que la quantité de chaleur (Q) accumulée dans le sol est représentée par l'expression:

$$Q = \int_0^z \rho c \frac{dT}{dt} dz,$$

l'intégration devant s'effectuer jusqu'à la profondeur z pour laquelle la variation de température (dT) est négligeable durant l'intervalle de temps (dt) choisi; ρ et c représentent respectivement la masse spécifique et la chaleur spécifique du sol en place. Ces grandeurs doivent être déterminées en fonction de l'humidité du sol (H en % pondéral) suivant l'équation:

$$\rho c = \rho_s c_s + \frac{H}{100} \rho_s$$

où l'indice s désigne les valeurs relatives au sol sec. Des analyses physiques ont été effectuées sur le sol du plateau d'observation des températures; les résultats sont reproduits au *tableau II*. Dans la pratique des calculs, on a cependant adopté la valeur moyenne $\rho c = 0,55$ pour tous les horizons du profil. La différence n'est guère importante, la correction à apporter atteignant tout au plus quelques pour cent pour des périodes exceptionnellement sèches ou humides.

Les échanges calorifiques ont été établis pour des périodes de 1, 5, 10 et 30 jours sur la base d'un échantillon systématique comportant dans chaque cas 108 périodes. Comme on peut le consta-

TABLEAU II. — Caractéristiques physiques du sol à Yangambi.
 (placeau d'observation des températures du sol)

	Profondeurs		
	5 cm	15 cm	35 cm
Sol sec:			
ρ_s	1,25	1,47	1,35
c_s	0,25	0,25	0,25
Au point de fanaison:			
$H \%$	10,0	11,5	12,5
ρc	0,4375	0,5358	0,5063
A la saturation:			
$H \%$	15,4	16,3	18,1
ρc	0,5050	0,6071	0,5825

ter au *tableau III*, les moyennes générales ne sont pas significativement différentes de zéro. Ces échantillons peuvent donc être considérés comme tirés d'une population infinie au cours de laquelle les échanges calorifiques sont nuls et non d'une période de réchauffement ou de refroidissement. En se basant sur la distribution, on peut estimer l'importance des échanges calorifiques pour divers seuils de probabilités. Ainsi par exemple, l'échange calorifique journalier entre le sol et l'air peut atteindre

 TABLEAU III. — Variabilité des échanges calorifiques entre le sol et l'atmosphère
 au cours de périodes de 1,5,10 ou 30 jours.
 Yangambi, 1953-1955.
 (cal/cm² jour)

Durée des périodes	Echanges moyens	Ecart-type de la moyenne	Déviation standard	Valeurs extrêmes non dépassées dans		
				50 % des cas	80 % des cas	95 % des cas
journée	-0,506	± 3,147	± 32,702	± 22,0	± 41,9	± 64,1
pentade	1,637	± 1,024	± 10,647	± 7,2	± 13,6	± 20,9
decade	-0,022	± 0,607	± 6,311	± 4,2	± 8,1	± 12,4
mois	0,047	± 0,259	± 2,697	± 1,8	± 3,5	± 5,3

22 cal/cm²/jour une fois sur deux, mais ce n'est que dans les cas exceptionnels (5 % des cas), qu'il dépasse 64 cal/cm²/jour. Lorsque la période considérée s'allonge, la probabilité d'échanges importants diminue. Aussi est-il tout à fait justifié, lorsqu'on établit des bilans énergétiques à l'échelle mensuelle, de négliger les transferts d'énergie calorifique du sol vers l'atmosphère, ceux-ci ne dépassant 5 cal/cm²/jour que dans les cas exceptionnels ⁽³⁾. Il n'a pas été possible par contre, de mettre en évidence une variation annuelle, l'effet saisonnier étant inférieur ou du même ordre de grandeur que les variations aléatoires au cours d'un même mois.

Ces conclusions sont probablement valables pour l'ensemble de la Cuvette congolaise. Pour les régions périphériques, les échanges calorifiques avec l'air au cours de périodes mensuelles acquièrent une importance qui croît avec l'amplitude de l'oscillation thermique annuelle. A titre de vérification, nous avons calculé la variation mensuelle de l'énergie calorifique accumulée dans le sol pour la station la plus méridionale (Keyberg). Comme on peut le voir au *tableau IV*, c'est entre le 15 août et le

TABLEAU IV. — Echanges calorifiques moyens
entre le sol et l'atmosphère au cours de périodes mensuelles (1).
Keyberg, 1954-1959.
(cal/cm²)

Périodes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
par mois	9,3	50,0	-2,1	-126,3	-175,3	-39,7	132,8	221,2	134,4	-59,2	-123,6	-21,5
par jour	0,30	1,79	-0,07	4,21	5,65	1,32	4,28	7,14	4,48	1,91	4,12	0,69

(1) Les périodes débutent le 15 du mois; les termes positifs représentent une accumulation de chaleur dans le sol, les termes négatifs, une exportation vers l'atmosphère.

15 septembre que les échanges avec l'atmosphère sont les plus importants. A cette époque de l'année, 7,14 cal/cm²/jour sont, en moyenne, accumulés dans le sol au détriment des autres termes du bilan énergétique. L'erreur relative commise en déterminant le

(3) A titre comparatif, rappelons qu'à Yangambi, la moyenne annuelle du rayonnement total s'élève à 214 cal/cm² jour et celle rayonnement solaire global à 411 cal/cm² jour.

bilan du rayonnement total moyen sans tenir compte de l'accumulation de chaleur dans le sol n'atteint, dans ces conditions, que 3,8 pour cent.

On retrouvera, dans les tableaux *in fine*, pour les stations munies d'un géothermographe, les moyennes mensuelles et annuelles des extrêmes et des écarts thermiques journaliers pour les profondeurs de 10 et 20 cm. Ces grandeurs présentent assez souvent des fluctuations saisonnières particulières; il en sera question dans le paragraphe suivant.

De façon générale, on constate que les minima moyens mensuels et annuels sont toujours plus élevés dans le sol que dans l'air. Cette règle n'est pas aussi générale pour les maxima. En effet, dans les stations d'altitude (Mole, Kisozi) ou pour des régions présentant un régime thermique annuel très contrasté (Keyberg, Mvuazi), certains maxima moyens mensuels peuvent être plus élevés dans l'air que dans le sol. Pour les profondeurs examinées, l'écart thermique journalier est toujours plus réduit dans le sol que dans l'air.

Pour certaines applications, il peut être intéressant de connaître dans quelle mesure les extrêmes journaliers fluctuent autour des valeurs moyennes. On trouvera au *tableau V*, pour quelques stations caractéristiques, l'indication du mois au cours duquel les valeurs extrêmes des maxima et des minima journaliers sont atteintes de même que les caractéristiques de la distribution au cours de ce mois. Ainsi par exemple, à Bambesa, c'est en février que les maxima journaliers peuvent atteindre les valeurs les plus élevées, dans 95 % des cas, elles seront cependant inférieures ou égales à 37,6° C à 10 cm et à 32,7° C à 20 cm. Les températures les plus basses risquent de se produire en août, ce n'est que dans 5 % des cas (une fois et demi sur le mois) qu'elles peuvent descendre en-dessous de 21,8° C à 10 cm et en dessous de 23,1° C à 20 cm. On notera par ailleurs, pour toutes les stations, la dispersion nettement plus faible des minima. L'explication peut être déduite du processus de réchauffement et de refroidissement du sol. Les maxima journaliers sont sous la dépendance étroite du rayonnement solaire global dont la variabilité interdiurne est très élevée. Les minima, au contraire sont surtout influencés par le rayonnement thermique de la surface. Toutes autres conditions étant égales, celui-ci, est d'autant plus important que la

TABLEAU V. — Variabilité (médianes, percentiles 5 et 95) des maxima et minima journaliers au cours des mois extrêmes. Période 1956-1959.

	Mois des extrêmes annuels	A 10 cm de profondeur			A 20 cm de profondeur		
		P ₅	Méd.	P ₉₅	P ₅	Méd.	P ₉₅
Yangambi maxima minima	mars	28,4	35,7	39,9	28,0	32,3	35,7
	août	22,0	23,4	25,4	23,2	24,8	26,8
Bambesa maxima minima	février	28,5	34,2	37,6	27,2	30,7	32,7
	août	21,8	23,4	25,1	23,1	24,7	26,6
Luki maxima minima	mars	29,6	34,8	40,0	28,2	31,4	35,0
	juil.-août	18,3	20,5	21,9	20,1	21,8	23,4
Gandajika maxima minima	mars-avril	27,2	31,8	35,7	26,2	28,8	31,5
	juillet	20,3	21,5	23,6	22,2	23,7	25,4
Kisozi maxima minima	septembre	19,0	22,8	26,5	18,1	20,2	22,6
	juin	12,3	14,0	15,8	14,3	15,9	17,1
Keyberg maxima minima	octobre	29,1	32,1	33,9	26,2	28,5	30,5
	juillet	12,8	14,6	16,5	16,1	17,5	18,8

température atteinte par la surface a été élevée au cours de la journée.

RÉGIME ANNUEL DE LA TEMPÉRATURE DU SOL

En région équatoriale, la variabilité interdiurne des températures dans le sol est très importante et de ce fait, le régime moyen ne possède qu'une valeur théorique, le domaine de la variabilité interjournalière restant pratiquement le même tout au long de l'année. Dès qu'on s'éloigne de l'Equateur, le contraste entre les différentes saisons s'accroît; la remarque précédente n'est donc plus applicable.

Les facteurs climatiques responsables des variations saisonnières sont les mêmes que ceux qui influencent les variations jour-

nalières. Cependant l'importance relative de chacun de ces facteurs est modifiée. Si les variations du bilan du rayonnement total conservent une influence prépondérante, les échanges calorifiques avec l'air ou vers les couches profondes peuvent varier dans des proportions beaucoup plus importantes au cours de l'année que durant la journée. L'existence d'une saison sèche provoque notamment des modifications sensibles des caractéristiques physiques qui conditionnent la propagation des ondes thermiques à travers le sol. On sait en effet que dans un terrain sec, surtout s'il est léger, les oscillations thermiques peuvent présenter de larges amplitudes en surface, mais ne pénètrent pas très profondément; dans un sol bien hydraté, au contraire, les variations sont plus réduites mais se propagent aisément vers les couches profondes. Dans le même ordre d'idées, il faut noter que, dans certaines régions périphériques, les échanges convectifs, l'évaporation réelle, l'importance et la nature des masses d'air advectives accusent aussi une variation saisonnière marquée. Par conséquent, lorsqu'il s'agit d'interpréter le comportement des caractéristiques thermiques aux différentes époques de l'année, il convient de ne pas négliger les variations parfois importantes que subissent les valeurs des paramètres intervenant dans les équations de transfert d'énergie.

On trouvera dans les tableaux *in fine*, les valeurs moyennes mensuelles et annuelles des températures extrêmes et journalières pour les profondeurs de 10, 20 et 50 cm ainsi que les caractéristiques correspondantes de la température de l'air observées dans l'abri climatologique.

Les moyennes mensuelles des 6 années d'observation ont été soumises à l'analyse harmonique. La résultante des 4 premiers termes a été utilisée pour déterminer les extrêmes moyens annuels et l'époque moyenne de leur apparition. La date moyenne des extrêmes annuels figurant dans ces tableaux ne peut toutefois être utilisée qu'avec circonspection. Dans les régions à régime thermique annuel bien contrasté, les extrêmes se produisent assez régulièrement à une époque déterminée de l'année; ainsi, à Key-berg, à 10 cm de profondeur, les maxima journaliers les plus élevés se rencontrent en moyenne le 19 octobre (en réalité, entre le 7/10 et le 27/10, suivant les années) et les minima les plus bas le 11 juillet (entre le 2/7 et le 18/7). En Cuvette centrale,

la date des extrêmes est déjà moins régulière. A Yangambi par exemple, le 3 mars peut être considéré comme la date moyenne où se produisent les maxima journaliers les plus élevés à 10 cm; en réalité, suivant les années, cette date se situe entre le 21 février et le 15 avril. Pour les minima à la même profondeur, l'intervalle de variation est un peu plus large encore: du 17 juillet au 17 septembre. Par contre, pour certaines stations du Kwango-Kasaï, les variations interannuelles sont telles que les valeurs maximales de la température peuvent se produire à des époques très différentes dans l'année (voir exemple de Gandajika ci-après).

Les moyennes mensuelles et annuelles présentées dans les tableaux *in fine*, utilement complétées par l'aperçu de la variabilité interannuelle des extrêmes (tableau 5) constituent en elles-mêmes la documentation nécessaire à la solution des nombreux problèmes techniques évoqués dans l'introduction. Sur le plan plus théorique de l'écologie des sols, il peut être intéressant cependant d'examiner plus en détail les relations entre l'évolution des caractéristiques de la température observées d'une part dans l'abri climatologique et d'autre part à différents niveaux du sol. Dans les graphiques des figures 6 à 11, nous avons représenté les régimes annuels moyens des températures de l'air et du sol pour quelques stations caractéristiques, les courbes tracées étant le résultat de l'ajustement par analyse harmonique.

Région équatoriale: Yangambi (Fig. 6).

Le régime thermique annuel y est caractérisé avant tout par son uniformité, des variations interjournalières importantes masquant pour une grande part l'influence des facteurs saisonniers.

