

RECHERCHES SUR LE CLIMAT DE TOLAGNARO

(ex-FORT-DAUPHIN) (Extrême Sud de Madagascar)

par
S. RATSI VALAKA - RANDRIAMANGA (*)

Située par 25°02'S et 47°E, à une altitude de 9 m, la ville de Tolagnaro (ex-Fort-Dauphin) se trouve à la limite méridionale de la zone tropicale australe dans une position de station au vent sur une côte orientale. Son arrière-pays est formé par une plaine littorale assez étroite dominée par les dernières montagnes de la chaîne anosyenne. La disposition du relief l'expose fortement à l'alizé et favorise la formation des pluies d'origine orographique observées fréquemment aux alentours de la station. La côte est bordée par les eaux chaudes de la branche méridionale du courant sud-équatorial indien qui cède ses caractéristiques aux masses d'air qui le surmontent. C'est dans ce cadre que se situe l'aire du climat local de Tolagnaro.

I. LA CIRCULATION GENERALE

1) Les centres d'action (Fig. 1)

Centré en moyenne entre 29°S et 32°S, *l'anticyclone du Sud-Ouest de l'Océan Indien* (ou anticyclone des Mascareignes) est une cellule permanente intégrée dans la ceinture des hautes pressions subtropicales. Il fluctue sans arrêt selon un axe NW-SE et détermine la circulation d'est. Il influence le temps tout au long de l'année et détermine des vents forts à modérés de dominante NE : l'alizé.

Moins puissant et moins persistant, *l'anticyclone mobile méridional* fait suite au passage d'une perturbation frontale d'origine polaire. Il occasionne des vents de composante sud.

Les *perturbations méridionales d'origine polaire*, liées à des fronts, résultent des ondulations du front polaire austral et se déplacent en familles de plusieurs membres, séparés par de petites cellules anticycloniques. C'est en général le dernier et plus jeune membre de la famille qui descend le plus bas en latitude. Le front qui lui est associé balaie sur son passage l'Afrique du Sud, la partie méridionale du Canal de Mozambique puis le Sud malgache. Ces passages frontaux ont lieu toute l'année mais ils sont très rapides. En été, ils durent deux ou trois jours en moyenne (sept au maximum) et ne reviennent qu'après intervalle minimum d'une quinzaine de jours ; en saison fraîche, leur passage est mieux marqué et peut influencer le temps pendant deux semaines ; ils sont d'ailleurs beaucoup plus rapprochés.

(*) Maître-assistant à l'Uer de Géographie de l'Université de Tananarive.

