

Températures marines et précipitations sur les littoraux de l'Afrique tropicale *

par Marcel LEROUX

Université de Dakar
Centre de Recherches de
Climatologie Tropicale Africaine

Le problème de l'interrelation entre la température de la mer et les précipitations en milieu tropical peut être évoqué abruptement par deux conclusions diamétralement opposées :

— J. Bjerkness « observe une forte corrélation entre les hauteurs de pluie et les températures de surface de la mer dans certaines îles tropicales ou stations littorales » (1) ;

— au contraire, M. Dorot constate que « ...le coefficient de corrélation est inférieur au seuil de signification. Il n'y a donc pas de corrélation entre les deux paramètres » (2) sur les littoraux de l'Afrique occidentale.

Ces deux positions étant naturellement vérifiées au niveau de chaque exemple étudié, il est ainsi nécessaire de s'interroger sur le type de relation pouvant exister entre la température de la mer et les précipitations. Précisons d'emblée qu'il ne peut s'agir ici que des précipitations littorales car la pénétration des flux sur le continent, si elle entraîne les effets habituellement reconnus de la continentalisation (réchauffement, assèchement relatif), peut également se traduire par une humidification vigoureuse comme celle qui se réalise par exemple au-dessus des forêts tropicales, humidification qui procure au flux qui les survole un potentiel rarement ou jamais atteint sur l'océan.

Cette question mérite ainsi réflexion, dans le cadre tropical où, par exemple à la suite de E. Palmen (3), la cyclogenèse est dite conditionnée par des températures marines suffisamment élevées, et en particulier dans le cadre africain où de nombreux phénomènes, parfois désignés « anomalies », sont essentiellement expliqués par le facteur hydrologique marin. Tel est le cas notamment de la faible pluviosité associée à l'*upwelling* du littoral s'étirant du sud du Maroc au Sénégal, ou des côtes namibio-angolaises. Tel est aussi le cas de la non-pluviosité estivale somalienne attribuée à l'*upwelling* saisonnier. De la même façon est « expliquée » la saison « sèche » estivale sur le sud de l'Afrique occidentale, ou bien le déficit pluviométrique relatif du sud-Ghana-Togo-Bénin lié à l'*upwelling* saisonnier, tout comme, selon Y. Caroff, l'invasion d'eaux froides « se traduit par la saison sèche sur les côtes du Gabon » (4). A l'inverse, une forte pluviosité est couramment associée à des eaux chaudes.

* Les chiffres entre parenthèses dans le texte renvoient à la bibliographie.

Mots-clés : Climatologie tropicale. Afrique. Relations mer-atmosphère. Précipitations littorales.

Il est ainsi nécessaire d'estimer l'importance réelle du paramètre océanique dans l'échelle des phénomènes, et pour ce faire, d'observer les faits.

I. — TEMPERATURES MARINES ET PRECIPITATIONS LITTORALES.

A) RELATION SIMPLIFIEE :

La différenciation des secteurs littoraux en fonction de la température des eaux de surface invite à comparer d'emblée la carte thermique marine et la carte des précipitations annuelles.

Dans l'Atlantique, par exemple, aux zones d'eaux froides permanentes provoquées par l'*upwelling* correspond bien la non-pluviosité, tandis que les eaux chaudes libériennes ou biafraises sont accompagnées par une forte pluviosité.

Mais un examen moins sommaire montre que la relation simplifiée : « mer chaude = pluie, mer froide = pas de pluie » n'est pas vérifiée (d'ailleurs, si elle l'était, les régions extratropicales ne recevraient pas de pluie). En effet, les côtes de l'Océan Indien considérées dans leur ensemble ne bénéficient pas d'un privilège pluviométrique particulier hérité de leurs eaux chaudes, tandis que le littoral somalien est, hiver comme été, peu à très peu arrosé ; en outre les bords de la Mer Rouge, en dépit d'eaux très chaudes, ne reçoivent que des pluies insignifiantes.

Pas plus que la relation générale à l'échelle annuelle ne peut être vérifiée une relation saisonnière. En région libérienne, et à Freetown par exemple (figure 3), l'hiver est très peu arrosé malgré les eaux chaudes, tandis que des totaux très élevés (891 mm en juillet - 836 mm en août) correspondent précisément à un rafraîchissement de l'océan. A Douala (figure 4), les 767 mm du mois d'août correspondent encore au minimum thermique marin.

Il est également vain de rechercher une relation directe et chiffrée entre la température marine et les pluies puisque, par exemple à Dakar entre juillet et août : à + 1° C correspondent + 145 mm, tandis qu'entre août et septembre : à + 1° C correspondent — 141 mm.

Ainsi la variation thermique de l'eau n'est pas nécessairement associée à une variation pluviométrique de même signe, tandis qu'aucun rapport n'est révélé, dans une station et a fortiori dans plusieurs stations, entre l'unité thermique et la valeur correspondante de la pluie. Il est donc inutile de poursuivre dans ce sens.

Il convient par conséquent de considérer l'enchaînement des phénomènes, en décomposant progressivement les étapes du processus qui conduisent à la précipitation, ces étapes étant les suivantes : température de la mer — température de l'air — évaporation et potentiel précipitable — précipitation.

B) TEMPERATURE DE LA MER — TEMPERATURE DE L'AIR — POTENTIEL PRECIPITABLE :

En raison du comportement thermique de l'eau, les masses océaniques se caractérisent par des températures atténuées, par des variations ther-