La double oscillation annuelle du rayonnement solaire à la limite de l'atmosphère — liée au balancement apparent du soleil — ne peut que difficilement être mise en relation avec les variations saisonnières de la température dans le sol. On sait en effet que des facteurs plus puissants tels que la circulation générale, la nébulosité, la teneur de l'atmosphère en vapeur d'eau interviennent déjà pour modifier l'allure théorique des régimes annuels du rayonnement solaire global et du bilan du rayonnement total: accentuation du minimum de juillet et diminution du maxi-

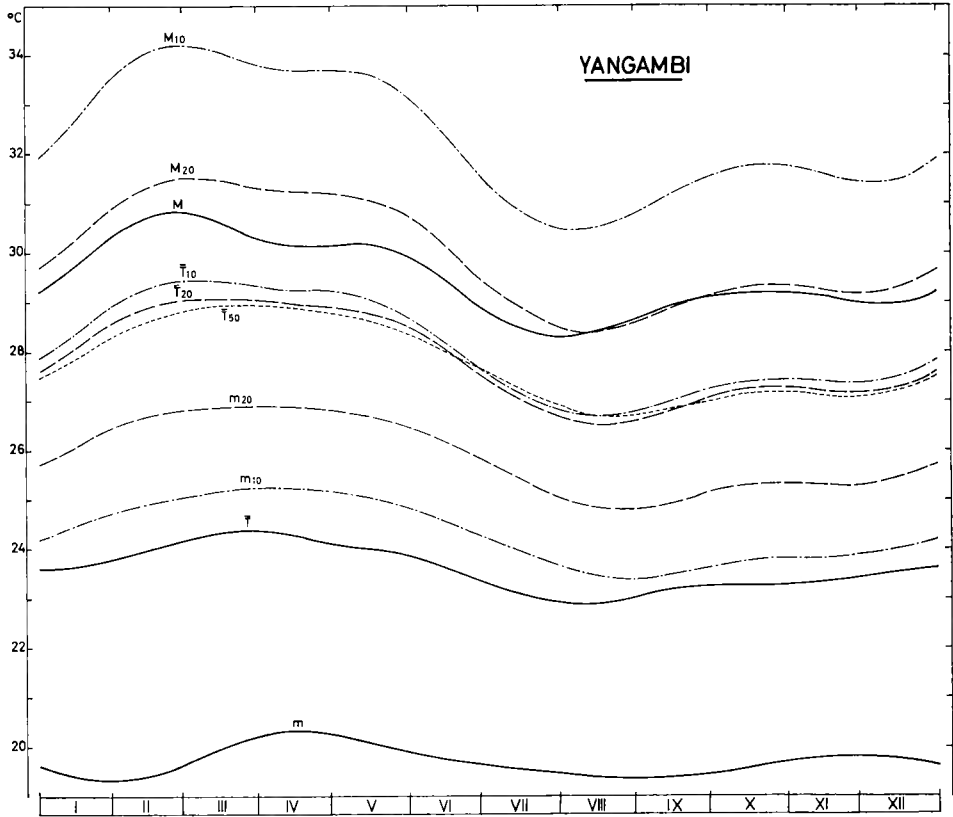


Fig. 6. — Variation saisonnière des températures dans le sol et dans l'air sous abri. Yangambi, période 1954-1959.

mum correspondant à l'équinoxe de septembre. Au niveau du sol, s'y ajoute l'effet des fortes précipitations d'avril-mai et surtout d'octobre. D'autre part, du 15 décembre au 15 mars, les courants plus secs du NE se renforcent sporadiquement au-dessus de la région, provoquant une diminution de la nébulosité, un abaissement du contenu en eau de l'atmosphère et l'apparition de courtes périodes sèches. Ces conditions favorisent à la fois le réchauffement diurne du sol et son refroidissement nocturne. C'est à cette époque de l'année que se produisent les écarts thermiques journaliers les plus importants.

Généralement, le régime moyen annuel de la température dans le sol peut être représenté par une courbe où le 1^{er} harmonique est prépondérant (de 78 à 90 % de la variation totale), la période de 6 mois liée au mouvement apparent du soleil ayant perdu la plus grande partie de son importance. Les maxima journaliers les plus élevés se produisent au début de mars (à 10 cm, entre 21/2 et le 15/4) et le minima en août (entre le 17/7 et le 17/9 à 10 cm). On notera par ailleurs que les températures relevées dans l'abri sont notablement inférieures aux températures observées dans le sol, l'écart restant assez constant tout au long de l'année. Ce fait peut être mis en relation avec la forte turbulence qui règne durant les heures chaudes de la journée; elle enlève à la surface de grandes quantités d'énergie calorifique. D'autre part, la teneur élevée de l'air en vapeur d'eau (pression partielle de l'ordre de 25 mb) freine dans une certaine mesure les oscillations thermiques journalières. Le régime annuel de la température dans l'air est pratiquement parallèle à celui de la température du sol sauf en ce qui concerne les minima journaliers qui sont influencés par la diminution de l'humidité atmosphérique en janvier-février.

Ubangui-Uele: Bambesa (Fig. 7)

Ces régions sont soumises à une période de sécheresse au cours de l'hiver boréal. A Bambesa, station située à 3°27' de latitude nord, la saison sèche dure en moyenne 70 jours, du début décembre à la mi-février [3]. Elle est caractérisée par un renforcement des courants du NE qui amènent sur la région des masses d'air continental, chaud et sec. Durant le reste de l'année, les précipitations de nature essentiellement convective sont abondantes; elles présentent toutefois un maximum principal en octobre et un minimum secondaire en mai.

Dans l'ensemble, le régime de la température du sol est le même que celui qui vient d'être décrit pour Yangambi: les amplitudes sont du même ordre de grandeur et l'oscillation annuelle est également représentée dans sa plus grande partie par une onde de période annuelle (90 à 93 % de la variation totale). Les maxima journaliers les plus élevés à 10 cm de profondeur se rencontrent en février (en moyenne le 24/2; entre le 30/1 et le

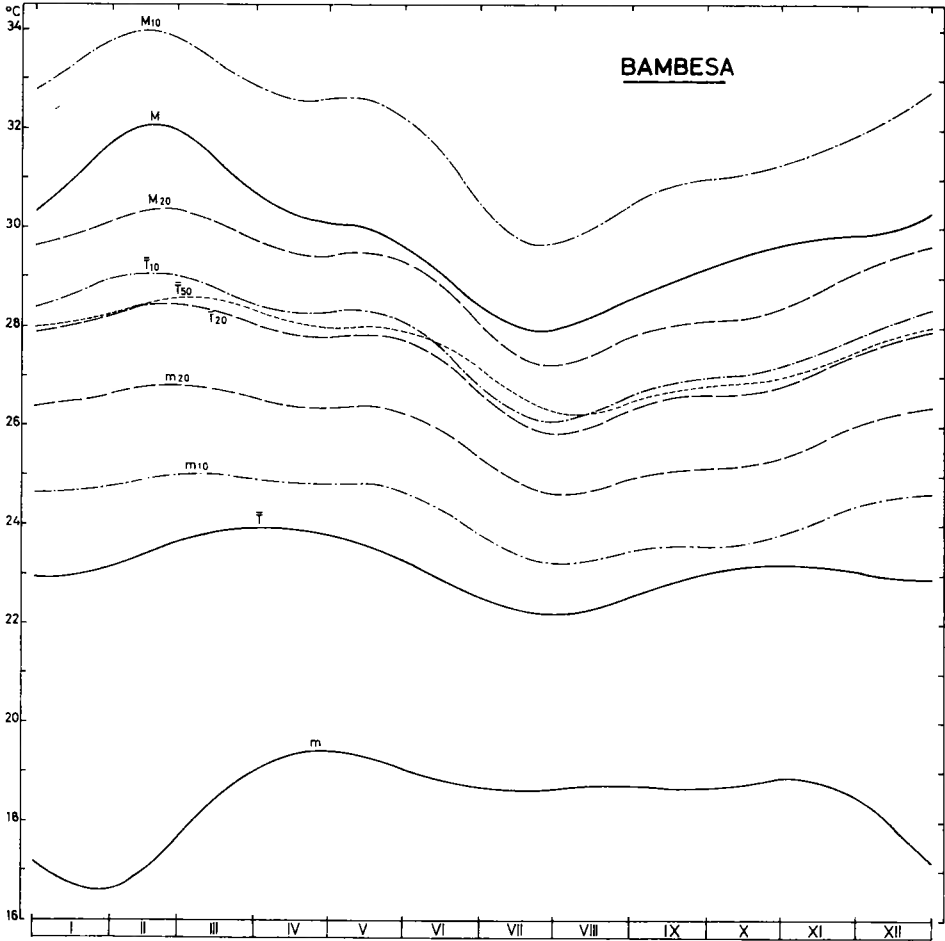


Fig. 7. — Variation saisonnière des températures dans le sol et dans l'air sous abri, Bambesa, période 1954-1959.

29/3), les minima les plus bas en août (en moyenne le 3/8; entre le 24/7 et le 2/9) c.-à-d. un peu plus tôt qu'à Yangambi.

Dans l'air par contre, l'influence de la saison sèche est beaucoup plus accusée. On remarque particulièrement l'abaissement important des minima au cours de cette saison. Malgré les températures élevées atteintes durant le jour, le refroidissement nocturne est tel qu'il provoque un abaissement notable des moyennes journalières. Il en résulte assez curieusement que le régime de la

température de l'air présente une double oscillation annuelle qui — abusivement d'ailleurs — est parfois rapprochée du régime du rayonnement solaire à la limite de l'atmosphère.

Bas-Congo: Luki (Fig. 8)

Bien que située à faible latitude, cette région présente un régime thermique très contrasté. Aux époques du passage du soleil au

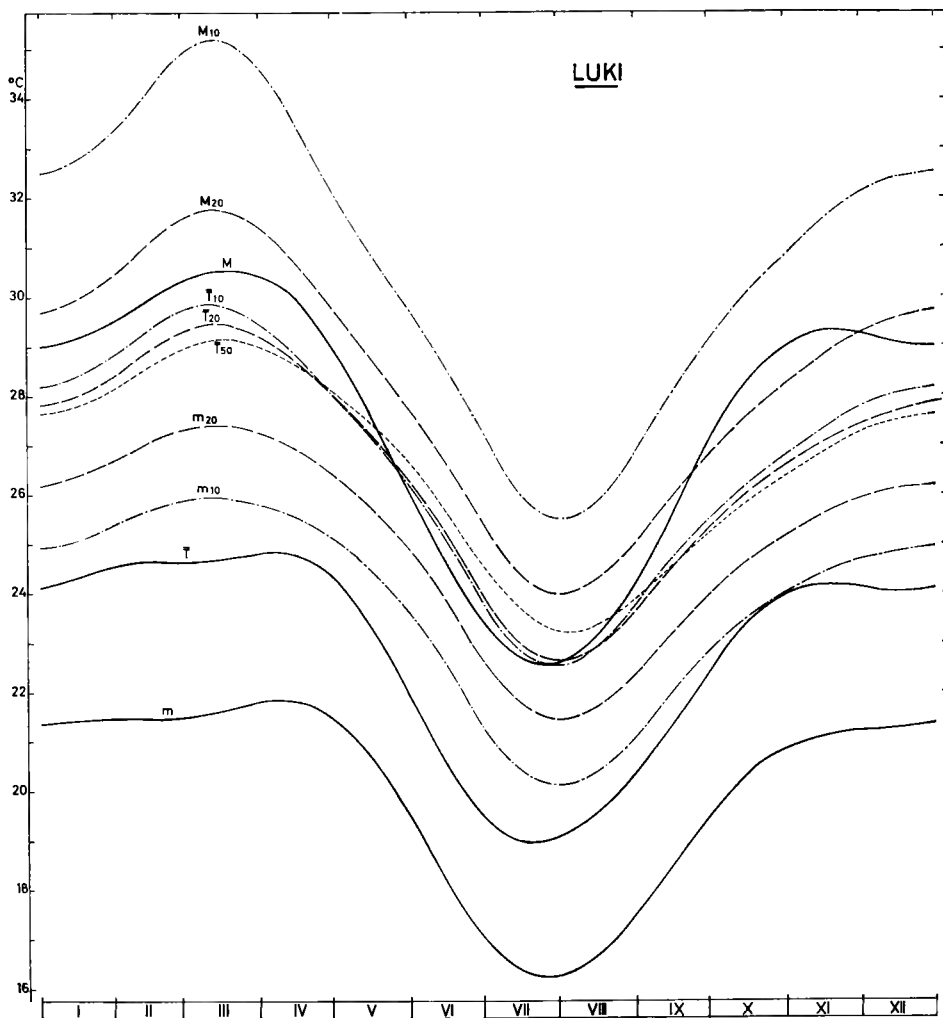


Fig. 8. — Variation saisonnière des températures dans le sol et dans l'air sous abri, Luki, période 1954-1959.

zénith (mars et octobre), les mouvements convectifs sont très importants; ils se combinent d'ailleurs à la mousson atlantique et engendrent une nébulosité abondante et des précipitations à caractère orageux. Par contre, durant l'hiver austral, l'alizé du SW, relativement froid et humide, est surmonté à faible altitude par un puissant courant d'E plus chaud et sec. La convection est rapidement arrêtée et les précipitations inexistantes. Cependant, en s'élevant contre le rebord du continent, les masses d'air océaniques provoquent la formation d'un voile de stratus bas qui se résout d'ailleurs fréquemment en bruine (lisala du Mayumbe). La saison sèche, de longue durée (en moyenne 170 jours au littoral et 115 jours à Kinshasa), se caractérise donc par l'absence de fortes précipitations, une très faible insolation et une humidité atmosphérique relativement importante.

Le régime annuel de la température du sol reflète cette évolution des facteurs du climat. Les courbes représentant les différentes caractéristiques sont très peu déphasées l'une par rapport à l'autre: elles présentent toutes un maximum important en mars et un minimum en début août. On remarquera que les écarts journaliers les plus larges ne se produisent pas durant la saison sèche mais plutôt à l'époque du maximum thermique (mars).

Dans l'air les courbes annuelles présentent une allure assez semblable. On notera cependant que la baisse et la hausse saisonnières des températures sont plus rapides dans l'air que dans le sol. Cette anomalie témoigne du rôle important joué par l'advection d'air maritime sur l'évolution de la température dans ces régions.

Kwango - Kasai: Gandajika (Fig. 9)

Occupant une situation plus méridionale et plus continentale que le Bas-Congo, ces régions présentent néanmoins un régime thermique beaucoup plus constant, les amplitudes annuelles y étant même plus faibles qu'en Cuvette centrale.