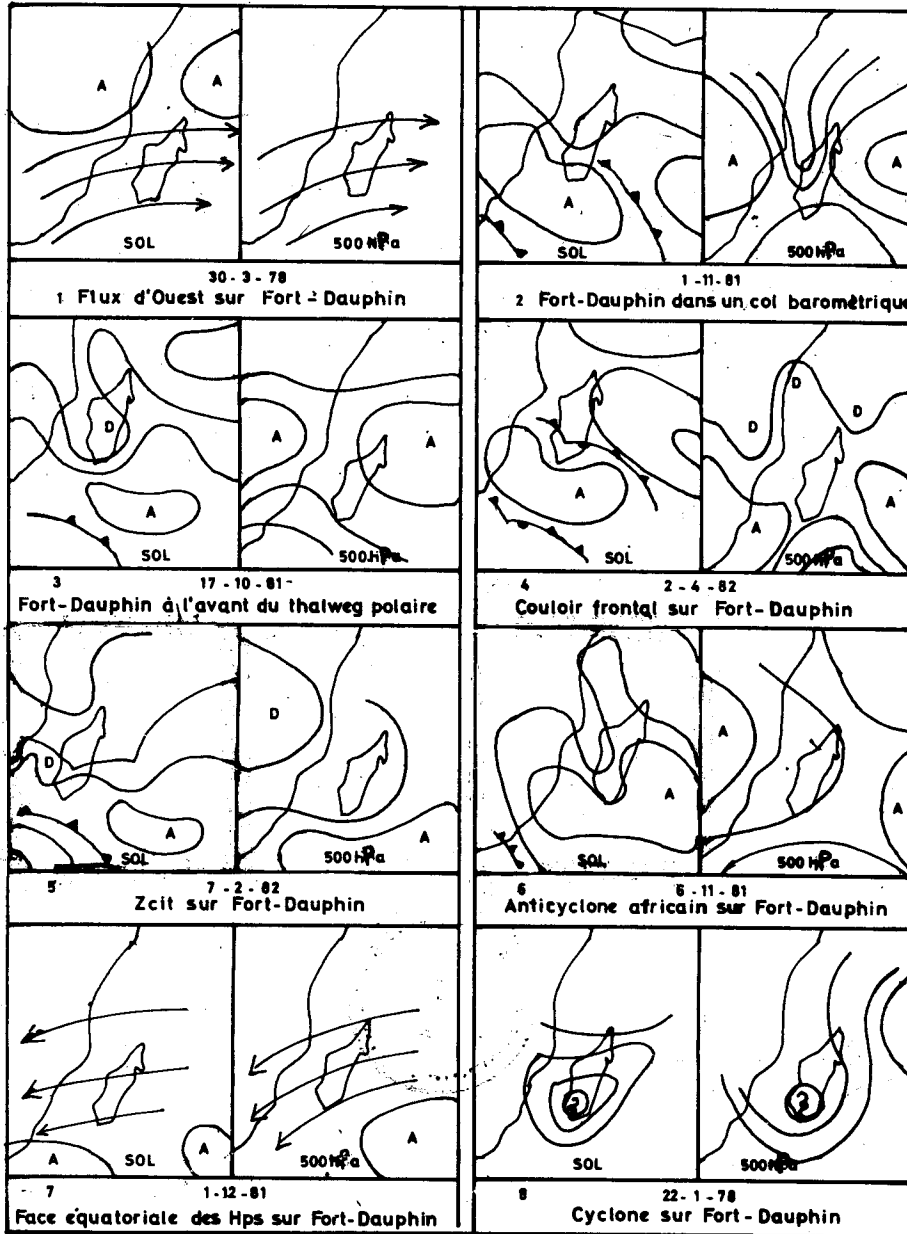


Fig LES FIGURES ISOBARIQUES DE SURFACE ET EN ALTITUDE AU DESSUS DE FORT-DAUPHIN

Des *basses pressions d'origine thermo-dynamique* peuvent se former en été aux heures chaudes de la journée sur le Canal de Mozambique et empiéter sur le Sud malgache.

Les *cyclones tropicaux* surviennent en saison chaude mais beaucoup plus rarement que sur les autres régions côtières de Madagascar. Certains naissent aux environs des Chagos, abordent Madagascar entre Antalaha et Vohemar ou, infléchissant leur trajectoire, remontent en mer jusqu'aux environs de Tolagnaro en longeant la côte est. D'autres naissent vers les Mascareignes et, se dirigeant vers l'ouest, n'infléchissent leur trajectoire qu'aux environs de Tolagnaro. Enfin, certains sont originaires du Canal de Mozambique et pénètrent dans l'île par les côtes occidentales pour ressortir, s'ils en ont la force, par la côte orientale aux environs de notre station.

Notons enfin, pour être complet, l'existence accidentelle de *dépressions d'origine dynamique* dans le sud-est.