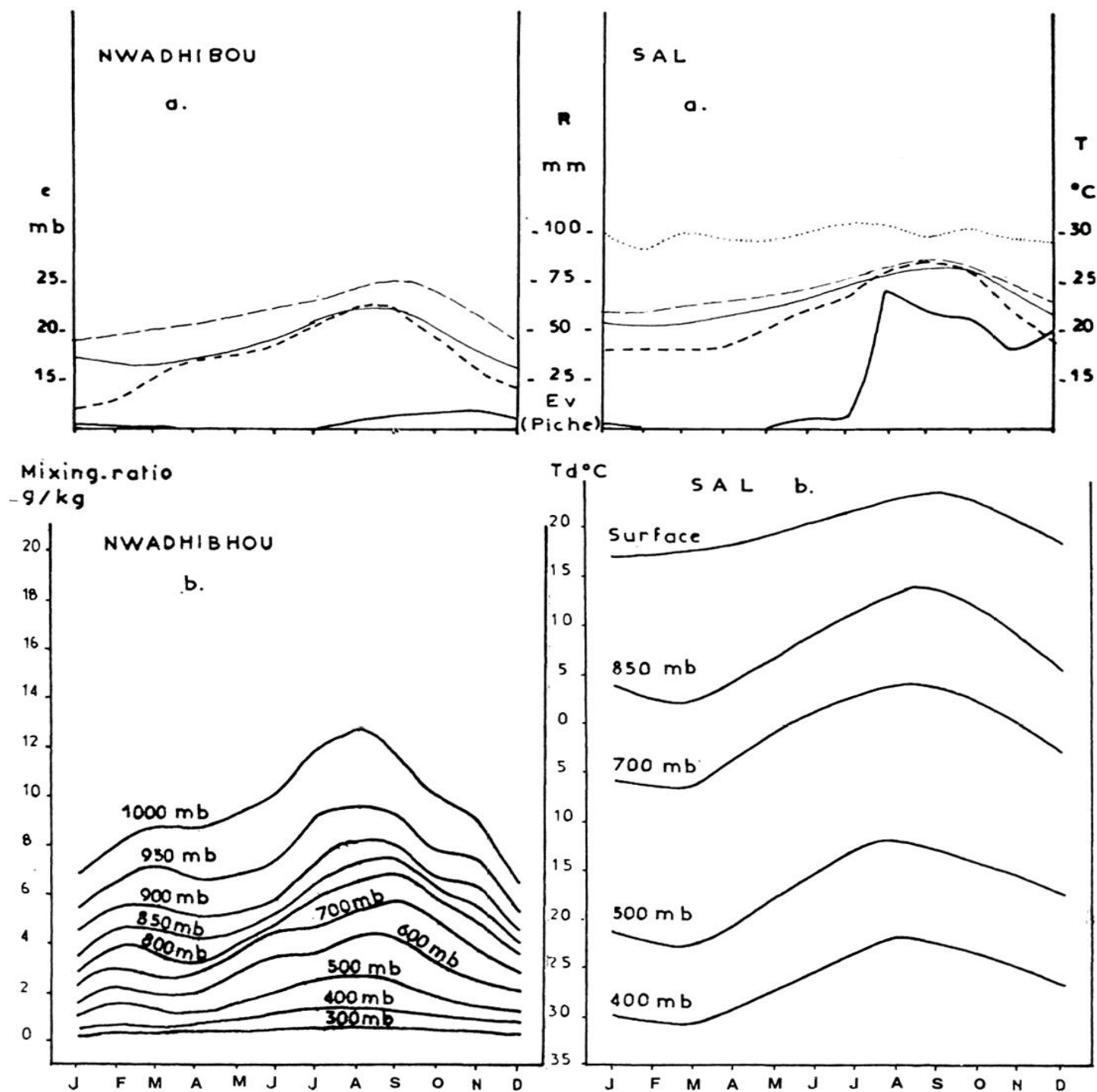


FIGURE 1

LA LÉGENDE GÉNÉRALE DES FIGURES
EST SOUS LA FIGURE 7

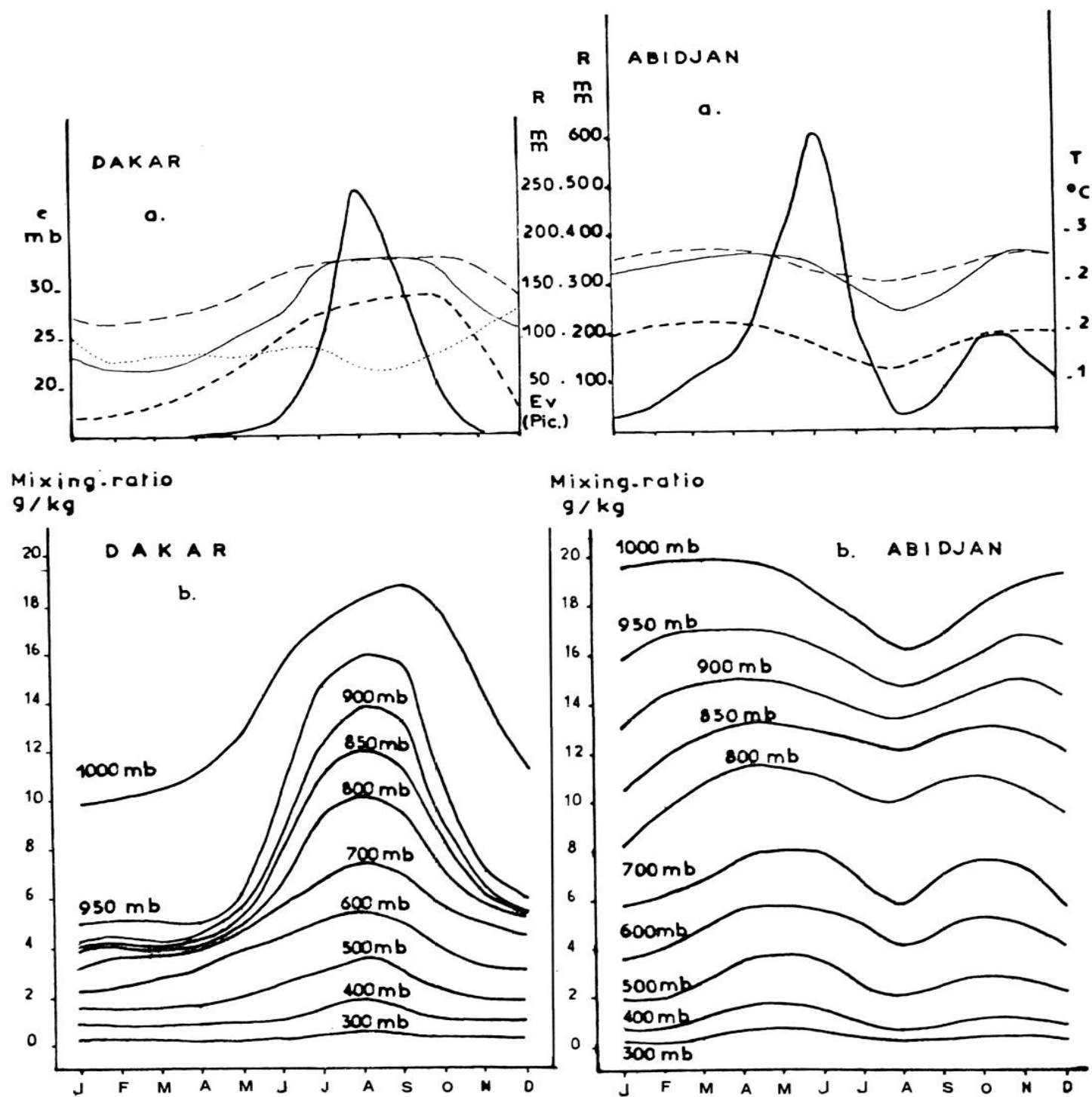


FIGURE 2

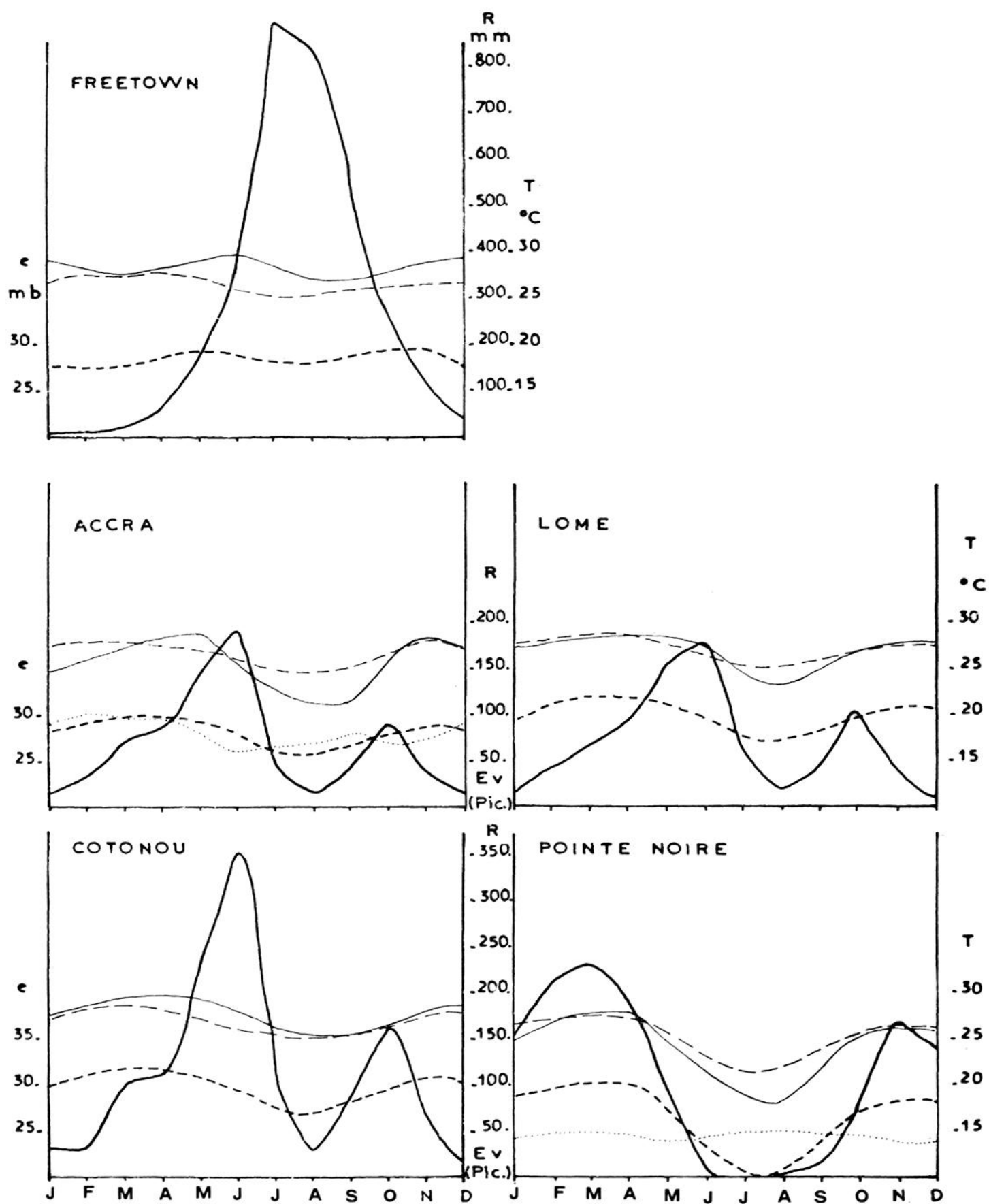