La saison sèche apparaît durant l'hiver austral; à la station de Gandajika, elle débute vers le 9 mai et se poursuit jusqu'au 31 août, soit une durée moyenne de 114 jours [3]. Au cours de cette saison, la région est sous l'influence de forts courants du SE qui y amènent des masses d'air sec. L'atmosphère présente

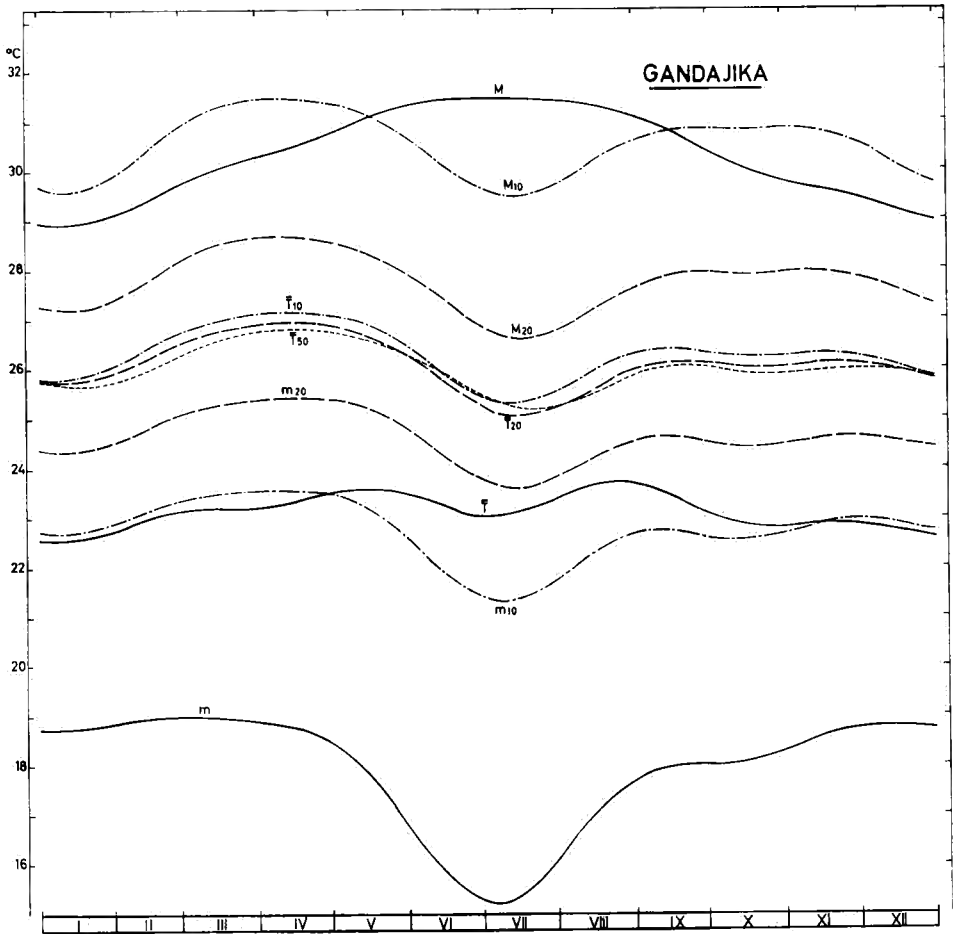


Fig. 9. — Variation saisonnière des températures dans le sol et dans l'air sous abri, GANDAJIKA, période 1954-1959.

une grande stabilité verticale; le ciel est généralement serein bien que le facteur de trouble soit élevé. Les précipitations les plus abondantes se produisent en novembre-décembre et en mars; au cours des mois de transition, les pluies — et la nébulosité — peuvent varier fortement d'une année à l'autre.

Le régime moyen des températures du sol présente une double oscillation annuelle de faible amplitude d'ailleurs assez voisine de celle du rayonnement solaire global. Les deux maxima

annuels ne se situent pas à l'époque du passage du soleil au zénith, mais plutôt en avril et octobre, c.-à-d. au cours des mois de transition à pluies modérées et irrégulières. Etablis sur les 6 années d'observation, ces maxima présentent approximativement la même importance et pourtant, suivant les conditions de nébulosité régnant au début et à la fin de la saison pluvieuse, ils peuvent être très dissemblables. Le maximum qui suit l'équinoxe de mars est souvent prépondérant mais parfois, lorsque la saison sèche se prolonge anormalement, il est surpassé par une hausse importante de la température en septembre-octobre. Les minima annuels sont un peu moins irréguliers, la baisse de température étant très généralement plus accusée au cours de l'hiver austral.

Dans l'air, au niveau de l'abri, les variations saisonnières de la température sont assez particulières. Les maxima journaliers notamment fluctuent suivant une courbe constituée presque uniquement d'une onde de période annuelle présentant assez paradoxalement son maximum en fin juin, époque à laquelle les températures du sol passent par un minimum.

Il en résulte que, durant la plus grande partie de la saison sèche, les maxima journaliers dans l'air sont nettement plus élevés que les maxima journaliers observés dans le sol à 10 cm de profondeur. On peut supposer que, durant les heures chaudes de la journée, la convection turbulente doit être très importante dans les couches basses de l'atmosphère. Elle prélève la majeure partie de la chaleur absorbée par la surface du sol et réchauffe l'air d'autant plus facilement qu'il est sec. Les minima journaliers accusent, au contraire, un minimum en saison sèche ce qui est normal étant donné la faible nébulosité qui favorise le rayonnement nocturne. On comprend dès lors mieux la régularité du régime annuel de la température moyenne journalière dont les deux composantes sont pratiquement en opposition de phase.

Régions d'altitude: Kisozi (Figure 10)

La station de Kisozi est située sur le versant oriental de la dorsale du Burundi, à 3°33' de latitude sud et à 2 155 mètres d'altitude. Une saison sèche s'y manifeste durant l'hiver austral (du 30 mai au 16 septembre). C'est la seule période de l'année où

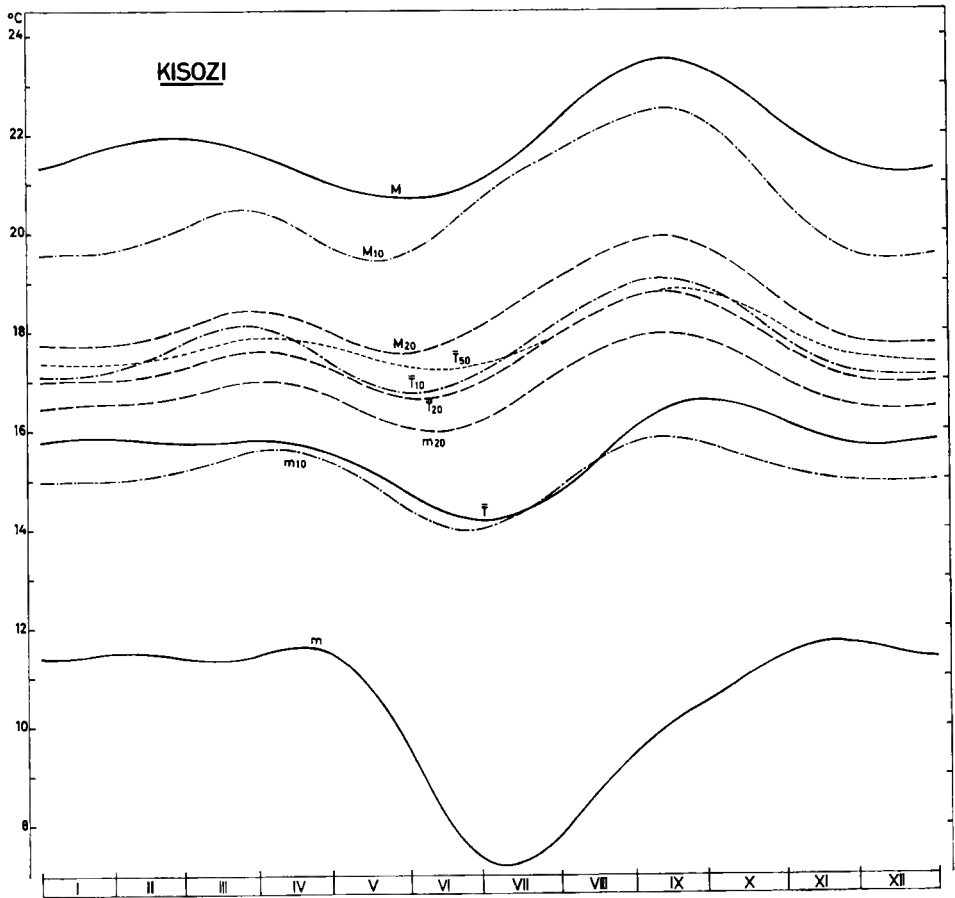


Fig. 10. — Variation saisonnière des températures dans le sol et dans l'air sous abri, Kisozi, période 1954-1959.

le ciel est assez bien dégagé; durant les autres mois, le climat est caractérisé par l'existence d'un plafond nuageux bas, des pluies fréquentes généralement peu intenses.

Le régime de la température dans le sol accuse la double oscillation annuelle propre aux régimes équatoriaux (le second harmonique couvre à lui seul plus de 50 % de la variation totale). Le rôle de la saison sèche n'est cependant pas négligeable: dès qu'elle apparaît (bien avant le solstice), les maxima journaliers s'élèvent, cette augmentation se poursuivant régulièrement jus-

qu'au retour des pluies. Il est intéressant de remarquer qu'à 10 et 20 cm de profondeur, le maximum de toutes les ondes thermiques annuelles se produit à la mi-septembre, c.-à-d. exactement à la date normale de la fin de la saison sèche. On notera aussi la petitesse de l'écart thermique journalier moyen (effet de l'altitude).

Contrairement à ce qui se produit généralement en plaine, les maxima journaliers sont cette fois plus élevés dans l'air qu'à 10 cm dans le sol. On doit probablement y voir l'effet d'une advection d'air plus chaud sous l'influence de la brise de vallée. Les minima journaliers moyens varient peu en saison des pluies; par contre, l'apparition de la saison sèche provoque un abaissement très marqué qui se prolonge jusqu'à la mi-juillet. A partir de cette date, les minima nocturnes remontent régulièrement jusqu'au début décembre.

Katanga: Keyberg (Fig. 11)

L'exemple de cette station située en zone tropicale fera mieux ressortir, par contraste, les caractéristiques propres aux régions équatoriales.

L'année est cette fois scindée en deux saisons bien distinctes. La saison sèche correspondant à l'hiver austral s'étend sur plus de six mois (en moyenne du 19 avril au 22 octobre [3]). Des vents puissants du SE amènent alors des masses d'air continental relativement froid et sec. La structure verticale de l'atmosphère est stable. Le ciel étant particulièrement serein, la région profite au maximum de l'insolation. C'est pourquoi, le minimum du rayonnement solaire qui devrait correspondre au solstice de juin est quelque peu estompé alors qu'au contraire le maximum qui suit l'équinoxe de septembre est amplifié. Durant l'été austral par contre, la circulation générale favorise la convection thermique; le ciel est très nuageux et les précipitations fréquentes et abondantes.

Les températures du sol suivent d'assez près le régime du rayonnement solaire global. Les valeurs les plus basses sont atteintes dans la première moitié de juillet (entre le 2 et le 18 pour les minima journaliers à 10 cm). La hausse qui suit est très rapide; elle se poursuit jusqu'en octobre, les températures atteignant

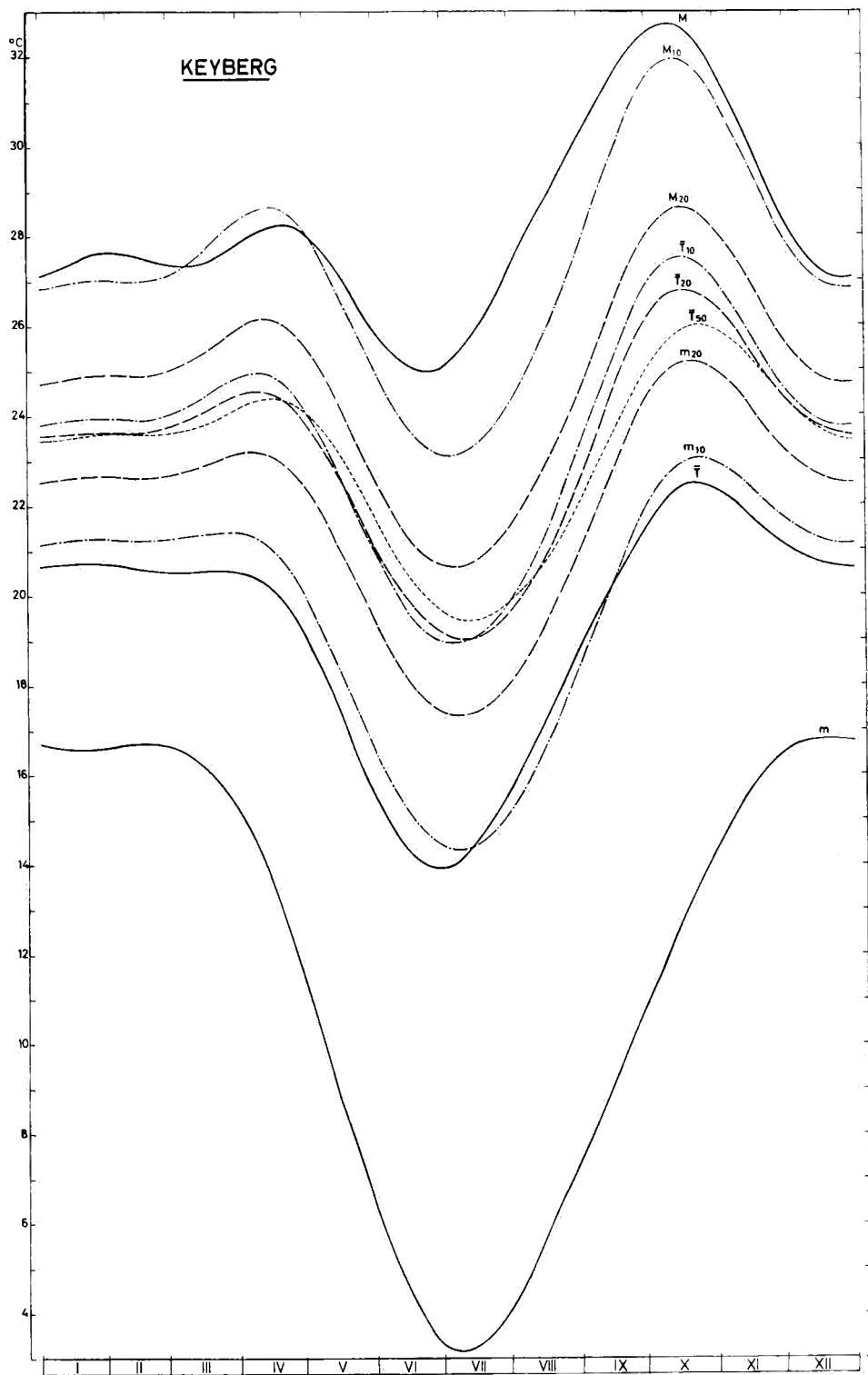


Fig. 11. — Variation saisonnière des températures dans le sol et dans l'air sous abri, Keyberg, période 1954-1959.

leur maximum annuel juste au début de la saison pluvieuse (entre le 7 et le 27 octobre pour les maxima journaliers à 10 cm). Le retour des précipitations provoque une diminution appréciable des températures du sol (surtout marquée pour les maxima journaliers) qui se maintiennent à un niveau pratiquement constant durant toute la saison des pluies. La baisse importante qui conduit au minimum de juillet s'amorce après un léger maximum correspondant à l'équinoxe de mars.