2) La circulation atmosphérique

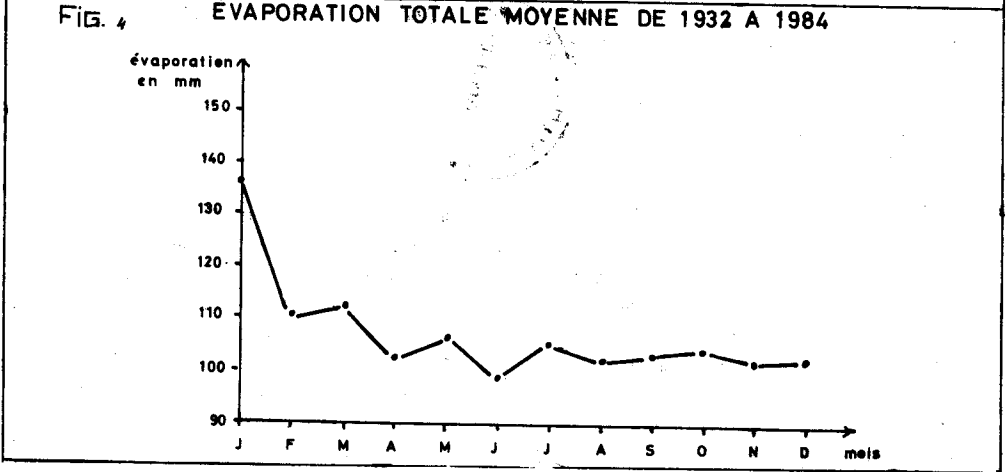
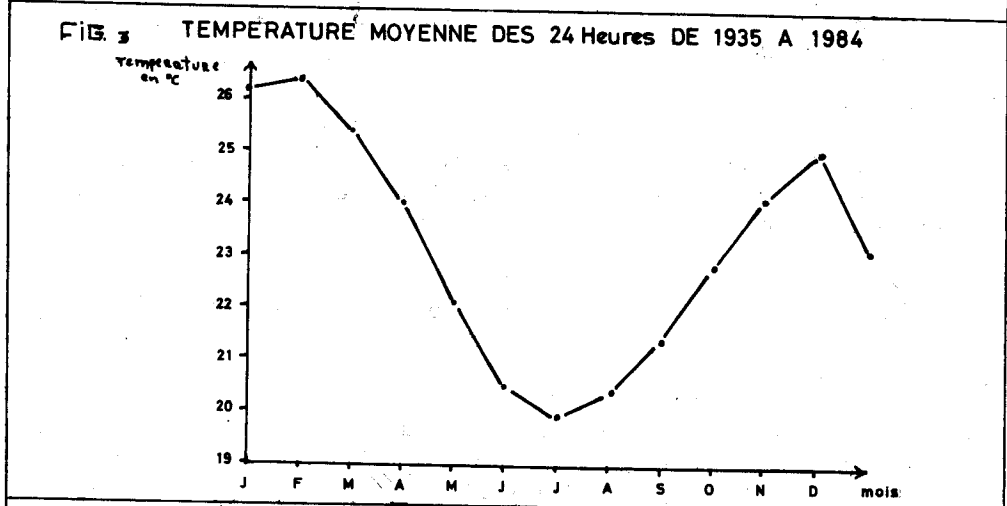
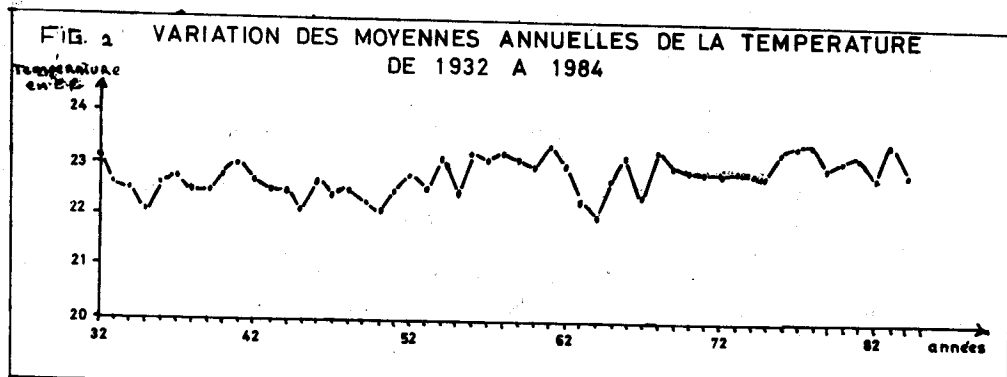
Dans les *basses couches*, la circulation est essentiellement zonale. Elle est en liaison avec le balancement ouest-est des deux cellules anticycloniques indienne et méridionale qui influencent le temps l'une après l'autre tout au long de l'année. Mais elle peut prendre une orientation méridienne lors du passage des dépressions frontales méridionales.

En *altitude*, la circulation est commandée par la fluctuation de la ceinture des hautes pressions subtropicales et l'invasion de talwegs polaires. En été, la ceinture anticyclonique glisse vers le sud tandis que les basses pressions équatoriales atteignent les latitudes septentrionales malgaches ; en hiver, elle s'intègre dans la vaste zone des hautes pressions qui couvre l'Afrique du Sud mais, décalée vers le nord-est, elle laisse place dans le sud de l'île au passage de talwegs d'altitude. Ces derniers sont surmontés à très haute altitude par les rejets du jet stream subtropical. Les courants d'ouest coiffent la plupart du temps la station dès 700 hPa tandis que les courants d'est se localisent dans les basses couches.

II. LES ELEMENTS DU CLIMAT (Fig. 9)

1) Les précipitations

Le *régime pluviométrique* montre qu'aucun mois de l'année n'est vraiment sec (maximum en mars : 215,1 mm ; minimum en septembre : 74,0 mm) bien que l'on puisse distinguer une saison pluvieuse (de septembre à juin avec maximum en janvier, février et mars) et une saison « sèche ». Il y a en moyenne 139 jours de pluie dans l'année (maximum en mars : 16 ; minimum en septembre : 9 ; moyenne : 10 jours par mois). Les jours recevant plus de 100 mm d'eau sont rares (ils sont au coeur de la saison pluvieuse) ; ceux à plus de 50 mm ne concernent que janvier, février et mars. Dans l'ensemble, les jours de pluie reçoivent 20 mm au maximum et, quelle que soit la saison, les jours de pluie recevant moins de 5 mm dominent.



La *variabilité interannuelle* est grande. La lame d'eau moyenne oscille entre 1 000 et 2 000 mm par an (minimum en 1962 : 956,6 mm ; maximum en 1972 : 2 899,5 mm). Les années exceptionnelles à plus de 2 000 mm sont : 1928, 1961, 1967, 1972, 1973 et 1982. La période d'avant 1929 fut à tendance humide ; celle de 1929 à 1963 fut de tendance sèche (surtout les années 1940 à 1949 avec le creux le plus marqué en 1942 puis, au-delà : 1956, 1962, 1963) ; de 1964 à 1973 s'est retrouvée la tendance humide ; depuis, la tendance est à la sécheresse. Le régime est normalement marqué par des périodes sèches à raison d'une année sèche une fois sur deux entre 1925 et 1963 et à raison d'une année sèche tous les trois ans entre 1974 et 1985. Les années de grande pluviosité sont rares et n'apparaissent qu'une fois tous les neuf ou dix ans.