FIGURE 3

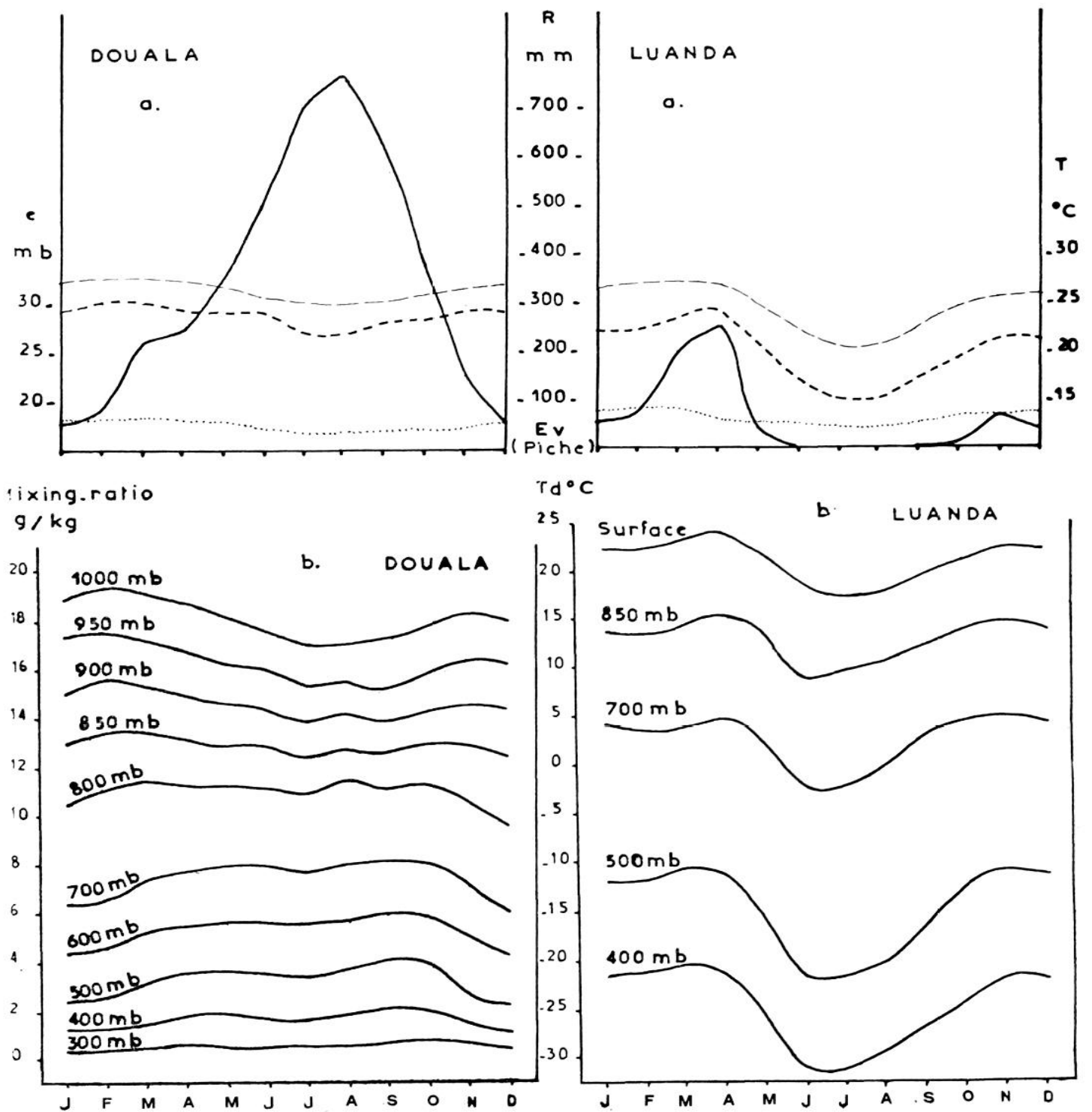


FIGURE 4

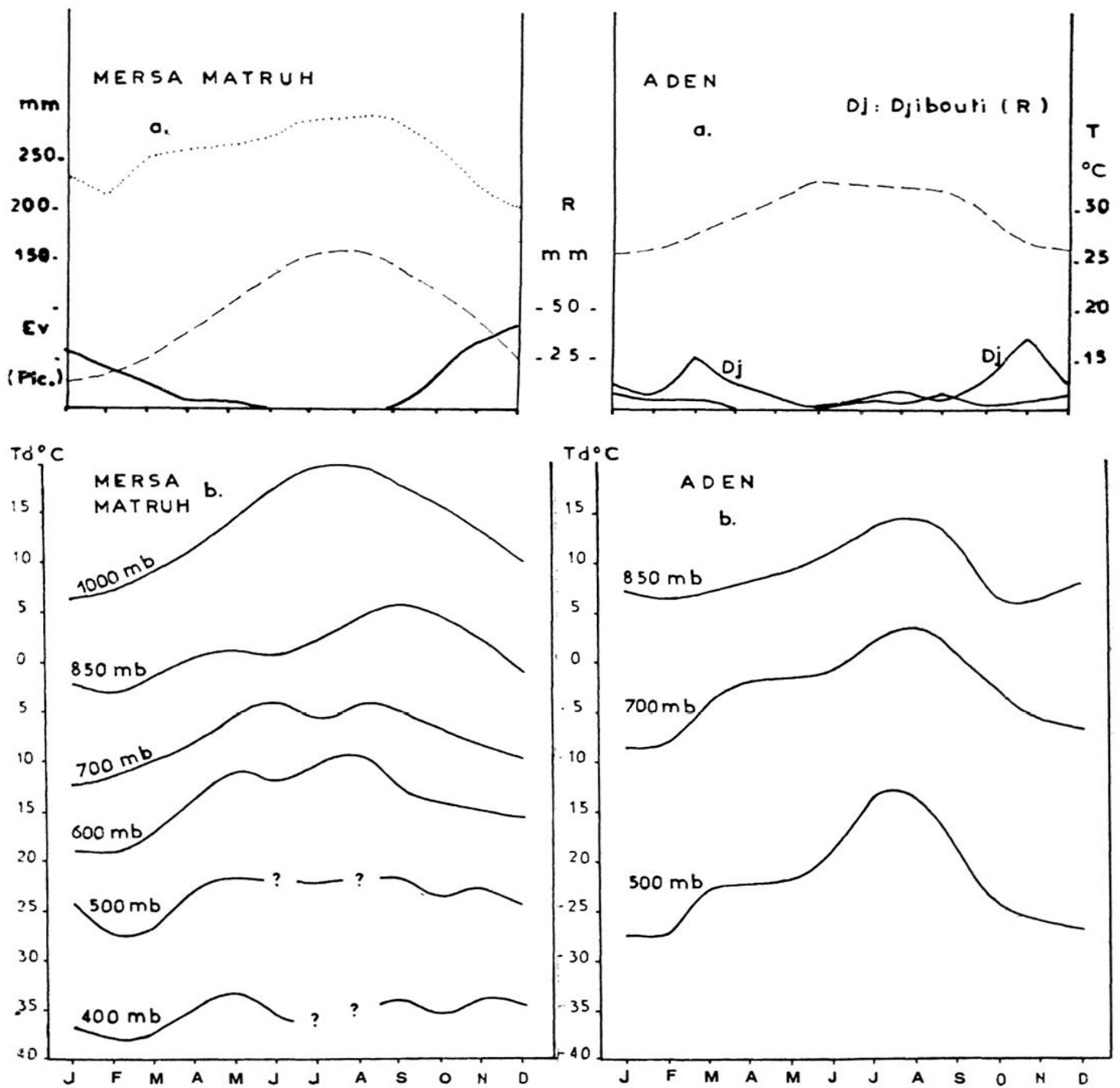


FIGURE 5

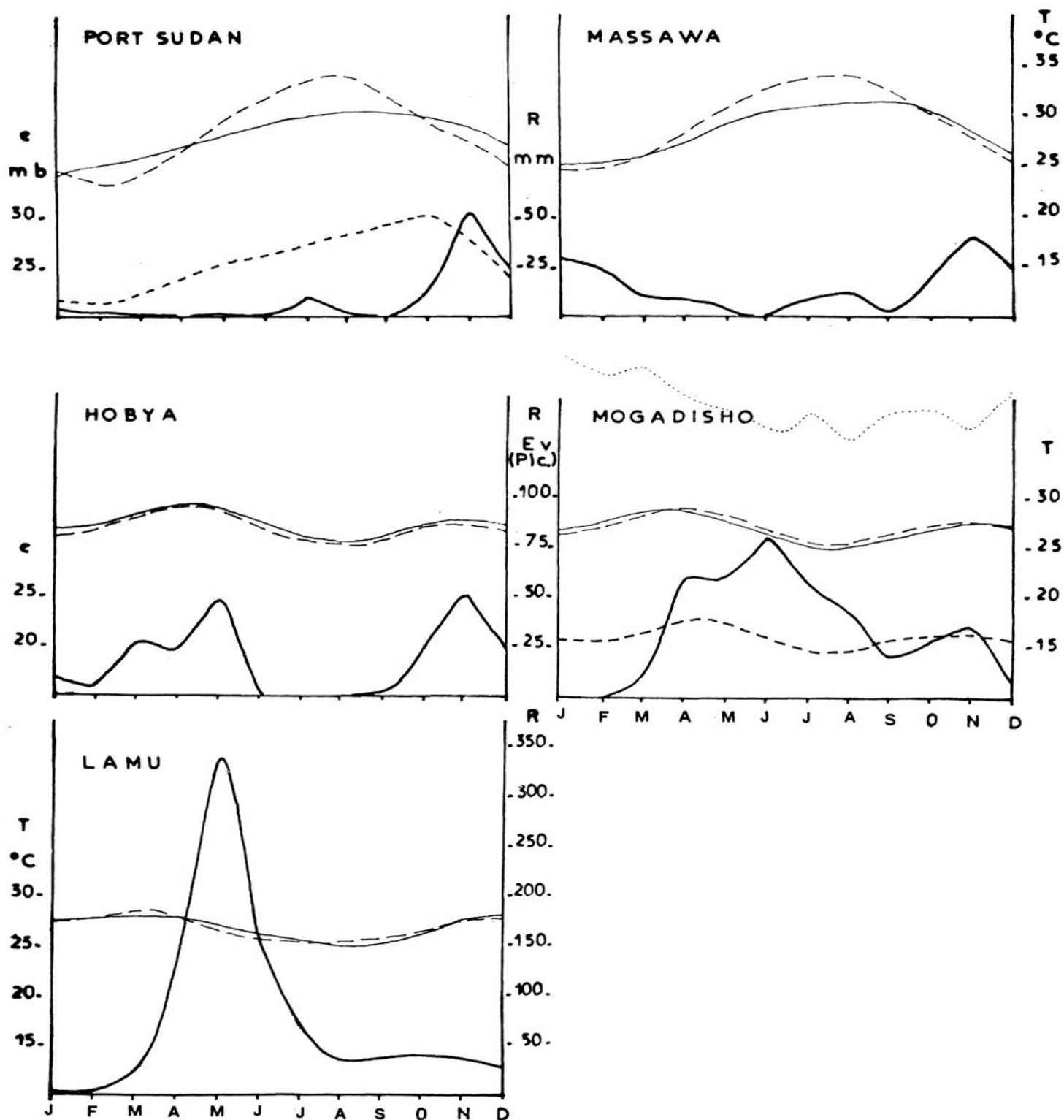


FIGURE 6

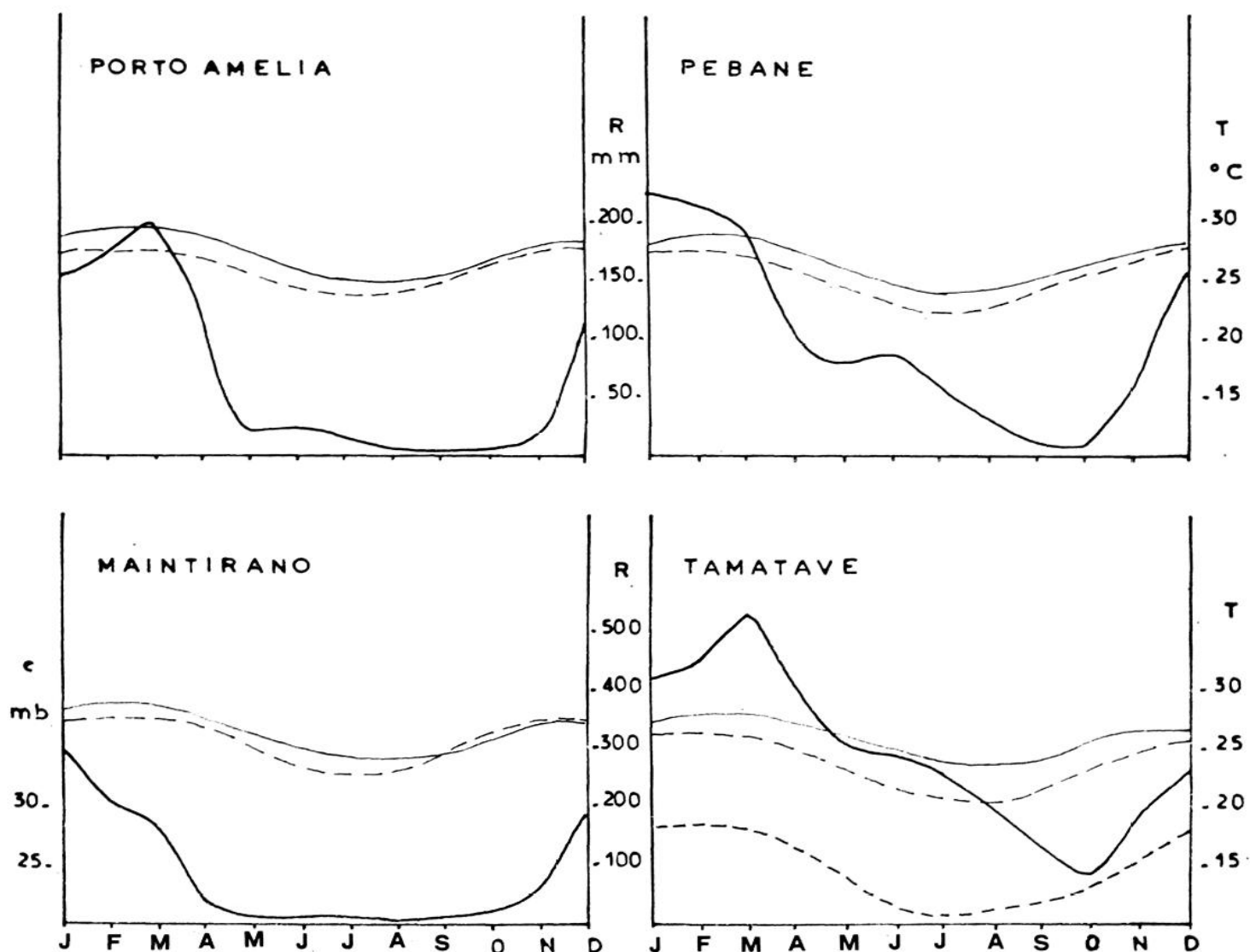


FIGURE 7

LEGENDE DES FIGURES :

—————	Température marine	T °C
- - - - -	Température de l'air	T °C
- - - - -	Tension de vapeur	e mb
—————	Précipitations	R mm
.....	Evaporation	Ev mm