Dans l'abri, les variations annuelles de la température sont quelque peu différentes. Les minima journaliers accusent une chute beaucoup plus prononcée au cours de la saison sèche sous l'influence du fort rayonnement nocturne et probablement aussi de l'écoulement d'air froid vers le fond de la vallée. Les minima journaliers les plus élevés se rencontrent durant l'été austral (forte humidité de l'air). Les maxima journaliers par contre, plus influencés par le rayonnement solaire, présentent un régime annuel assez proche de celui des températures du sol.

On remarquera cependant que les températures maximales journalières sont très souvent plus élevées dans l'air qu'à 10 cm dans le sol, principalement au cours de la seconde moitié de la saison sèche (l'écart atteint à ce moment 3° C). C'est probablement le même processus de réchauffement que celui décrit pour Gandajika mais dans ce cas, l'effet semble moins spectaculaire.

CARACTÉRISTIQUES MOYENNES ANNUELLES DE LA TEMPÉRATURE DU SOL

Comme on le sait, la température moyenne annuelle varie peu avec la profondeur. Cependant, dans les conditions étudiées elle décroît en général très légèrement entre 10 et 50 cm, le plus grand écart constaté entre ces deux niveaux étant de 0,5° C (Kibangula, Lubarika et Musasa). Cette décroissance n'est pourtant pas toujours régulière; ainsi, dans un certain nombre de stations (Bambesa, Bokondji, Bongabo, Luki, Mole, Mvuazi), on constate un crochet d'inversion à 20 cm, ce niveau étant le moins chaud de la couche prospectée. Cette inversion dans le profil thermique annuel n'est pas un fait isolé; des observations de température à des niveaux plus rapprochés permettraient proba-

blement de la mettre plus souvent en évidence. On la retrouve en effet, bien que moins marquée, dans la série d'observations plus détaillées réalisées à Yangambi (voir *tableau VI*). Elle se situe cette fois vers 30 cm de profondeur.

TABLEAU VI. — Moyennes annuelles de la température du sol à diverses profondeurs.
Yangambi, période 1953-1955.

5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	50 cm	100 cm
28,0	28,0	27,7	27,6	27,7	27,7

Par contre, pour les deux stations d'altitude supérieure à 2 000 mètres (Tshibinda et Kisozi), on constate un léger réchauffement en profondeur de sorte que la température moyenne annuelle est légèrement plus élevée à 50 cm. Ceci confirme des observations antérieures citées par JEN-HU-CHANG [10] réalisées de 1928 à 1937 à Tshibinda où l'on constatait un réchauffement progressif entre 30 cm et 100 cm.

La répartition géographique de la température moyenne annuelle du sol est assez semblable à la distribution de la température de l'air. Il y a relativement peu de variations dans la Cuvette centrale et dans la zone de plateaux qui l'entoure. Les valeurs les plus élevées se rencontrent dans le fond de la Cuvette (les valeurs de Kibangula semblent exagérées, probablement par suite de circonstances locales): un isotherme de 28° C pourrait délimiter ces régions. On remarquera que ces températures sont nettement inférieures à celles atteintes dans la zone tropicale nord où des moyennes annuelles supérieures à 30° C se rencontrent fréquemment [10].

L'isotherme de 27° C engloberait au nord, l'Ubangi et les Uélés, au sud, la zone côtière, le Kwango, une partie du Kasai, le Maniema ainsi que la plaine de la Ruzizi. Sur le reste du territoire, l'altitude et les facteurs qui régissent la radiation solaire interviennent pour diversifier la répartition de la température du sol.

Les courbes de la *fig. 12* mettent en évidence l'influence de l'altitude sur la température du sol. Il en ressort clairement qu'un facteur de réduction unique ne peut être accepté pour l'ensemble

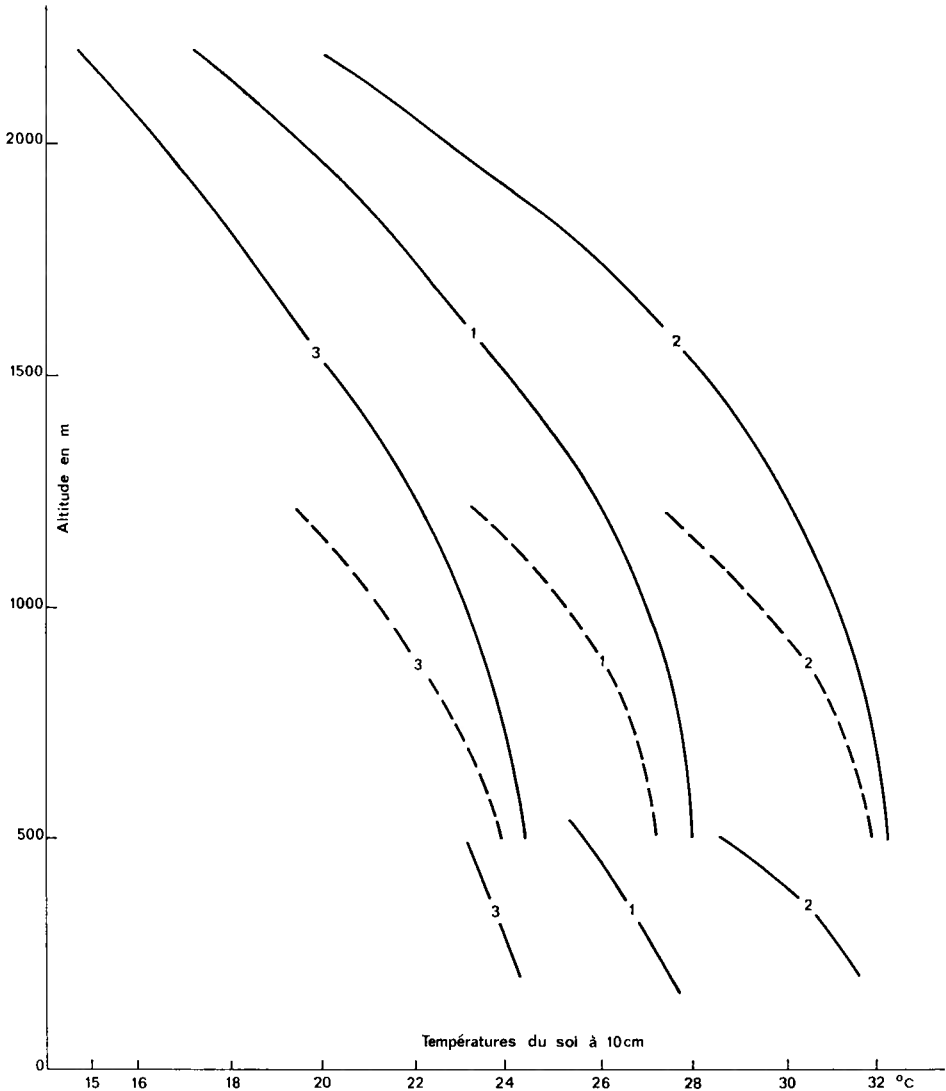


Fig. 12. — Relation entre l'altitude et les températures moyennes annuelles dans le sol. Courbes 1: températures moyennes journalières; courbes 2: maxima moyens journaliers; courbes 3: minima moyens journaliers.

des régions étudiées. Il est en effet sous la dépendance de la latitude et du climat général; en outre, il varie lui-même avec l'altitude. Il est fort probable que la nature du sol et la configuration topographique générale interviennent également. Ainsi, pour l'ensemble des régions orientales (versant est de la Cuvette, Dorsales, plateaux du Rwanda et du Burundi), le gradient altitudinal est faible en-dessous de 1 000 mètres ($0,2^{\circ} \text{C}/100 \text{ m}$); il croît ensuite progressivement et atteint des valeurs de l'ordre de $0,85^{\circ} \text{C}/100 \text{ m}$ pour les altitudes supérieures à 1 500 mètres. Cette même valeur du gradient se rencontre aussi dans le Katanga, mais déjà à partir de 1 000 mètres. Sur le flanc occidental des Monts de Cristal le gradient atteint $0,5$ à $0,7^{\circ} \text{C}/100 \text{ m}$ suivant l'altitude. La figure 12 montre également la variation des extrêmes journaliers moyens avec l'altitude et notamment la réduction des écarts thermiques journaliers qui n'est sensible qu'à partir de 1 700 mètres dans les régions orientales.

Il est à noter que, toutes conditions étant égales, la réduction de la température moyenne annuelle avec l'altitude est plus importante dans les couches superficielles du sol que dans l'air. Les valeurs citées par VANDENPLAS [12] ou celles qui peuvent être établies à partir des données reprises dans cette étude montrent que le gradient altitudinal atteint au maximum $0,65^{\circ} \text{C}/100 \text{ m}$ pour les couches inférieures de l'atmosphère.

Les températures moyennes annuelles sont toujours plus élevées dans le sol que dans l'air, la différence variant entre 3 et 5°C suivant les stations. Il est cependant malaisé de dégager la répartition géographique de ces écarts, les facteurs responsables agissant souvent de façon contradictoire aussi bien à l'échelle régionale (échanges radiatifs, existence d'une saison sèche plus ou moins prolongée, mouvements convectifs et advectifs, altitude) qu'à l'échelle strictement locale (nature du sol, régime hydrique, exposition, configuration topographique).

La seule constatation qui s'impose est que l'écart entre les températures des deux milieux croît avec l'élévation de la température.

Dans ces conditions, il est possible d'estimer la température moyenne annuelle du sol (\bar{T}_{10}) à partir de la température moyenne annuelle de l'air (\bar{T}). En effet, pour l'ensemble des postes où des observations concomitantes ont été effectuées, la corrélation

entre ces deux grandeurs est très étroite ($r = 0,975$). L'équation de régression linéaire

$$\bar{T}_{10} = 1,1 \bar{T}_a + 1,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

est statistiquement acceptable. Elle conduit à une estimation de la température moyenne annuelle du sol, qui, dans 90 % des cas, s'écarte de moins de 1° C de la valeur observée.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BERNARD, E.: Le climat écologique de la Cuvette centrale congolaise (Publ. INEAC, Bruxelles, 1945).
- [2] — : Le déterminisme de l'évaporation dans la nature (Publ. INEAC, Sér. scient., n° 68, Bruxelles, 1956).
- [3] BULTOT, F.: Saisons et périodes sèches et pluvieuses au Congo belge et au Ruanda-Urundi (Publ. INEAC, comm. n° 9, Bruxelles, 1954).
- [4] — : Estimation, à partir d'un nombre limité de mesures, des moyennes journalières, diurnes et nocturnes de la température et de l'humidité de l'air au Congo, au Rwanda et au Burundi (Publ. INEAC, comm. n° 20, Bruxelles, 1961).
- [5] CONRAD, V. et L.-W. POLLAK: *Methods in Climatology* (Cambridge, 1950).
- [6] DUPRIEZ, G.-L.: L'évaporation et les besoins en eau des différentes cultures dans la région de Mvuazi (Bas-Congo) (Publ. INEAC, Sér. scient., n° 106, Bruxelles, 1964).
- [7] — : Contribution à l'étude du bilan de rayonnement total et de ses composantes en région équatoriale africaine (ARSOM, *Bull. séances*, IX, 3, p. 568-616, Bruxelles, 1964).
- [8] GEIGER R.: *The climate near the ground* (Cambridge, 1957).
- [9] *Bulletin climatologique annuel du Congo et du Ruanda-Urundi, années 1950 à 1959* (Publ. INEAC, Bruxelles).
- [10] JEN-HU-CHANG: *Ground temperature* (Milton, 1958).
- [11] PRIMAULT, B.: Comparaison de thermomètres pour la mesure des températures du sol (*Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, 108, 1, 71-104, Zürich, 1963).
- [12] VANDENPLAS, A.: La température au Congo belge (Publ. I.R.M., mém., Vol. XXIII, Bruxelles, 1947).

REGIMES ANNUELS DE LA TEMPERATURE DE L'AIR
ET DU SOL
pour quelques stations
du CONGO, du RWANDA et du BURUNDI

NOTATION

- T_j : moyennes mensuelles ou annuelles des températures moyennes journalières (de 6 à 6 h, en T.L.M.).
- T_M : moyennes mensuelles ou annuelles des températures maximales journalières.
- T_m : moyennes mensuelles ou annuelles des températures minimales journalières.
- ETJ : moyennes mensuelles ou annuelles des écarts thermiques journaliers (différences entre les maxima et minima journaliers).
- ETA : écart thermique annuel (différence entre la moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid).