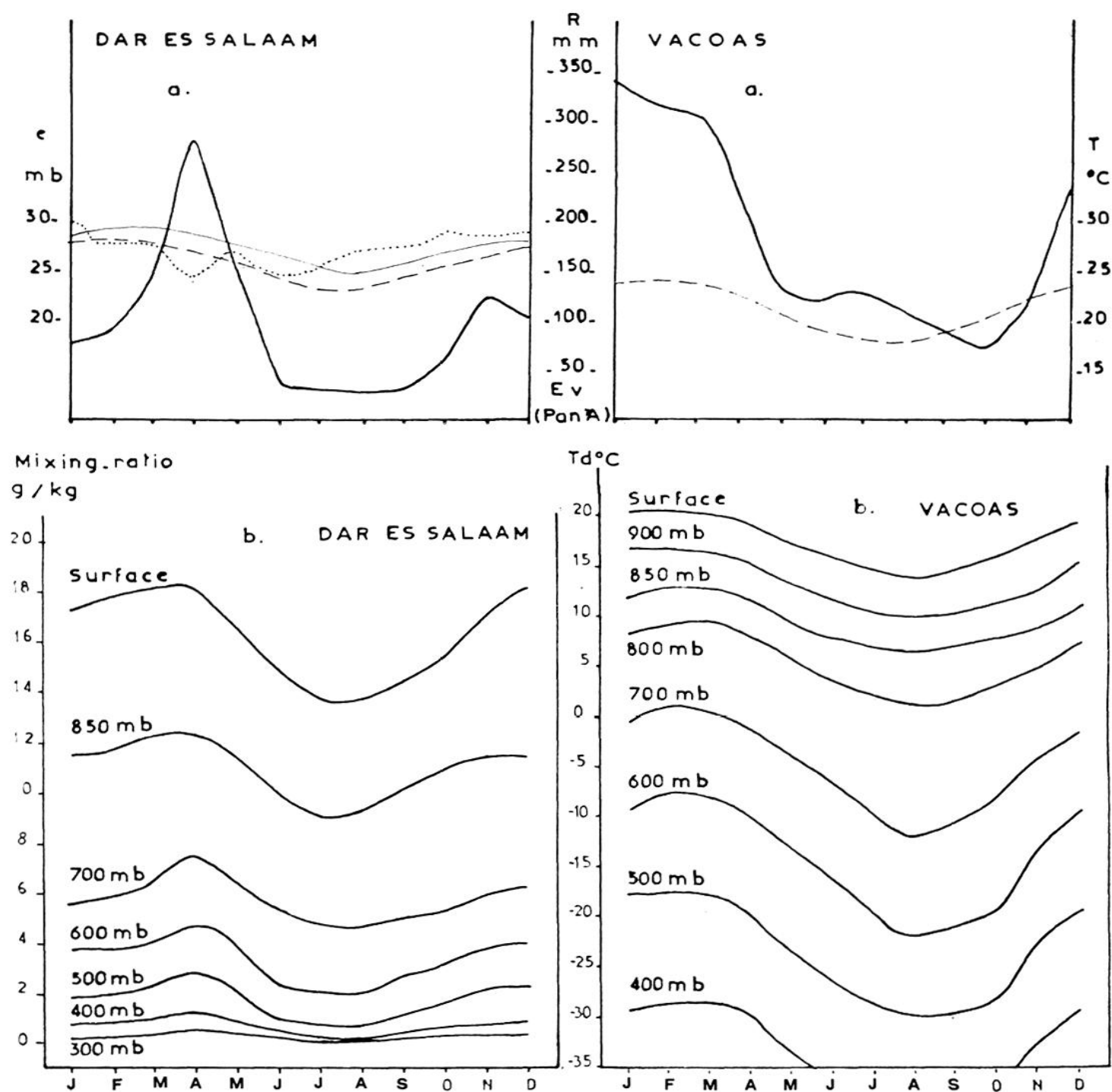


FIGURE 8

miques relativement faibles et, à cause de la forte inertie intéressant aussi bien l'absorption que la restitution, par un régime thermique déphasé par rapport au mécanisme cosmique (cf. fig. 54, p. 281 in 14-a). L'inertie océanique décale le maximum thermique deux à trois mois après le mois du solstice ; en outre, les modifications ne se réalisant que très graduellement, les différences mensuelles sont estompées, et l'évolution annuelle est uniformisée en un type unimodal avec maximum ou minimum (selon l'hémisphère) en février-mars ou août-septembre.

Les courbes de la température marine de Nwadhibou, Sal (figure 1), Dakar (figure 2), Port-Sudan, Massawa (figure 6) illustrent le type boréal ; les courbes de Freetown (figure 3), Hobya, Mogadisho, Lamu (figure 6) associent de façon relativement équitable des caractères boréaux et des caractères austraux, tandis que les courbes des autres stations représentent, plus ou moins purement, le type austral.

Les échanges thermiques océan-atmosphère (qui se réalisent pour plus de 90 % par l'intermédiaire de la vapeur d'eau *) donnent à la couche d'air en contact des caractères thermiques de type océanique marqués par la pondération et un rythme annuel original qui reproduit, plus ou moins fidèlement, celui de l'océan, ainsi qu'en témoignent les figures 1 à 8.

Si l'évolution générale est la même, il existe toutefois des différences de valeur, l'air étant plus chaud ou plus froid que l'eau de surface ; si l'air est plus chaud, il se trouve rafraîchi à la base et les échanges sont alors limités à une couche de faible épaisseur (cf. les courbes de Nwadhibou, Sal et Dakar en hiver boréal — d'Abidjan, Accra, Lomé et Pointe Noire en été boréal) ; si l'air est plus frais que la mer, il est réchauffé à la base, la turbulence qui n'est jamais très vigoureuse en raison de la pondération thermique favorise les échanges sur une épaisseur accrue. Cette dernière situation caractérise des portions du littoral atlantique (cf. Freetown et Cotonou) et dans sa quasi-totalité le littoral de l'Océan Indien.

Ces conditions, bien connues, sont souvent rappelées pour fonder notamment une argumentation sur le rôle primordial des températures marines, mais elles n'intéressent en fait que les très basses couches et n'appartiennent ainsi qu'à une échelle mineure des phénomènes. En outre, ces conditions sont susceptibles de modifications parfois très rapides lors de la pénétration sur le continent.

L'évaporation étant fonction de la température de l'air (ainsi que de la pression et du renouvellement de la couche de contact), et la température de l'air évoluant dans l'année comme celle de la mer en surface de façon unimodale, il résulte que l'intensité de l'évaporation, et par conséquent l'eau contenue dans l'air et advectée de l'océan vers le continent, enregistre de la même façon une évolution annuelle unimodale.

En témoignent les courbes de la tension de vapeur dont l'évolution annuelle se calque sur celle de la température de l'air. On peut ainsi

* H. Hoerber estime, dans l'Atlantique, que le transfert sous forme de chaleur sensible ne représente que 3,3 % de celui réalisé sous forme de chaleur latente (7).

distinguer un type boréal et un type austral dans le rythme de fourniture de vapeur d'eau, et des types intermédiaires qui sont privilégiés par la conjonction des apports. Les courbes du rapport de mélange (*mixing-ratio*) ou de la température du point de rosée aux niveaux standards de la troposphère révèlent la même évolution unimodale dans les basses couches, qui concentrent la majeure partie de la vapeur d'eau. Nous aurions préféré n'utiliser que des valeurs du *mixing-ratio* qui permet une estimation absolue de la teneur en eau, mais le caractère relatif de la température du point de rosée ne modifie pas la portée de l'observation ; on peut ainsi comparer l'évolution d'ensemble à Nwadhibou, Sal, Dakar, Mersa-Matruh et Aden (type boréal) et à Abidjan, Douala, Luanda, Dar-es-Salaam et Vacoas (type austral).

Ainsi, le rythme de fourniture de vapeur d'eau, déterminé par le facteur thermique, appartient à l'échelle générale. La qualité de l'apport appartient quant à elle aux conditions régionales. Par exemple, Dakar bénéficie en toutes saisons, et notamment en période estivale, d'un potentiel supérieur à celui de Nwadhibou ; de la même façon, les courbes à 1 000 mb à Abidjan et à Douala possèdent la même évolution d'ensemble, mais l'appauvrissement estival est toutefois légèrement moins marqué à Douala, soutien que l'on peut attribuer à la présence d'eaux moins fraîches dans la baie de Biafra.

L'ordre des enchaînements : évaporation sur l'océan — transport de vapeur d'eau vers le littoral — potentiel d'eau précipitable, devrait logiquement entraîner un régime unimodal des précipitations, le maximum de pluie correspondant au maximum hygrométrique, et quelques régimes bimodaux, très pondérés, coïncidant avec les régimes composites. Or il n'en est rien, car l'existence d'eau précipitable ne signifie pas que l'eau est effectivement précipitée.

C) EAU PRECIPITABLE / EAU PRECIPITEE :

Peu d'études ont été consacrées en Afrique à la relation eau précipitable/eau précipitée, ainsi que l'exprime par exemple D. Lambergeon : « ... la liaison entre la pluie et les caractères du flux de mousson... est pratiquement inconnue » (8). Les résultats partiels déjà obtenus méritent ainsi d'être cités : J. Giraud constate : « il ne semble pas a priori qu'il y ait une corrélation marquée entre la tension de vapeur moyenne annuelle et la pluviométrie » (9) ; R. Diop remarque : « en conclusion, les tableaux des divers coefficients de corrélation nous enseignent que l'eau précipitable contenue dans l'atmosphère est un mauvais prévisseur de l'eau précipitée... » (10).

L'examen des cartes mensuelles de la tension de vapeur en surface tracées par G.A. Tunnel (11), des cartes représentant la valeur du rapport de mélange aux niveaux standards de J.K. Bannon et L.P. Steele (12) et des cartes mensuelles de la hauteur d'eau précipitable établies par S.E. Tuller (13) confirment les conclusions précédentes en démontrant que les potentialités ne sont pas toujours utilisées. Un unique exemple suffit à l'illustrer : en juillet, le plus fort potentiel précipitable en Afrique est localisé sur la partie nord de la Somalie, dont les précipitations sont alors inférieures à 1 mm.

Ces cartes soulignent en outre le fait (bien connu) que les régions tropicales possèdent un potentiel précipitable considérablement supérieur à celui des régions extratropicales, et qu'ainsi la relation eau précipitable/eau précipitée ne peut être examinée qu'en tenant le plus grand compte de la spécificité tropicale.

Il convient donc d'intégrer dans la chaîne des processus les facteurs utilisateurs du potentiel advecté.

II. — LES CONDITIONS PLUVIOGENIQUES TROPICALES ET AFRICAINES.

A) LES CONDITIONS PLUVIOGENIQUES TROPICALES (14) :

Dans les zones tempérées, la pression décroît avec l'altitude et les phénomènes impulsés dans les basses couches, notamment l'activité du Front Polaire (facteur pluviogénique principal) engendré par le déplacement des Anticyclones Mobiles Polaires pelliculaires, peuvent se développer sans contrainte majeure.

Dans la zone tropicale, les conditions sont foncièrement différentes. L'influence du substratum et des phénomènes de basses couches s'exprime avec moins de liberté dans la mesure où la troposphère tropicale est organisée de façon rigoureuse. La hiérarchie des phénomènes, en particulier dans la relation ici évoquée, doit ainsi nécessairement tenir compte de la structure verticale et principalement de la stratification aérologique qui constitue le caractère fondamental de la troposphère tropicale (cf. figure 92, p. 504 in 14-a).

Le premier effet de la stratification, par l'intermédiaire de l'inversion de subsidence (dite aussi inversion d'alizé), est de limiter à la strate inférieure de faible épaisseur relative ou réelle les bienfaits hérités d'une trajectoire océanique. Tant que l'inversion est marquée, l'humidification se réalise au profit exclusif de la strate inférieure, la subsidence interdisant la dispersion vers le haut de l'énergie accumulée. La rétention qui en résulte crée des disparités accentuées entre, d'une part des régions où la pluviogenèse est contrariée, voire interdite, et d'autre part des régions où la concentration de vapeur d'eau, associée à des conditions structurales favorables, autorise des précipitations diluviennes. La structure de l'alizé maritime de type I illustre le premier cas, celle de l'alizé maritime de type II et surtout celle de l'Equateur Météorologique inscrit dans un plan vertical (type Z.I.C.) illustrent le second (cf. figure 107, p. 558 in 14-a).

La structure de type F.I.T. (*) de l'Equateur Météorologique, inscrite dans un plan incliné, voire horizontal, est dans la plupart des cas responsable d'une stratification stérilisante marquée par un cisaillement prononcé du vent et des contrastes hygrométriques entre les deux couches superposées. Sur le sud de l'Afrique tropicale, la Confluence Inter-Océanique (C.I.O.) présente une structure semblable à celle du F.I.T. et s'avère de la même façon stérilisante. L'Axe d'Inflexion de Trajectoire (A.I.T.),

* F.I.T. : Front Inter-Tropical.

prenant le relais de l'inversion de l'alizé austral, qui pénètre sur le sud de l'Afrique occidentale en été boréal, est également responsable d'une structure et d'effets similaires.

Ce bref aperçu des conditions pluviogéniques (réduit à l'essentiel) rappelle que, l'ascendance étant la condition première de la pluviogenèse, une relation voire une explication ne peut être envisagée que dans une perspective tridimensionnelle et par une estimation de la hiérarchie des facteurs.

Cette procédure peut être suivie en dégagant les principaux types d'équations pluviogéniques rencontrées sur les littoraux de l'Afrique tropicale.

B) LES PRINCIPAUX TYPES D'EQUATIONS PLUVIOGENIQUES LITTORALES DE L'AFRIQUE TROPICALE :

— *Type tempéré méditerranéen :*

Plaçons d'emblée à part le type tempéré méditerranéen illustré par la station de Mersa Matruh (figure 5). Ici, comme sur la majeure partie de l'Europe, les précipitations concernent la période hivernale pendant laquelle le Front Polaire connaît son activité la plus intense et son déplacement le plus méridional, mais cette période coïncide exactement en ce qui concerne le potentiel précipitable au moment le plus défavorable. En été, en effet, la remontée vers le nord de la ceinture des Hautes Pressions Tropicales et son installation sur la Méditerranée interdit toute ascendance ; mais l'énergie accumulée, entraînée vers l'Afrique par l'alizé continental, s'exprime toutefois avec violence lorsque le passage d'une perturbation (généralement en fin d'été) élimine momentanément le couvercle de la subsidence.

Bien que tropicales, les stations de Port-Sudan, Massawa (figure 6), Aden et Djibouti (figure 5) présentent la même opposition de phase, plus ou moins nette, entre le potentiel disponible et les précipitations. En dépit de fortes potentialités surtout estivales, les pluies sont insignifiantes, en raison de la couverture anticyclonique hivernale ainsi que de l'inversion de l'alizé continental, de la subsidence du flux de mousson atlantique qui a franchi le relief éthiopio-somalien, et de la structure F.I.T. stérilisante en période estivale. Les seuls moments pluviogéniques moins défavorables interviennent lors des périodes intermédiaires qui permettent, les facteurs contrariaants étant alors affaiblis, aux manifestations polaires directes et dérivées de s'exprimer avec une grande modération.

— *Type associé à l'alizé maritime de type I :*

Le potentiel précipitable culmine en septembre sur le littoral boréal et en mars sur le littoral austral, mais les conditions pluviogéniques ne sont jamais très favorables, en raison de la permanence de l'inversion qui sépare une strate inférieure peu épaisse formée d'air polaire maritime plus ou moins évolué d'une strate supérieure épaisse, subsidente et sèche, dont la siccité d'origine dynamique est encore accrue par celle de l'alizé continental qui, en fin de trajectoire, vient s'intégrer à cette strate supérieure. Au-dessus du Namib, la subsidence est renforcée par le flux d'alizé continental qui dévale le Grand Escarpement. La stratification est moins

stérilisante en été, mais elle demeure encore efficace sur le littoral (cf. les données de Nwadhibou — figure 1) en raison du cisaillement avec la strate inférieure, à composante ouest, aspirée par la dépression continentale (cf. figure 144, p. 757 in 14-a).