BAMBESA (N 03°27', E 25°43', 621 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri			Température du sol											
				à 10 cm			à 20 cm			à 50 cm					
	\bar{T}_j	\bar{T}_m	ETJ	\bar{T}_j	\bar{T}_m	ETJ	\bar{T}_j	\bar{T}_m	ETJ	\bar{T}_j					
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>															
janvier	23,1	31,0	16,7	28,7	33,4	24,7	8,7	29,9	26,5	3,4	28,1	29,9	26,5	3,4	28,1
février	23,4	32,1	17,0	29,1	34,0	24,9	9,1	30,4	26,8	3,6	28,5	30,4	26,8	3,6	28,5
mars	23,8	31,2	18,5	28,6	33,2	24,9	8,3	29,9	26,7	3,2	28,2	29,9	26,7	3,2	28,4
avril	23,9	30,3	19,4	28,3	32,7	24,9	7,8	29,6	26,5	3,1	27,9	29,6	26,5	3,1	28,2
mai	23,6	29,9	19,3	28,3	32,5	24,7	7,8	29,4	26,3	3,1	27,7	29,4	26,3	3,1	27,9
juin	22,8	29,0	18,8	27,5	31,3	24,3	7,0	28,7	25,9	2,8	27,3	28,7	25,9	2,8	27,6
juillet	22,4	28,1	18,7	26,3	29,9	23,4	6,5	27,5	24,9	2,6	26,1	27,5	24,9	2,6	26,6
août	22,2	28,1	18,7	26,1	29,8	23,2	6,6	27,3	24,6	2,7	25,9	27,3	24,6	2,7	26,2
septembre	23,0	29,1	18,7	27,1	31,1	23,7	7,4	28,3	25,3	3,0	26,8	28,3	25,3	3,0	26,9
octobre	23,0	29,2	18,7	26,8	30,8	23,5	7,3	27,9	25,0	2,9	26,4	27,9	25,0	2,9	26,7
novembre	23,3	30,0	18,9	27,7	31,9	24,3	7,6	28,9	25,9	3,0	27,3	28,9	25,9	3,0	27,4
décembre	22,9	29,9	17,9	28,0	32,1	24,5	7,6	29,3	26,1	3,2	27,6	29,3	26,1	3,2	27,7
Année	23,1	29,8	18,4	27,7	31,9	24,3	7,6	28,9	25,9	3,1	27,3	28,9	25,9	3,1	27,5
ETA	1,7	4,1	2,7	3,0	4,2	1,7	—	3,1	2,3	—	2,6	3,1	2,3	—	2,3
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>															
Max.	23,9	32,1	19,4	29,1	34,0	25,0	—	30,4	26,8	—	28,5	30,4	26,8	—	28,6
Date	8/4	20/2	29/4	24/2	23/2	11/3	—	25/2	1/3	—	27/2	25/2	1/3	—	8/3
Min.	22,2	27,9	16,6	26,1	29,7	23,2	—	27,2	24,6	—	25,9	27,2	24,6	—	26,3
Date	29/7	27/7	28/1	2/8	29/7	3/8	—	2/8	6/8	—	3/8	2/8	6/8	—	12/8
M-m	1,7	4,2	2,8	3,0	4,3	1,8	—	3,2	2,2	—	2,6	3,2	2,2	—	2,3

BOKETA (N 03°11', E 19°46', 471 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol											
					à 10 cm				à 20 cm				à 50 cm			
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>																
janvier	23,3	30,2	18,3	11,9	28,2	32,6	24,4	8,2	27,9	29,9	26,1	3,8	27,9	29,9	26,1	3,8
février	24,2	31,8	18,7	13,1	29,3	34,3	25,1	9,2	28,9	31,1	26,9	4,2	28,9	31,1	26,9	4,2
mars	24,6	31,5	19,7	11,8	29,3	34,1	25,2	8,9	28,9	31,1	26,9	4,2	28,9	31,1	26,9	4,2
avril	24,6	31,0	20,0	11,0	29,0	33,4	25,1	8,3	28,5	30,5	26,7	3,8	28,5	30,5	26,7	3,8
mai	24,4	30,7	20,1	10,6	28,5	33,0	24,9	8,1	28,2	30,1	26,4	3,7	28,2	30,1	26,4	3,7
juin	23,7	29,5	19,7	9,8	27,7	31,9	24,3	7,6	27,5	29,2	25,9	3,3	27,5	29,2	25,9	3,3
juillet	23,2	28,5	19,3	9,2	26,9	30,7	23,8	6,9	26,7	28,3	25,3	3,0	26,7	28,3	25,3	3,0
août	23,1	28,9	19,3	9,6	26,7	30,8	23,6	7,2	26,5	28,1	25,0	3,1	26,5	28,1	25,0	3,1
septembre	23,3	29,7	19,2	10,5	27,3	31,9	23,7	8,2	26,9	28,9	25,2	3,7	26,9	28,9	25,2	3,7
octobre	23,4	29,7	19,2	10,5	27,1	31,7	23,6	8,1	26,8	28,7	25,1	3,6	26,8	28,7	25,1	3,6
novembre	23,3	29,5	19,1	10,4	27,2	31,5	23,7	7,8	26,9	28,8	25,1	3,7	26,9	28,8	25,1	3,7
décembre	23,6	30,0	18,8	11,2	28,0	32,5	24,2	8,3	27,6	29,7	25,9	3,8	27,6	29,7	25,9	3,8
Année	23,7	30,1	19,3	10,8	27,9	32,4	24,3	8,1	27,6	29,5	25,9	3,7	27,6	29,5	25,9	3,7
ETA	1,5	3,3	1,8	—	2,6	3,6	1,6	—	2,4	3,0	1,9	—	2,4	3,0	1,9	—
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>																
Max.	24,7	31,8	20,1	—	29,5	34,4	25,3	—	29,0	31,3	27,0	—	29,0	31,3	27,0	—
Date	29/3	4/3	25/4	—	13/3	9/3	17/3	—	10/3	10/3	17/3	—	10/3	10/3	17/3	—
Min.	23,1	28,4	18,2	—	26,7	30,4	23,6	—	26,4	28,0	25,0	—	26,4	28,0	25,0	—
Date	1/8	26/7	20/1	—	2/8	28/7	11/8	—	5/8	2/8	11/8	—	5/8	2/8	11/8	—
M-m	1,6	3,4	1,9	—	2,8	4,0	1,7	—	2,6	3,3	2,0	—	2,6	3,3	2,0	—

GANDAJIKA (S 06°45', E 23°57', 780 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol				à 50 cm				
	à 10 cm				à 20 cm								
	\bar{T}_j	\bar{T}_m	\bar{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_m	\bar{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_m		\bar{ETJ}			
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>													
janvier	22,6	29,1	18,7	10,4	25,9	29,8	22,8	7,0	25,9	27,3	24,5	2,8	25,7
février	22,9	29,3	18,9	10,4	26,3	30,2	23,1	7,1	26,1	27,6	24,7	2,9	25,9
mars	23,3	30,1	19,0	11,1	27,2	31,5	23,7	7,8	27,0	28,7	25,4	3,3	26,7
avril	23,3	30,5	18,7	11,8	26,9	31,2	23,4	7,8	26,7	28,5	25,3	3,2	26,7
mai	23,7	31,1	17,8	13,3	27,0	31,3	23,3	8,0	26,8	28,5	25,3	3,2	26,6
juin	23,2	31,5	15,7	15,8	25,8	30,0	21,8	8,2	25,6	27,3	24,1	3,2	25,9
juillet	23,1	31,4	15,5	15,9	25,3	29,5	21,4	8,1	25,0	26,6	23,6	3,0	25,2
août	23,7	31,3	17,1	14,2	26,1	30,3	22,4	7,9	25,7	27,3	24,3	3,0	25,6
septembre	23,4	30,8	17,9	12,9	26,3	30,7	22,6	8,1	26,0	27,8	24,5	3,3	25,9
octobre	22,9	29,9	18,2	11,7	26,4	30,9	22,7	8,2	26,1	28,0	24,5	3,5	26,0
novembre	22,8	29,7	18,5	11,2	26,2	30,8	22,8	8,0	26,1	27,9	24,5	3,4	25,9
décembre	22,7	29,0	18,9	10,1	26,0	30,0	22,9	7,1	25,9	27,5	24,5	3,0	25,9
Année	23,1	30,3	17,9	12,4	26,3	30,5	22,7	7,8	26,1	27,7	24,6	3,1	26,0
ETA	1,1	2,4	3,5	—	1,9	2,1	2,3	—	2,0	2,1	1,9	—	1,6
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>													
Max. Date	23,7 27/8	31,4 29/6	19,0 4/3	—	27,1 20/4	31,5 10/4	23,6 15/4	—	26,9 18/4	28,7 10/4	25,4 23/4	—	26,8 15/4
Min. Date	22,6 10/1	28,9 13/1	15,2 8/7	—	25,3 15/7	29,5 17/7	21,3 12/7	—	25,0 19/7	26,6 19/7	23,6 17/7	—	25,2 24/7
M-m	1,1	2,3	3,8	—	1,8	2,0	2,3	—	1,9	2,1	1,8	—	1,6

GIMBI (S 05°31', E 13°22', 480 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol à 10 cm				Température du sol à 20 cm			
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	ÉTJ	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	ÉTJ	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	ÉTJ
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>												
janvier	23,4	28,2	20,6	7,6	26,6	29,1	24,5	4,6	26,3	27,1	25,5	1,6
février	23,6	28,9	20,5	8,4	27,6	30,6	25,1	5,5	27,1	28,2	26,3	1,9
mars	24,0	29,5	20,8	8,7	27,8	30,7	25,2	5,5	27,3	28,4	26,5	1,9
avril	23,8	29,1	20,7	8,4	27,2	29,8	24,8	5,0	26,9	27,8	26,1	1,7
mai	22,6	26,7	20,0	6,7	25,6	27,8	23,7	4,1	25,5	26,2	24,9	1,3
juin	19,6	24,0	17,0	7,0	23,7	26,1	21,5	4,6	23,5	24,4	22,9	1,5
juillet	18,1	21,6	15,5	6,1	21,1	23,0	19,4	3,6	21,2	21,8	20,7	1,1
août	18,7	22,5	15,7	6,8	21,5	23,6	19,8	3,8	21,4	22,1	20,9	1,2
septembre	20,6	24,7	17,8	6,9	23,5	25,5	21,7	3,8	23,1	23,8	22,5	1,3
octobre	22,7	27,4	19,7	7,7	25,3	27,5	23,3	4,2	24,7	25,5	24,2	1,3
novembre	23,1	28,2	20,3	7,9	25,9	28,5	23,9	4,6	25,5	26,4	24,9	1,5
décembre	23,3	27,9	20,4	7,5	26,2	28,7	24,1	4,6	25,8	26,7	25,1	1,6
Année	22,0	26,6	19,1	7,5	25,2	27,6	23,1	4,5	24,9	25,7	24,2	1,5
ETA	5,9	7,9	5,3	—	6,7	7,7	5,8	—	6,1	6,6	5,8	—
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>												
Max.	24,0	29,6	20,9	—	27,9	31,0	25,2	—	27,5	28,5	26,5	—
Date	8/4	23/3	15/4	—	11/3	10/3	6/3	—	14/3	11/3	11/3	—
Min.	18,0	21,7	15,2	—	20,9	22,9	19,2	—	21,0	21,6	20,5	—
Date	26/7	28/7	28/7	—	2/8	2/8	31/7	—	3/8	3/8	3/8	—
M-m	6,0	7,9	5,7	—	7,0	8,1	6,0	—	6,5	6,9	6,0	—

KEYBERG (S 11°44', E 27°25', 1 187 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol								
	à 10 cm				à 20 cm				à 50 cm				
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	$\overline{ET_j}$	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	$\overline{ET_j}$	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	$\overline{ET_j}$	\bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>													
janvier	20,7	27,3	16,7	10,6	24,0	27,1	21,3	5,8	23,7	25,0	22,7	2,3	23,6
février	20,6	27,5	16,7	10,8	23,8	26,9	21,2	5,7	23,5	24,7	22,5	2,2	23,5
mars	20,6	27,6	16,0	11,6	24,6	27,9	21,4	6,5	24,2	25,6	23,0	2,6	23,9
avril	20,0	27,9	13,5	14,4	24,7	28,5	20,9	7,6	24,4	26,0	23,0	3,0	24,3
mai	17,3	27,4	8,5	18,9	22,5	26,6	18,3	8,3	22,4	24,1	21,0	3,1	23,1
juin	14,1	24,7	4,3	20,4	19,5	23,6	15,1	8,5	19,9	21,2	18,0	3,2	20,3
juillet	14,7	26,2	3,4	22,8	19,1	23,4	14,4	9,0	18,9	20,8	17,4	3,4	19,5
août	17,1	28,7	5,6	23,1	21,5	25,9	16,7	9,2	21,0	22,9	19,4	3,5	20,8
septembre	20,4	31,5	9,5	22,0	25,3	29,9	20,4	9,5	24,6	26,5	22,9	3,6	23,7
octobre	22,3	32,7	12,3	20,4	27,5	31,9	22,9	9,0	26,8	28,6	25,1	3,5	25,8
novembre	22,0	29,7	16,1	13,6	25,8	29,5	22,4	7,1	25,4	26,9	24,2	2,7	25,3
décembre	20,8	27,4	16,5	10,9	23,8	26,9	21,2	5,7	23,6	24,7	22,6	2,1	23,6
Année	19,2	28,2	11,6	16,6	23,5	27,3	19,7	7,7	23,2	24,7	21,8	2,9	23,1
ETA	8,1	8,0	13,4	—	8,5	8,5	8,5	—	7,8	7,8	7,7	—	6,3
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>													
Max.	22,5	32,7	16,8	—	27,5	31,9	23,0	—	26,8	28,6	25,2	—	26,0
Date	2/11	15/10	20/12	—	23/10	19/10	26/10	—	25/10	23/10	30/10	—	31/10
Min.	13,9	25,0	3,1	—	18,9	23,1	14,3	—	19,0	20,6	17,3	—	19,4
Date	1/7	26/6	11/7	—	7/7	6/7	11/7	—	13/7	8/7	10/7	—	15/7
M-m	8,6	7,7	13,7	—	8,6	8,8	8,7	—	7,8	8,0	7,9	—	6,6

KISOZI (S 03°33', E 29°41', 2 155 m), 1955-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol											
					à 10 cm				à 20 cm				à 50 cm			
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>																
janvier	15,8	21,6	11,3	10,3	17,1	19,5	14,9	4,6	17,0	17,7	16,5	1,2	17,4	17,7	16,5	1,2
février	15,8	21,9	11,6	10,3	17,4	19,9	15,2	4,7	17,1	17,9	16,6	1,3	17,4	17,9	16,6	1,3
mars	15,8	21,8	11,3	10,5	18,2	20,4	15,4	5,0	17,5	18,4	16,9	1,5	17,8	18,4	16,9	1,5
avril	15,7	21,3	11,6	9,7	17,7	20,1	15,6	4,5	17,5	18,3	16,9	1,4	17,8	17,5	16,9	1,4
mai	15,2	20,8	10,8	10,0	17,0	19,5	15,0	4,5	16,9	17,7	16,4	1,3	17,5	17,7	16,4	1,3
juin	14,3	20,8	8,0	12,8	16,8	20,1	13,9	6,2	16,7	17,7	15,9	1,8	17,5	17,7	15,9	1,8
juillet	14,4	21,6	7,4	14,2	17,8	21,3	14,5	6,8	17,5	18,7	16,7	2,0	17,3	18,7	16,7	2,0
août	15,4	22,9	8,6	14,3	18,6	22,0	15,3	6,7	18,3	19,5	17,6	1,9	18,4	19,5	17,6	1,9
septembre	16,5	23,5	10,1	13,4	19,1	22,5	15,9	6,6	18,8	19,9	18,0	1,9	18,8	19,9	18,0	1,9
octobre	16,4	22,8	11,0	11,8	18,4	21,5	15,4	6,1	18,2	19,2	17,4	1,8	18,5	18,2	17,4	1,8
novembre	15,9	21,7	11,6	10,1	17,4	19,9	15,0	4,9	17,2	18,0	16,7	1,3	17,7	18,0	16,7	1,3
décembre	15,7	21,1	11,6	9,5	17,1	19,5	15,0	4,5	17,0	17,8	16,4	1,4	17,4	17,8	16,4	1,4
Année	15,6	21,8	10,4	11,4	17,7	20,5	15,1	5,4	17,5	18,4	16,8	1,6	17,8	18,4	16,8	1,6
ETA	2,2	2,8	4,2	—	2,3	3,1	2,1	—	2,2	2,2	2,0	—	—	2,2	2,0	—
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>																
Max.	16,6	23,5	11,7	—	19,1	22,5	15,8	—	18,8	19,9	18,0	—	—	19,9	18,0	—
Date	2/10	16/9	9/12	—	15/9	16/9	15/9	—	16/9	16/9	16/9	—	—	16/9	16/9	—
Min.	14,2	20,7	7,2	—	16,8	19,5	14,0	—	16,7	17,6	16,0	—	—	17,6	16,0	—
Date	4/7	3/6	13/7	—	4/6	20/5	27/6	—	8/6	30/5	14/6	—	—	30/5	14/6	—
M-m	2,4	2,8	4,5	—	2,3	3,0	1,8	—	2,1	2,3	2,0	—	—	2,3	2,0	—

KIYAKA (S 05°16', E 18°57, 735 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri			Température du sol									
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	à 10 cm		à 20 cm		à 50 cm					
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	$\bar{E}\bar{T}_j$	$\bar{E}\bar{T}_M$	$\bar{E}\bar{T}_m$	
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>													
janvier	22,9	28,0	19,5	8,5	26,9	32,1	22,9	9,2	26,6	29,3	24,3	5,0	26,6
février	23,3	28,9	19,6	9,3	27,6	33,2	23,4	9,8	27,3	30,1	24,9	5,2	27,1
mars	23,3	29,0	19,8	9,2	27,4	33,0	23,3	9,7	27,2	30,0	24,9	5,1	27,2
avril	23,3	29,2	19,6	9,6	26,6	32,2	22,6	9,6	26,3	29,1	24,1	5,0	26,4
mai	23,5	29,7	19,5	10,2	27,3	32,7	23,0	9,7	27,0	29,6	24,6	5,0	26,7
juin	24,0	30,2	18,5	11,7	27,9	32,7	23,7	9,0	27,6	29,9	25,4	4,5	27,4
juillet	23,3	29,3	18,6	10,7	27,3	31,7	23,4	8,3	27,0	29,1	25,1	4,0	27,1
août	23,8	29,5	19,1	10,4	27,8	32,3	23,7	8,6	27,5	29,5	25,5	4,0	27,5
septembre	23,4	28,9	19,2	9,7	27,3	32,7	22,8	9,9	27,0	29,8	24,5	5,3	27,0
octobre	22,9	28,2	19,0	9,2	26,9	32,3	22,5	9,8	26,7	29,4	24,2	5,2	26,6
novembre	22,5	28,1	19,1	9,0	26,6	32,1	22,6	9,5	26,4	29,1	24,1	5,0	26,4
décembre	22,9	27,8	19,5	8,3	26,3	31,5	22,7	8,8	26,2	28,7	24,1	4,6	26,1
Année	23,3	28,9	19,3	9,7	27,2	32,4	23,1	9,3	26,9	29,5	24,6	4,8	26,8
ETA	1,4	2,4	1,2	—	1,6	1,7	1,2	—	1,4	1,4	1,5	—	1,3
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>													
Max.	23,8	30,2	19,7	—	27,8	33,4	23,6	—	27,5	30,3	25,4	—	27,3
Date	12/6	8/6	11/3	—	26/2	26/2	6/8	—	27/2	28/2	6/8	—	7/3
Min.	22,6	27,8	18,4	—	26,5	31,5	22,4	—	26,2	28,8	24,1	—	26,2
Date	9/11	2/1	7/7	—	3/1	26/12	22/10	—	26/12	24/12	29/12	—	27/12
M-m	1,2	2,4	1,3	—	1,3	1,9	1,2	—	1,3	1,5	1,3	—	1,1

LUKI (S 05°37', E 13°06', 350 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol											
					à 10 cm				à 20 cm				à 50 cm			
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>																
janvier	24,4	29,3	21,5	7,8	28,4	32,7	25,1	7,6	28,0	30,0	26,4	3,6	27,8			
février	24,5	29,9	21,3	8,6	29,4	34,3	25,7	8,6	28,9	31,1	27,1	4,0	28,6			
mars	24,8	30,4	21,8	8,6	29,7	35,0	25,9	9,1	29,3	31,6	27,3	4,3	29,1			
avril	24,6	30,0	21,7	8,3	28,8	33,6	25,5	8,1	28,7	30,7	26,9	3,8	28,6			
mai	23,3	27,3	20,7	6,6	26,9	30,4	24,4	6,0	27,0	28,5	25,6	2,9	27,3			
juin	20,3	24,7	17,9	6,8	25,1	28,7	22,4	6,3	25,1	26,7	23,7	3,0	25,6			
juillet	19,0	22,4	16,4	6,0	22,7	25,7	20,4	5,3	22,9	24,2	21,7	2,5	23,6			
août	19,6	23,3	16,7	6,6	23,0	26,1	20,4	5,7	23,0	24,4	21,7	2,7	23,4			
septembre	21,4	25,6	18,5	7,1	24,7	28,0	22,1	5,9	24,5	25,9	23,2	2,7	24,6			
octobre	23,4	28,2	20,3	7,9	26,2	30,0	23,4	6,6	25,9	27,5	24,6	2,9	25,8			
novembre	24,2	29,4	21,1	8,3	27,4	31,6	24,5	7,1	27,1	28,9	25,6	3,3	26,9			
décembre	24,0	28,9	21,3	7,6	28,0	32,3	24,8	7,5	27,7	29,5	26,1	3,4	27,5			
Année	22,8	27,5	19,9	7,5	26,7	30,7	23,7	7,0	26,5	28,3	25,0	3,3	26,6			
ETA	5,8	8,0	5,3	—	7,0	9,3	5,5	—	6,5	7,5	5,6	—	5,7			
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>																
Max. Date	24,8 3/4	30,5 21/3	21,8 10/4	—	29,8 15/3	35,2 16/3	25,9 14/3	—	29,4 16/3	31,7 15/3	27,4 16/3	—	29,1 18/3			
Min. Date	19,0 11/7	22,5 27/7	16,2 26/7	—	22,5 31/7	25,5 5/8	20,1 3/8	—	22,7 3/8	24,0 4/8	21,5 3/8	—	23,2 8/8			
M-m	5,8	8,0	5,6	—	7,3	9,7	5,8	—	6,7	7,7	5,9	—	5,9			

MULUNGU - MOLE (S 02°18', E 28°47', 1 731 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol à 10 cm				à 20 cm				à 50 cm	
	\bar{T}_j	\bar{T}_{Mx}	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_{Mx}	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_{Mx}	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_m
	<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>													
janvier	18,3	24,5	14,1	10,4	21,5	24,6	18,6	6,0	21,2	22,1	20,5	1,6	21,5	
février	18,2	24,4	14,2	10,2	21,2	24,2	18,3	5,9	20,9	21,8	20,2	1,6	21,1	
mars	18,4	24,6	14,2	10,4	21,8	25,1	18,8	6,3	21,5	22,5	20,7	1,8	21,5	
avril	18,5	23,9	14,4	9,5	21,6	24,5	18,7	5,8	21,3	22,2	20,7	1,5	21,5	
mai	18,3	23,6	14,6	9,0	21,5	24,4	18,9	5,5	21,3	22,1	20,6	1,5	21,4	
juin	17,8	23,6	13,6	10,0	22,1	25,4	19,1	6,3	21,9	22,9	21,2	1,7	21,9	
juillet	17,9	24,1	13,0	11,1	22,1	25,5	18,9	6,6	21,7	22,8	20,9	1,9	21,9	
août	18,8	25,0	13,8	11,2	22,5	25,9	19,3	6,6	22,0	23,1	21,3	1,8	22,0	
septembre	19,0	25,3	13,9	11,4	22,0	25,4	18,8	6,6	21,7	22,7	20,9	1,8	21,9	
octobre	18,5	24,7	13,9	10,8	21,1	24,1	18,2	5,9	20,9	21,8	20,0	1,8	21,5	
novembre	18,3	24,5	13,9	10,6	21,2	24,1	18,2	5,9	20,8	21,7	20,1	1,6	21,1	
décembre	18,0	24,2	14,1	10,1	21,1	23,9	18,3	5,6	20,7	21,6	20,1	1,5	21,0	
Année	18,3	24,4	14,0	10,4	21,6	24,8	18,7	6,1	21,3	22,3	20,6	1,7	21,5	
ETA	1,2	1,7	1,6	—	1,4	2,0	1,1	—	1,3	1,5	1,3	—	1,1	
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>														
Max. Date	19,0 29/6	25,3 15/9	14,7 9/5	—	22,4 21/8	25,8 13/8	19,2 21/8	—	21,9 18/8	23,0 21/8	21,2 21/8	—	—	22,0 17/9
Min. Date	17,7 12/9	23,5 7/6	13,0 14/7	—	21,0 9/11	23,9 14/11	18,1 4/11	—	20,6 14/11	21,5 13/11	19,9 7/11	—	—	20,9 21/11
M-m	1,3	1,8	1,7	—	1,4	1,9	1,1	—	1,3	1,5	1,3	—	—	1,1

MUSASA (S 04°00', E 30°05', 1 260 m), 1955-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol				à 50 cm				
	à 10 cm		à 20 cm		à 10 cm		à 20 cm						
	\bar{T}_j	\bar{T}_m	$\overline{ET_j}$	\bar{T}_j	\bar{T}_m	$\overline{ET_j}$	\bar{T}_j	\bar{T}_m		$\overline{ET_j}$			
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>													
janvier	20,7	27,6	15,7	11,9	24,0	27,4	21,3	6,1	23,9	25,3	22,6	2,7	23,9
février	20,6	27,6	15,8	11,8	23,9	27,4	21,2	6,2	23,7	25,2	22,4	2,8	23,7
mars	21,0	27,8	15,8	12,0	24,9	28,3	21,8	6,5	24,6	26,2	23,2	3,0	24,5
avril	20,8	27,6	16,0	11,6	25,0	28,3	22,0	6,3	24,6	26,2	23,3	2,9	24,6
mai	20,3	27,2	15,0	12,2	24,8	27,9	21,7	6,2	24,4	26,0	23,0	3,0	24,3
juin	19,1	27,1	11,8	15,3	25,3	29,0	21,8	7,2	24,9	26,7	23,4	3,3	24,9
juillet	19,1	28,0	10,6	17,4	24,8	28,5	21,2	7,3	24,4	26,2	22,9	3,3	24,4
août	20,8	29,8	12,5	17,3	25,9	29,8	22,2	7,6	25,5	27,4	23,8	3,6	25,1
septembre	22,5	30,8	14,7	16,1	27,3	31,4	23,6	7,8	26,9	28,9	25,1	3,8	26,4
octobre	22,5	30,4	15,8	14,6	27,3	31,3	23,6	7,7	26,9	28,8	25,2	3,6	26,5
novembre	21,6	28,8	16,0	12,8	25,8	29,4	22,6	6,8	25,5	27,1	24,0	3,1	25,4
décembre	20,5	27,4	15,9	11,5	24,2	27,6	21,4	6,2	24,0	25,5	22,7	2,8	24,1
Année	20,8	28,3	14,6	13,7	25,3	28,9	22,0	6,8	24,9	26,6	23,5	3,1	24,8
ETA	3,4	3,7	5,4	—	3,4	4,0	2,4	—	3,2	3,7	2,8	—	2,6
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>													
Max. Date	22,7 5/10	30,9 26/9	16,1 16/11	—	27,7 4/10	31,8 1/10	23,9 4/10	—	27,3 4/10	29,2 1/10	25,5 4/10	—	26,7 5/10
Min. Date	18,9 4/7	27,0 16/6	10,6 14/7	—	23,8 25/1	27,2 23/1	21,1 25/1	—	23,6 29/1	25,1 29/1	22,3 29/1	—	23,7 30/1
M-m	3,8	3,9	5,5	—	3,9	4,6	2,8	—	3,7	4,1	3,2	—	3,0