Les utilisateurs de l'eau précipitable sont les noyaux anticycloniques qui rythment l'écoulement de l'alizé et les invasions polaires qui prolongent les pluies estivales tant que l'humidité des basses couches permet encore aux pluies d'atteindre le sol. A Sal (figure 1), à l'extrême limite des pénétrations de mousson, et surtout à Dakar (figure 2), les lignes de grains qui se développent dans la structure F.I.T. placent le maximum pluviométrique en août, c'est-à-dire un mois avant que le potentiel utilisable soit optimal.

— *Type associé à l'alizé maritime de type II :*

Sur le versant oriental de Madagascar (cf. les observations à Tamatave — figure 7, et également à Vacoas — figure 8), la température de la mer et de l'air, l'humidité spécifique et la pluie varient de façon similaire. Le maximum pluviométrique, élevé en raison des caractères de ce type d'alizé, intervient en mars, mois pendant lequel le potentiel de basses couches est maximal, tandis que le minimum de septembre-octobre s'inscrit dans la période de faible potentiel, avant l'accélération de la descente vers le sud de la ceinture des Hautes Pressions Tropicales australes. Le principal utilisateur est ici fixe, puisqu'il s'agit du relief, mais l'efficacité des utilisateurs mobiles (lignes de pulsation dans l'alizé et éventuellement cyclones) dépendant elle-même des propriétés thermodynamiques de l'alizé et notamment de l'aptitude à la turbulence de la strate inférieure, la covariation des paramètres est générale.

Ce type vérifie la conclusion de J. Bjerkness précédemment évoquée, réserve étant toutefois faite sur le terme « corrélation ». Un tel type caractérise les régions constamment soumises à un même flux (alizé de type I ou II), situées à l'écart de la migration d'une discontinuité active, les précipitations étant fonction des caractères et de la structure de ce flux pour les quantités, et de l'évolution annuelle de ses caractères pour la distribution au cours de l'année.

— *Type associé à l'intervention d'une structure active :*

— *Structure F.I.T. active :*

Les stations de Porto-Amélia, Pebane et Maintirano (cf. figure 7) présentent des analogies avec le type précédent puisque la majeure partie de l'année obéit aux mêmes conditions dictées par l'alizé maritime de type II ; elles s'en différencient toutefois par le mois du maximum de pluie qui ne coïncide pas nécessairement avec le maximum hygrométrique. Intervient en effet en décembre-janvier-février et même mars à l'aplomb de Porto-Amélia la structure F.I.T. de l'Equateur Météorologique, active parce que se dirigent vers elle deux flux également humides, la mousson malgache au nord et l'alizé maritime de type II au sud. Habituellement stérilisante, la structure F.I.T. est au contraire ici très active car elle représente un axe de concentration de la vapeur d'eau sur une épaisseur moyenne de 3 000 mètres.

A Maintirano, les pluies estivales sont moins fournies en raison de la présence écourtée de la structure F.I.T., tandis que la période hivernale est pénalisée par l'effet de foehn et la présence de la Discontinuité d'alizé secondaire sur le versant occidental (cf. figure 144-3 et 4, p. 757 in 14-a).

— *Structure Z.I.C. :*

Ce type, semblable au précédent par l'intervention d'un facteur dynamique puissant, est illustré par la station de Freetown (figure 3). Le potentiel précipitable est toute l'année important, au moins dans les basses couches, mais il n'est utilisé que lorsque la structure aérologique le permet. Au cœur de l'hiver, l'inversion d'alizé n'autorise que de faibles pluies ; la fourniture de vapeur d'eau par la mousson sur une épaisseur croissante, en liaison avec les lignes de grains associées à la structure F.I.T., élève progressivement les quantités de pluie ; le maximum estival très prononcé résulte de la présence au-dessus de la station de la structure Z.I.C. de l'Equateur Météorologique (sise dans les couches moyennes), alors que le potentiel précipitable subit un léger fléchissement.

— *Type associé au double passage de la structure Z.I.C. :*

Ce type est largement représenté par les stations d'Abidjan (figure 2), Accra, Lomé, Cotonou, Pointe-Noire (figure 3), Douala, Luanda (figure 4), Hoby, Mogadisho, Lamu (figure 6), Dar-es-Salaam (figure 8).

La translation annuelle du couloir dépressionnaire des couches moyennes, dans lequel s'inscrit la structure Z.I.C. de l'Equateur Météorologique, obéissant aux lois de la circulation générale, le passage de la Z.I.C. au-dessus d'une station peut correspondre ou ne pas correspondre à l'évolution du potentiel précipitable concentré dans les basses couches, les deux paramètres étant indépendants l'un de l'autre. Le seul lien, indirect, pouvant exister entre eux résulte du temps de réponse de la circulation générale à l'impulsion cosmique qui s'apparente à l'inertie océanique.

Le double passage de la structure Z.I.C. est responsable du régime bimodal des précipitations tandis que les facteurs régionaux ou locaux introduisent des caractères particuliers.

Sur la basse-côte de l'Afrique occidentale, la structure F.I.T. de l'Equateur Météorologique réduit les précipitations hivernales ; l'activité des lignes de grains s'accroît à l'approche de la structure Z.I.C. dont le passage dans sa translation vers le nord engendre la première saison des pluies centrée sur le mois de juin. La structure Z.I.C. poursuivant son déplacement vers le nord, la basse-côte est au cœur de l'été surmontée par l'Axe d'Inflexion de Trajectoire (A.I.T.), cisaillement situé vers 2 000 mètres entre le flux de mousson inférieur et la strate supérieure d'est de l'alizé austral ; le second passage de la structure Z.I.C. dans sa translation vers le sud est plus rapide et la seconde saison des pluies est ainsi moins prononcée. Les radio-sondages d'Abidjan (figure 2) révèlent, en ne s'en tenant qu'aux courbes du *mixing-ratio* à 1 000 mb et à 700 mb, la fourniture sensiblement unimodale de vapeur d'eau dans les basses couches et le double transfert vers les couches moyennes par les mouvements verticaux favorisés lors des passages de la structure Z.I.C.

Les différences qualitatives entre les stations sont principalement à rechercher dans les conditions locales et notamment en ce qui concerne Accra, Lomé et Cotonou, entre autres facteurs, dans l'influence du plateau Kwahu et des Monts du Togo sur la circulation de mousson et sur l'activité des noyaux anticycloniques mobiles.

A Douala (figure 4), les courbes à 1 000 mb et 700 mb (et au-delà) sont quasiment inversées, la transition se réalisant par des courbes trimodales faiblement marquées. On reconnaît les deux passages de la structure Z.I.C. tandis que « la conjonction très exceptionnelle de facteurs favorables » (J.B. Suchel - 15), notamment l'orographie et la canalisation du flux de mousson, dont l'impulsion est alors maximale, entraîne un maximum estival vigoureux.

A Pointe-Noire et à Luanda (figures 3 et 4) l'extension d'influence vers le nord de l'alizé maritime de type I entraîne une véritable saison non-pluvieuse hivernale, naturellement plus longue au sud.

Sur le littoral oriental, le premier passage de la Z.I.C. est associé à l'activité des noyaux anticycloniques mobiles qui rythment l'écoulement de l'alizé maritime, dont le flux principal rejeté au nord de Madagascar atteint l'Afrique au voisinage de l'Equateur ; cette conjonction enrichit la qualité de la première saison des pluies. Les lignes de pulsation entretiennent faiblement les apports de la période hivernale, les conditions structurales favorables s'étant dans le même temps déplacées vers le nord. Au-delà de l'Equateur, le flux d'alizé devenu mousson indienne est affecté par la divergence, une branche s'engouffrant dans l'ensellement du lac Turkana ; en outre, l'accélération du flux de mousson qui s'organise en jet de basses couches accroît la subsidence anticyclonique, tandis que se renforcent en direction du nord les effets stérilisants de la structure F.I.T. : les pluies diminuent et s'arrêtent. Le second passage de la structure Z.I.C. est rapide au cours de la translation vers le sud et la seconde saison des pluies est à peine marquée.

CONCLUSION.

Les types d'équations pluviogéniques ci-dessus reconnus le long des littoraux tropicaux africains vérifient les deux conclusions opposées citées en introduction au problème de l'interrelation : température de la mer/précipitations. Par conséquent il n'existe pas de relation directe et de portée générale entre ces deux paramètres.