MVUAZI (S 05°27', E 14°54', 505 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol								
	à 10 cm				à 20 cm								
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}					
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>													
janvier	23,9	29,1	20,3	8,8	27,1	30,0	24,5	5,5	26,8	28,0	25,7	2,3	26,6
février	24,2	30,3	20,1	10,2	28,4	31,9	25,3	6,6	27,9	29,5	26,7	2,8	27,5
mars	24,3	30,7	20,5	10,2	28,3	31,7	25,3	6,4	28,0	29,4	26,7	2,7	27,8
avril	24,0	30,4	20,5	9,9	27,5	30,6	24,7	5,9	27,2	28,5	26,1	2,4	27,2
mai	23,4	29,2	20,1	9,1	26,7	29,5	24,3	5,2	26,5	27,7	25,6	2,1	26,6
juin	21,0	27,2	16,9	10,3	25,1	28,1	22,5	5,6	25,1	26,3	24,0	2,3	25,6
juillet	19,7	25,1	15,4	9,7	22,8	25,4	20,5	4,9	22,9	23,9	21,9	2,0	23,6
août	20,6	26,2	16,0	10,2	23,4	26,1	20,9	5,2	23,2	24,4	22,3	2,1	23,5
septembre	22,7	28,4	18,3	10,1	25,6	28,5	22,9	5,6	25,3	26,5	24,3	2,2	25,1
octobre	23,8	29,3	19,9	9,4	26,2	29,0	23,7	5,3	25,9	27,1	24,9	2,2	25,7
novembre	23,9	29,5	20,3	9,2	26,6	29,6	24,1	5,5	26,3	27,6	25,3	2,3	26,1
décembre	23,7	29,0	20,3	8,7	26,6	29,4	24,1	5,3	26,3	27,5	25,3	2,2	26,2
Année	22,9	28,7	19,1	9,7	26,2	29,1	23,6	5,6	25,9	27,2	24,9	2,3	26,0
ETA	4,6	5,6	5,1	—	5,6	6,5	4,8	—	5,1	5,6	4,8	—	4,3
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>													
Max. Date	24,3 27/2	30,8 15/3	20,7 20/4	—	28,6 5/3	32,1 6/3	25,4 4/3	—	28,2 7/3	29,7 6/3	27,0 6/3	—	27,9 11/3
Min. Date	19,6 22/7	25,1 26/7	15,2 26/7	—	22,6 28/7	25,3 29/7	20,3 29/7	—	22,6 30/7	23,7 30/7	21,7 31/7	—	23,3 4/8
M-m	4,7	5,7	5,5	—	6,0	6,8	5,1	—	5,6	6,0	5,3	—	4,6

NIOKA (N 02°09', E 30°39', 1 678 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri						Température du sol						
	à 10 cm			à 20 cm			à 20 cm			à 50 cm			
	\bar{T}_j	\bar{T}_N	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_N	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j	\bar{T}_N	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	\bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>													
janvier	19,1	26,6	12,6	14,0	23,6	28,0	19,4	8,6	23,1	25,1	21,2	3,9	22,9
février	19,4	27,2	13,1	14,1	23,6	27,8	19,5	8,3	23,0	25,0	21,2	3,8	22,9
mars	19,5	26,8	13,9	12,9	23,2	27,4	19,4	8,0	22,8	24,7	21,1	3,6	22,9
avril	18,9	25,8	14,1	11,7	22,6	26,6	19,2	7,4	22,3	24,1	20,7	3,4	22,3
mai	18,5	25,0	13,7	11,3	22,2	26,3	18,7	7,6	21,9	23,7	20,3	3,4	21,9
juin	17,4	24,1	12,5	11,6	21,2	25,0	18,0	7,0	21,1	22,8	19,6	3,2	21,4
juillet	16,8	22,9	12,3	10,6	19,6	23,0	16,7	6,3	19,4	20,8	18,1	2,7	19,9
août	16,7	23,1	12,5	10,6	19,5	23,1	16,7	6,4	19,4	20,8	18,0	2,8	19,5
septembre	17,3	24,1	12,7	11,4	20,2	24,2	17,0	7,2	19,9	21,5	18,4	3,1	20,0
octobre	18,2	24,6	13,1	11,5	21,2	25,6	17,7	7,9	20,9	22,7	19,2	3,5	20,6
novembre	18,5	25,2	13,2	12,0	22,7	27,1	18,9	8,2	22,3	24,1	20,5	3,6	22,0
décembre	18,4	25,2	13,1	12,1	22,4	26,4	18,7	7,7	22,0	23,8	20,4	3,4	22,0
Année	18,2	25,1	13,1	12,0	21,8	25,9	18,3	7,5	21,5	23,3	19,9	3,4	21,5
ETA	2,7	4,2	1,7	—	4,1	5,1	2,8	—	3,7	4,3	3,2	—	3,4
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>													
Max.	19,5	27,3	14,2	—	23,8	28,2	19,6	—	23,2	25,3	21,4	—	23,1
Date	22/2	20/2	17/4	—	14/2	13/2	21/2	—	16/2	15/2	19/2	—	24/2
Min.	16,7	22,9	12,3	—	19,5	22,9	16,6	—	19,3	20,6	17,9	—	19,5
Date	8/8	1/8	14/7	—	9/8	6/8	13/8	—	12/8	10/8	13/8	—	18/8
M-m	2,8	4,4	1,9	—	4,3	5,3	3,0	—	3,9	4,7	3,5	—	3,6

RUBONA (S 02°29', E 29°46', 1 706 m), 1955-1959

	Température de l'air dans l'abri			Température du sol								
				à 10 cm			à 20 cm			à 50 cm		
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>												
janvier	18,1	24,4	14,0	22,6	27,9	18,7	22,5	25,1	20,2	4,9	22,4	22,4
février	18,2	24,5	14,1	23,0	28,4	18,9	22,7	25,4	20,4	5,0	22,5	22,5
mars	18,7	24,6	14,1	23,5	28,7	19,2	23,2	25,9	20,8	5,1	23,1	23,1
avril	18,0	23,8	14,1	22,2	27,2	18,5	8,7	22,0	19,9	4,5	22,1	22,1
mai	18,0	23,4	14,3	22,1	26,5	18,6	7,9	21,9	19,9	4,1	21,8	21,8
juin	17,9	23,8	12,9	23,0	27,1	19,4	7,7	22,8	20,7	4,3	22,7	22,7
juillet	18,7	25,0	12,9	23,3	27,2	19,7	7,5	23,0	20,9	4,2	22,8	22,8
août	19,4	26,0	13,6	23,7	28,0	19,9	8,1	23,5	21,3	4,3	23,2	23,2
septembre	19,5	26,3	13,9	23,7	28,6	19,4	9,2	23,5	21,2	4,6	23,2	23,2
octobre	18,7	25,4	14,0	22,7	28,0	18,8	9,2	22,8	20,4	4,7	22,6	22,6
novembre	18,1	24,5	13,9	22,4	27,7	18,5	9,2	22,3	20,1	4,7	22,2	22,2
décembre	17,9	23,9	13,9	22,5	27,6	18,6	9,0	22,3	20,1	4,7	22,2	22,2
Année	18,4	24,6	13,8	22,9	27,7	19,0	8,7	22,7	20,5	4,6	22,6	22,6
ETA	1,6	2,9	1,4	1,6	2,2	1,4	—	1,6	1,8	1,4	—	1,5
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>												
Max. Date	19,6	26,3	14,3	23,8	28,8	19,8	—	23,6	25,9	21,3	—	23,3
	5/9	10/9	3/5	5/9	9/3	16/8	—	11/9	10/3	5/9	—	12/9
Min. Date	17,9	23,4	12,7	21,9	26,5	18,4	—	21,7	23,9	19,7	—	22,0
	25/5	20/5	8/7	7/5	17/5	3/5	—	9/5	10/5	7/5	—	11/5
M-m	1,7	2,9	1,6	1,9	2,3	1,4	—	1,9	2,0	1,6	—	1,3

YANGAMBI (N 00°49', E 24°29', 487 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri			Température du sol							
				à 10 cm			à 20 cm			à 50 cm	
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\bar{T}_j	
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>											
janvier	23,9	30,0	19,5	28,7	33,2	24,7	8,5	30,7	26,4	4,3	28,1
février	23,9	30,6	19,4	29,0	33,7	24,7	9,0	31,0	26,4	4,6	28,5
mars	24,4	30,6	20,0	29,6	34,3	25,3	9,0	31,7	27,1	4,6	29,1
avril	24,3	30,2	20,3	29,2	33,6	25,2	8,4	31,1	26,8	4,3	28,8
mai	24,0	30,1	20,1	29,0	33,5	25,0	8,5	31,1	26,7	4,4	28,6
juin	23,7	29,5	19,8	28,2	32,4	24,6	7,8	30,1	26,2	3,9	28,0
juillet	23,1	28,4	19,5	27,1	30,8	23,9	6,9	28,9	25,4	3,5	27,3
août	22,9	28,4	19,4	26,6	30,4	23,4	7,0	28,3	24,8	3,5	26,6
septembre	23,3	29,1	19,4	27,2	31,5	23,6	7,9	29,1	25,1	4,0	27,0
octobre	23,2	29,0	19,6	27,1	31,3	23,6	7,7	29,0	25,1	3,9	26,9
novembre	23,5	29,4	19,8	27,7	32,1	24,1	8,0	29,7	25,6	4,1	27,4
décembre	23,4	28,7	19,7	27,1	30,9	23,7	7,2	28,9	25,1	3,8	26,9
Année	23,6	29,5	19,7	28,1	32,3	24,3	8,0	30,0	25,9	4,1	27,8
ETA	1,5	2,2	0,9	3,0	3,9	1,9	—	3,4	2,3	—	2,5
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>											
Max. Date	24,4	30,8	20,3	29,5	34,2	25,3	—	31,5	26,9	—	29,0
	26/3	27/2	20/4	9/3	3/3	10/4	—	19/2	31/3	—	26/3
Min. Date	22,9	28,3	19,4	26,7	30,5	23,4	—	28,4	24,8	—	26,7
	16/8	3/8	4/2	23/8	7/8	31/8	—	5/8	28/8	—	28/8
M-m	1,5	2,5	0,9	2,8	3,7	1,9	—	3,1	2,1	—	2,3

BOKONDJI (S 00°41', E 21°26', 384 m), 1955-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol		
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	$\overline{ET_j}$	à 10 cm \bar{T}_j	à 20 cm \bar{T}_j	à 50 cm \bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>							
janvier	24,2	30,7	19,5	11,2	29,4	28,9	29,0
février	24,3	31,3	19,3	12,0	30,2	29,6	29,7
mars	24,5	31,2	19,6	11,6	30,3	29,6	29,6
avril	24,3	30,9	19,5	11,4	29,5	28,9	29,1
mai	24,4	31,0	19,7	11,3	29,2	28,9	29,1
juin	23,9	30,1	19,5	10,6	28,9	28,4	28,7
juillet	23,2	28,7	19,0	9,7	27,8	27,4	27,9
août	23,1	29,0	18,9	10,1	28,0	27,4	27,7
septembre	23,4	29,8	19,0	10,8	28,8	28,3	28,4
octobre	23,4	29,8	19,2	10,6	28,5	28,0	28,3
novembre	23,6	29,9	19,3	10,6	28,7	28,1	28,4
décembre	23,8	29,7	19,5	10,2	28,3	27,8	28,0
Année	23,8	30,2	19,3	10,8	29,0	28,4	28,7
ETA	1,4	2,6	0,8	—	2,5	2,2	2,0
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>							
Max.	24,5	31,5	19,7	—	30,5	29,8	29,8
Date	19/3	24/2	20/5	—	2/3	1/3	1/3
Min.	23,1	28,6	18,9	—	27,8	27,2	27,7
Date	8/8	28/7	8/8	—	30/7	31/7	16/8
M-m	1,4	2,9	0,8	—	2,7	2,6	2,1

BONGABO (N 03°06', E 20°32', 450 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol		
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	$\overline{ET_j}$	à 10 cm \bar{T}_j	à 20 cm \bar{T}_j	à 50 cm \bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>							
janvier	23,6	30,9	18,2	12,7	28,8	28,3	28,3
février	24,5	32,7	18,5	14,2	30,7	30,1	30,1
mars	25,0	32,3	19,7	12,6	29,5	29,1	29,2
avril	24,9	31,7	20,0	11,7	29,4	29,0	29,0
mai	24,7	31,3	20,1	11,2	28,7	28,5	28,6
juin	23,9	30,1	19,6	10,5	27,9	27,6	27,9
juillet	23,5	29,1	19,5	9,6	26,8	26,6	26,9
août	23,4	29,4	19,4	10,0	27,0	26,7	26,8
septembre	23,7	30,3	19,5	10,8	27,9	27,6	27,7
octobre	23,5	30,1	19,3	10,8	27,3	27,0	27,1
novembre	23,7	30,1	19,3	10,8	27,5	27,1	27,3
décembre	23,9	30,6	18,7	11,9	28,2	27,8	28,0
Année	24,0	30,7	19,3	11,4	28,3	27,9	28,1
ETA	1,6	3,6	1,9	—	3,9	3,6	3,2
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>							
Max.	25,0	32,6	20,1	—	30,4	29,8	29,8
Date	24/3	4/3	25/4	—	24/2	26/2	1/3
Min.	23,3	28,9	18,1	—	26,7	26,4	26,7
Date	29/7	24/7	23/1	—	23/7	24/7	28/7
M-m	1,7	3,7	2,0	—	3,7	3,4	3,1

EALA (N 00°03', E 18°18', 350 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol		
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	à 10 cm \bar{T}_j	à 20 cm \bar{T}_j	à 50 cm \bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>							
janvier	24,5	30,2	20,3	9,9	27,1	27,0	26,9
février	24,9	31,0	20,5	10,5	27,8	27,6	27,3
mars	25,1	31,2	20,7	10,5	28,1	28,0	27,7
avril	24,9	30,9	20,9	10,0	28,1	27,9	27,7
mai	25,1	30,9	21,0	9,9	28,1	28,0	27,8
juin	24,3	29,5	20,6	8,9	27,1	27,1	27,2
juillet	23,9	28,6	19,9	8,7	26,7	26,4	26,6
août	23,1	27,3	20,1	7,2	26,9	26,8	26,7
septembre	24,1	29,7	20,1	9,6	26,9	26,9	26,7
octobre	24,1	30,1	20,4	9,7	27,3	27,1	26,9
novembre	24,2	29,9	20,4	9,5	27,0	26,9	26,8
décembre	24,5	29,9	20,7	9,2	27,2	27,1	26,9
Année	24,4	29,9	20,5	9,5	27,4	27,2	27,1
ETA	2,0	3,9	1,1	—	1,5	1,6	1,2
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>							
Max.	25,1	31,2	21,0	—	28,2	28,0	27,8
Date	21/3	20/3	14/5	—	23/4	5/5	5/5
Min.	23,3	27,6	19,9	—	26,7	26,4	26,5
Date	10/8	8/8	29/7	—	26/7	26/7	5/8
M-m	1,8	3,6	1,1	—	1,5	1,6	1,3

KIBANGULA (S 04°52', E 27°04', 685 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol		
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	à 10 cm \bar{T}_j	à 20 cm \bar{T}_j	à 50 cm \bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>							
janvier	22,7	29,0	18,7	10,3	27,6	27,3	27,1
février	23,1	29,7	19,1	10,6	28,5	28,1	27,8
mars	23,5	30,6	19,3	11,3	29,4	29,0	28,8
avril	23,5	31,0	19,0	12,0	29,7	29,4	29,1
mai	23,8	31,5	18,5	13,0	29,9	29,6	29,3
juin	23,4	31,9	16,9	15,0	29,8	29,5	29,4
juillet	23,2	31,6	16,6	15,0	28,6	28,3	28,3
août	23,5	31,5	17,7	13,8	28,6	28,3	28,2
septembre	23,5	31,2	18,5	12,7	28,9	28,6	28,4
octobre	22,7	29,8	18,4	11,4	27,9	27,7	27,7
novembre	22,1	29,0	18,5	10,5	27,0	26,7	26,7
décembre	22,5	28,9	18,8	10,1	27,2	27,0	26,9
Année	23,1	30,5	18,3	12,1	28,6	28,3	28,1
ETA	1,7	3,0	2,7	—	2,9	2,9	2,6
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>							
Max.	23,7	31,9	19,2	—	30,1	29,8	29,4
Date	23/5	17/6	19/3	—	30/5	1/6	6/6
Min.	22,2	28,9	16,5	—	27,0	26,7	26,7
Date	16/11	16/12	11/7	—	23/11	24/11	26/11
M-m	1,5	3,0	2,7	—	3,1	3,1	2,7

KONDO (S 05°34', E 12°58', 230 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol		
	\bar{T}_j	\bar{T}_x	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	à 10 cm \bar{T}_j	à 20 cm \bar{T}_j	à 50 cm \bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>							
janvier	25,0	30,4	21,7	8,7	28,9	28,4	28,0
février	25,2	31,2	21,4	9,8	29,7	29,2	28,7
mars	25,4	31,6	21,8	9,8	30,1	29,4	29,0
avril	25,3	31,1	21,9	9,2	29,1	28,9	28,6
mai	24,1	28,5	21,2	7,3	27,6	27,5	27,7
juin	21,3	25,9	18,3	7,6	25,7	25,7	26,2
juillet	19,7	23,6	16,5	7,1	23,3	23,3	24,3
août	20,1	24,5	16,7	7,8	24,6	23,5	23,9
septembre	22,0	26,7	18,9	7,8	25,5	25,1	25,0
octobre	24,2	29,3	20,9	8,4	27,0	26,6	26,2
novembre	24,9	30,6	21,6	9,0	27,9	27,5	27,2
décembre	24,8	30,1	21,5	8,6	28,2	27,8	27,5
Année	23,5	28,6	20,2	8,4	27,3	26,9	26,9
ETA	5,7	7,9	5,4	—	6,7	6,1	5,1
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>							
Max.	25,4	31,7	22,1	—	30,1	29,5	29,0
Date	10/4	18/3	19/4	—	8/3	10/3	14/3
Min.	19,6	23,7	16,3	—	23,6	23,2	23,9
Date	28/7	28/7	31/7	—	26/7	3/8	10/8
M-m	5,8	8,0	5,8	—	6,5	6,3	5,1

LUBARIKA (S 02°50', E 28°57', 980 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol		
	\bar{T}_j	\bar{T}_x	\bar{T}_m	\overline{ETJ}	à 10 cm \bar{T}_j	à 20 cm \bar{T}_j	à 50 cm \bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>							
janvier	22,4	29,3	17,8	11,5	26,5	26,3	26,2
février	22,4	29,5	17,6	11,9	26,3	26,1	25,9
mars	22,6	29,7	17,7	12,0	26,4	26,3	26,1
avril	22,7	29,4	18,0	11,4	26,5	26,3	26,1
mai	22,5	29,4	18,1	11,3	27,0	26,8	26,4
juin	22,2	29,5	16,6	12,9	27,8	27,7	27,1
juillet	22,1	30,2	15,3	14,9	27,4	27,3	26,9
août	23,1	31,6	15,9	15,7	28,3	28,0	27,5
septembre	24,1	32,4	16,9	15,5	28,5	28,1	27,7
octobre	23,7	32,0	17,5	14,5	28,1	27,9	27,6
novembre	23,1	31,1	17,4	13,7	27,8	27,5	27,1
décembre	22,6	29,5	17,7	11,8	26,2	26,0	26,0
Année	22,8	30,3	17,2	13,1	27,2	27,0	26,7
ETA	2,0	3,2	2,8	—	2,3	2,1	1,9
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>							
Max.	24,1	32,4	18,2	—	28,5	28,2	27,9
Date	26/9	22/9	7/5	—	17/9	25/9	1/10
Min.	22,0	29,1	15,3	—	26,2	26,0	26,0
Date	6/7	12/1	6/8	—	10/1	13/1	16/1
M-m	2,1	3,3	2,9	—	2,3	2,2	1,9

MUKUMARI (S 02°50', E 23°11', 535 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol		
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	ETJ	à 10 cm \bar{T}_j	à 20 cm \bar{T}_j	à 50 cm \bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>							
janvier	23,5	29,3	19,4	9,9	27,0	26,6	26,6
février	23,6	29,6	19,4	10,2	27,4	27,1	26,9
mars	23,6	29,9	19,4	10,5	27,6	27,3	27,1
avril	23,7	29,8	19,4	10,4	27,2	27,0	27,0
mai	23,6	29,9	19,4	10,5	27,4	27,1	27,1
juin	22,8	29,0	18,5	10,5	26,6	26,3	26,5
juillet	22,7	28,3	18,5	9,8	25,8	25,6	25,7
août	22,9	28,8	18,5	10,3	26,2	25,9	25,8
septembre	23,2	29,7	18,7	11,0	27,1	26,8	26,6
octobre	23,3	29,5	19,1	10,4	27,1	26,9	26,8
novembre	23,4	29,6	19,2	10,4	26,7	26,5	26,4
décembre	23,2	28,7	19,3	9,4	26,1	25,9	25,9
Année	23,3	29,3	19,1	10,3	26,9	26,6	26,5
ETA	1,0	1,7	0,9	—	1,8	1,7	1,4
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>							
Max.	23,7	29,9	19,5	—	27,6	27,3	27,1
Date	25/4	5/3	2/2	—	27/2	1/3	1/3
Min.	22,6	28,2	18,4	—	25,8	25,5	25,6
Date	14/7	21/7	12/7	—	24/7	24/7	31/7
M-m	1,1	1,7	1,1	—	1,8	1,8	1,5

MULUNGU - TSHIBINDA (S 02°19', E 28°45', 2 055 m), 1954-1959

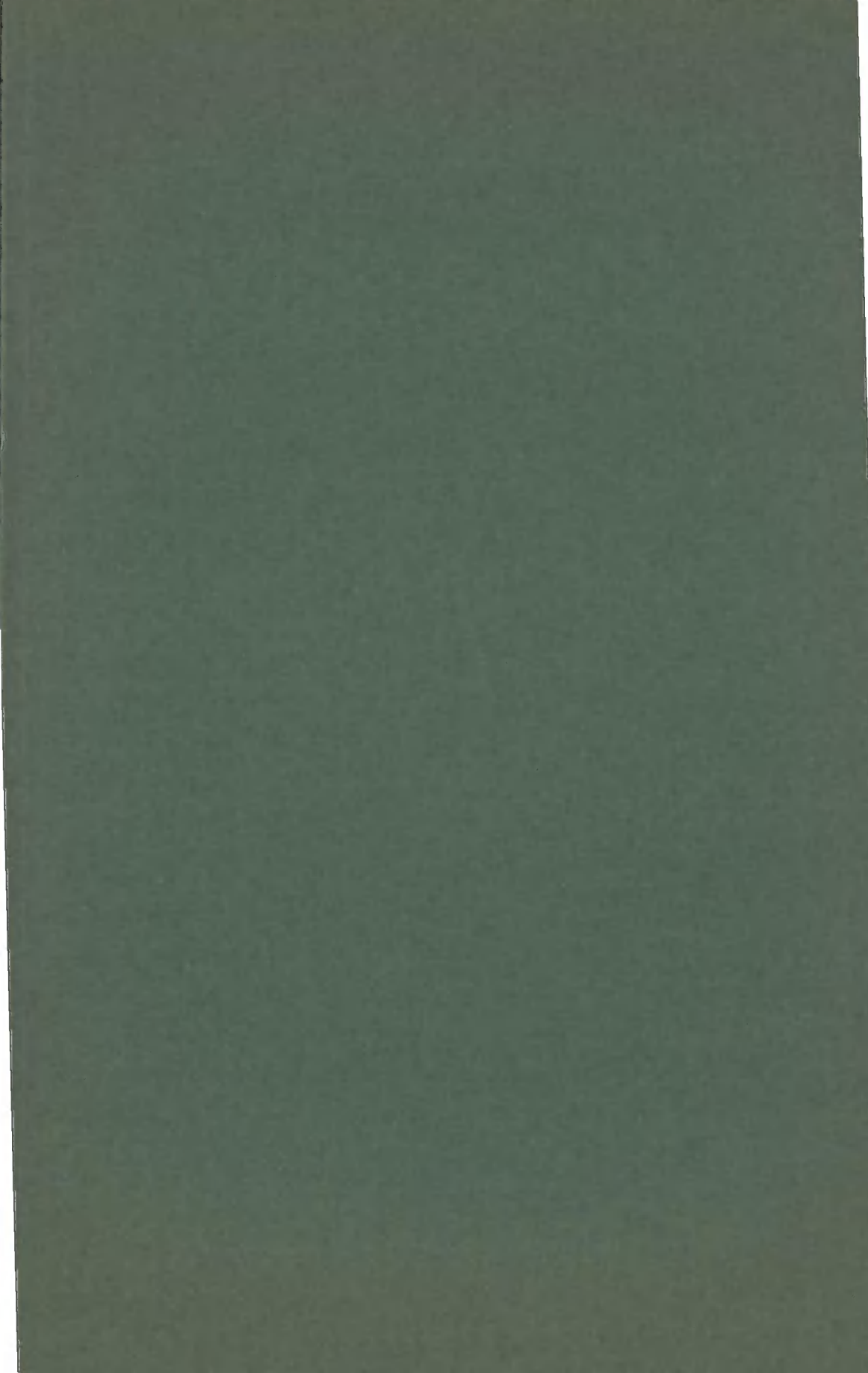
	Température de l'air dans l'abri				Température du sol		
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	ETJ	à 10 cm \bar{T}_j	à 20 cm \bar{T}_j	à 50 cm \bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>							
janvier	15,5	21,6	11,5	10,1	19,0	19,0	19,3
février	15,5	21,6	11,6	10,0	18,8	18,7	19,0
mars	15,7	21,7	11,6	10,1	19,4	19,2	19,3
avril	15,5	21,1	11,7	9,4	19,1	19,0	19,3
mai	15,4	20,7	11,9	8,8	19,0	18,9	19,2
juin	14,8	20,7	10,5	10,2	19,5	19,3	19,5
juillet	14,7	21,0	9,5	11,5	19,3	19,0	19,2
août	15,5	21,9	10,3	11,6	19,7	19,3	19,5
septembre	16,0	22,3	10,9	11,4	19,5	19,2	19,4
octobre	15,7	21,8	11,2	10,6	18,7	18,6	19,0
novembre	15,4	21,7	11,1	10,6	18,8	18,7	19,0
décembre	15,5	21,3	11,4	9,9	18,7	18,7	19,0
Année	15,4	21,5	11,1	10,3	19,1	19,0	19,2
ETA	1,3	1,6	2,4	—	1,0	0,7	0,5
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>							
Max.	16,0	22,3	12,0	—	19,7	19,3	19,5
Date	17/9	13/9	5/5	—	1/9	5/9	8/9
Min.	14,6	20,6	9,5	—	18,6	18,5	19,0
Date	9/7	12/6	21/7	—	6/11	6/11	10/11
M-m	1,4	1,7	2,5	—	1,1	0,8	0,5

YALIGIMBA (N 02°17', E 22°51', 435 m), 1954-1959

	Température de l'air dans l'abri				Température du sol	
	\bar{T}_j	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\overline{ET}_j	à 10 cm \bar{T}_j	à 20 cm \bar{T}_j
<i>Moyennes mensuelles et annuelles</i>						
janvier	24,1	31,0	19,1	11,9	29,3	29,0
février	24,3	31,7	19,0	12,7	29,9	29,5
mars	24,8	31,4	20,0	11,4	29,9	29,5
avril	24,7	31,0	20,5	10,5	29,5	29,3
mai	24,5	30,6	20,5	10,1	29,3	28,9
juin	24,0	29,9	20,1	9,8	28,5	28,3
juillet	23,6	29,1	19,9	9,2	27,8	27,6
août	23,4	29,1	19,7	9,4	27,7	27,4
septembre	23,8	29,8	19,7	10,1	28,5	28,2
octobre	23,5	29,5	19,7	9,8	28,2	27,9
novembre	23,9	29,8	19,9	10,0	28,1	27,9
décembre	23,8	29,7	19,4	10,3	28,2	28,0
Année	24,0	30,2	19,7	10,4	28,7	28,5
ETA	1,4	2,6	1,5	—	2,2	2,1
<i>Caractéristiques du régime annuel</i>						
Max.	24,8	31,7	20,6	—	30,1	29,6
Date	5/4	23/2	22/4	—	28/2	1/3
Min.	23,5	29,0	18,9	—	27,6	27,4
Date	3/8	28/7	7/2	—	2/8	4/8
M m	1,3	2,7	1,7	—	2,5	2,2

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	3
SAMENVATTING	3
Introduction	3
Régime diurne de la température du sol	8
Régime annuel de la température du sol	20
— <i>Région équatoriale: Yangambi</i>	22
— <i>Ubangui-Uele: Bambesa</i>	24
— <i>Bas-Congo: Luki</i>	26
— <i>Kwango - Kasai: Gandajika</i>	27
— <i>Régions d'altitude: Kisozi</i>	29
— <i>Katanga: Keyberg</i>	31
Caractéristiques moyennes annuelles de la température du sol	33
Bibliographie	37
Régimes annuels de la température de l'air et du sol pour quelques stations du Congo, du Rwanda et du Burundi	39
Tables des matières	60



Achévé d'imprimer le 27 octobre 1969
par l'Imprimerie SNOECK-DUCAJU et Fils, S.A., Gand-Bruxelles