En raison de la multiplicité des étapes et des facteurs qui séparent ces deux paramètres, quelle est d'ailleurs la véritable signification de la corrélation observée lorsque tous les paramètres évoluent de la même manière ? Certes, d'un point de vue statistique, un coefficient (« indice statistique indiquant le degré de liaison entre deux variables ») peut être dégagé, mais de quelle façon renseigne-t-il sur la logique des phénomènes ? En cas de covariation générale, la prise en compte de deux variables, si éloignées dans l'enchaînement des phénomènes, revient en fait à créer une sorte de « raccourci », mais cela équivaut à « court-circuiter le raisonnement » puisque le sens de la corrélation causale n'est pas précisé.

Dans le processus qui conduit à la précipitation, interviennent en effet des facteurs aérologiques puissants qui possèdent dans l'échelle des

phénomènes une importance beaucoup plus considérable car, indépendamment des potentialités réunies, ce sont eux qui décident de leur mise en œuvre.

Est-ce à dire cependant que le facteur hydrologique marin s'avère sans importance réelle ? Certes non. Mais dans le binôme apport-réponse qui commande à toutes échelles les phénomènes climatiques et notamment l'efficacité des perturbations, la qualité du potentiel précipitable fait partie de la réponse tropicale, et en constitue une composante, comme la structure de la troposphère qui favorise son utilisation, ou qui l'interdit. Une relation entre divers paramètres ne peut donc être établie qu'en restituant les étapes logiques du processus et en estimant l'importance respective réelle des différents facteurs dans l'échelle des phénomènes (cf. figure 31, p. 186 in 14-a).

Après une surestimation du facteur hydrologique marin (*), aboutissons-nous à l'inverse à une sous-estimation ?

L'importance supposée résulte-t-elle du désir, légitime, des océanologues de privilégier leur discipline, ou bien plutôt de la tentation des climatologues ou météorologues de saisir, faute d'appréhension globale des phénomènes, l'explication la plus apparente ou la plus immédiate ? Ou bien cette situation résulte-t-elle simplement, soit d'étapes de la recherche propagées par une « généralisation abusive », soit de recherches sectorielles ?

Remarquons par exemple que E. Palmen (3), s'il met en exergue la température de la mer dans la cyclogenèse, n'évoque par contre pas la structure qui offre les conditions optimales aux mouvements verticaux : la structure Z.I.C. ou la structure F.I.T. active de l'Equateur Météorologique, dans lesquelles se développent les cyclones tropicaux ; de la même façon, l'étude de Y. Gallardo (16) consacrée à la « corrélation température de surface-météorologie » pour les stations d'Abidjan et de Pointe-Noire ne fait aucune référence à la structure aérologique de l'Afrique tropicale.

Une réponse à ce débat, par l'établissement d'équations pluviogéniques complètes, ne pourra ainsi être trouvée que par l'intégration des connaissances hydrologiques et météorologiques. Ce colloque interdisciplinaire vient donc à point nommé.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. BJERKNES (J.) — « Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific » - *M.W.R.* Vol. 97 n° 3 - 1969 - pp. 163-172.
2. DOROT (M.) — « Contribution à l'étude des interactions océan-atmosphère sur les côtes de l'Ouest africain » - *PDEM* n° 24 - ASECNA-ORSTOM - Dakar 1973
3. PALMEN (E.) — « On the formation and structure of tropical hurricanes » - *Geophysica* Vol. 3 - 1948 - pp. 26-38.

* « Les auteurs ont discuté l'importance de l'effet stabilisant des eaux froides dans l'existence des déserts brumeux. Cette importance ne fait aucun doute ». (P. Pagney - 17). Remarquons que les îles du Cap-Vert, marginales par rapport à l'*upwelling*, sont moins arrosées que le continent à latitude égale, à cause, essentiellement, de l'inversion de subsidence. Il convient de distinguer ainsi les facteurs de « l'existence » d'une part, et les conséquences et caractères induits d'autre part, qui n'appartiennent pas à la même échelle. Les exemples des îles d'Ascension et de Sainte-Hélène, en plein océan et sans *upwelling*, révèlent de la même façon cette évidence.

4. CAROFF (Y.) — « Zones climatiques au Gabon » - *NTI* n° 34 - ASECNA Dakar 1970.
5. Les cartes de circulation et de température marine sont principalement établies à partir de : SVERDRUP (H.O.), JOHNSON (M.W.), FLEMING (R.H.) « *The oceans, their physics, chemistry and general biology* » Prentice H. 1942 - LONGHURST (A.) « *A review of the oceanography of the Gulf of Guinea* » Bull. IFAN 24 n° 3 série A, Dakar 1962 - BERRIT (G.R.) « Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée » *Cah. Océan.* n° 14 1962 - « Hydroclimats de l'Atlant. tropical oriental » *Met. Mar.* n° 92, 1976 - LEMASSON (L.), REBERT (J.P.) « Les courants marins dans le golfe ivoirien » « *Cahiers ORSTOM* » série Océan. vol. 11 n° 1, CRO Abidjan 1973 - GUILCHER (A.) « *Précis d'hydrologie marine et continentale* » Masson 1965 - DIETRICH (G.), UBRICH (J.) « *Atlas zur ozeanographie* » Bibl. Inst. Mannh. 1969.
6. WOOSTER (W.S.) — BAKUN (A.), Mc LAIN (D.R.) - « The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic » - *J. Mar. Res.* Vol. 34 n° 2 - 1976 - pp. 131-141.
7. HOEBER (H.) — « Measurements in the atmospheric layer above the tropical Atlantic » - *Weather* Vol. 25 n° 9 - 1970 - pp. 419-424.
8. LAMBERGEON (D.) — « Relation entre les pluies et les pressions en Afrique occidentale », *PDEM* n° 57, ASECNA, Dakar 1977.
9. GIRAUD (J.) — « Cycles et pseudo-cycles - Recherches et applications aux paramètres météorologiques de l'Afrique intertropicale » - Th. Ing. Mét. Dakar Paris 1977.
10. DIOP (R.) — « Etude de la corrélation entre l'eau précipitable et l'eau précipitée au Cap-Vert (Sénégal) durant l'hivernage 1974 » - Dép. Mét. IUT Dakar 1975.
11. TUNNEL (G.A.) — « World distribution of atmospheric water vapor pressure » - *Met. Off. Geop Mem* Vol 12 n° 100 London 1960.
12. BANNON (J.K.) — STEELE (L.P.) - « Average water vapour content of the air » *Geop Mem* n° 102 Vol. 13 n° 2 *Met. Off. Lond.* 1960.
13. TULLER (S.E.) — « World distribution of mean monthly and annual precipitable water » - *M.W.R.* Vol. 96 n° 11 1968.
14. LEROUX (M.) a. « *Le climat de l'Afrique tropicale* » - Th. Doc. Etat 3 tomes 1 437 pages, 353 fig.
b. « *Atlas climatologique de l'Afrique tropicale* » - 250 cartes - Dakar-1980, à paraître.
15. SUCHEL (J.B.) — « La répartition des pluies et les régimes pluviométriques au Cameroun » - *CEGET Trav. et Doc. Géog. Trop.* n° 5 - Bordeaux 1972.
16. GALLARDO (Y.) — « Hydrometeorological relationships on the coast of the gulf of Guinea - 2. correlations surface temperature-meteorology » - Appendix Annex A in Draft report of the planning meeting for the West African Monsoon Experiment (WAMEX) WMO Dakar Geneva 1976.
17. PAGNEY (P.) — « *Les climats de la Terre* » - Masson 1976 - p. 101.

RÉSUMÉ

L'observation révèle qu'il n'y a pas de relation simple et directe entre les températures de la mer et les précipitations littorales. L'enchaînement des processus qui conduisent à la précipitation montre par contre qu'il existe des équations pluviogéniques différentes dictées par des conditions structurales spécifiquement tropicales.

ABSTRACT

Sea surface temperature and rain along the tropical african coast

The observations indicate that there is no simple and direct relation between sea temperature and littoral rainfall. However, the sequence of processes that determines rain shows the existence of different rainy equations depending on specifically tropical structural conditions.