Grande est aussi la *variabilité interannuelle des jours de pluie*. L'année du minimum (1926) compte seulement 75 jours de pluie (déficit de 174,7 mm par rapport à la normale) ; celle du maximum (1965) en a compté 205 (excédent de 246,5 mm). La nature des pluies et leurs apports sont liés : les excédents peuvent s'expliquer par les abats exceptionnels dus aux cyclones tandis que des pluies fines et persistantes peuvent gonfler le nombre de jours pluvieux sans retentir sur la quantité d'eau tombée.

Ce régime pluviométrique relève du type subéquatorial de façade orientale des continents à saisons contrastées. Il s'explique par les centres d'action : en hiver austral, la ceinture des hautes pressions se rapproche de l'équateur et le flux d'alizé domine. Le temps reste relativement sec, l'alizé n'apportant que de rares pluies d'origine orographique sur la côte orientale malgache. En été, les hautes pressions occupent une position plus méridionale, les basses pressions équatoriales atteignent les latitudes malgaches ; un air chaud, humide, instable favorise les pluies. Les années à tendance sèche sont dues à des types de temps hivernaux qui persistent en été. Les années de tendance humide sont le fait avant tout des cyclones tropicaux. Quant aux pluies d'origine frontale, même lorsqu'elles durent plusieurs jours de suite, elles n'apportent que des quantités d'eau minimes.

2) Pression et vents

Les maxima de *pression* ont lieu en saison fraîche, juillet surtout, les minima en saison chaude, janvier principalement. Mais l'amplitude reste faible tout au long de l'année. On observe la classique marée barométrique.

Quel que soit le mois, le vent dominant est l'*alizé* de secteur est à nord-est au sol. Il est surmonté par un courant d'ouest. Il est très épais et actif de décembre à mars. Il est modéré à fort en janvier et février, nettement modéré en mars-avril, faible en mai-juin, se renforçant à partir de juillet pour atteindre son maximum de force en septembre-octobre avant de faiblir quelque peu. De ce fait, Tolagnaro est caractérisé par sept mois de vent fort à modéré (d'août à février) ; en septembre et octobre, la vitesse dépasse 20 km/h) et cinq mois de vent modéré à faible. Ce

rythme permet de distinguer entre les deux saisons thermo-pluviométriques classiques (été pluvieux, « hiver » sec) une intersaison définie par le vent de la mi-août à la mi-novembre au cours de laquelle l'alizé souffle fortement de nord-est.

Le *tsioky atsimo* est un vent occasionnel spécifique des régions méridionales malgaches, de composante sud, annoncé par la rotation de l'alizé vers des directions nord à ouest quand arrive sur Tolagnaro une perturbation d'origine polaire. Aussi est-il fréquent en juin et juillet, époque où ces perturbations sont nombreuses et fréquentes. C'est un vent frais, se renforçant sous l'influence de l'anticyclone mobile, doté d'un fort pouvoir desséchant.

La *brise de mer* se lève vers 6 ou 7 heures, s'amplifie, progressivement ou par à-coups dans la matinée surtout à partir de 10 heures environ et s'installe nettement en fin d'après-midi pour atteindre son maximum aux heures les plus chaudes avant de décroître. Sa vitesse varie de quelques kilomètres par heure à 30 km/h mais elle peut varier considérablement au cours de la même journée. En moyenne, elle souffle entre 10 et 20 km/h dans 62,5 % des cas. Les vitesses les plus fortes s'observent en saison chaude mais les maxima se produisent vers septembre-octobre quand elle se conjugue avec l'alizé ou qu'elle est renforcée par une dépression thermo-dynamique creusée à l'intérieur des terres qui accentue le gradient de pression. C'est dans ces conditions que le record de vitesse a été enregistré le 3 février 1982 avec 76 km/h. En hiver, la brise de mer, parfois inexistante, dépasse rarement 20 km/h. Sa direction moyenne est ENE (celle de la brise de terre est NNW). Son rôle est notable. Elle renforce l'action de l'alizé (alors que la brise de terre le contrarie) ; elle adoucit les températures les plus chaudes de la journée. Mais c'est un vent peu épais (moins de 300 m) ne pénétrant que sur une dizaine de kilomètres à l'intérieur des terres.

3) Température et autres éléments du climat

La *température* reste élevée toute l'année (moyenne annuelle : 23°1C) mais deux saisons caractérisent le rythme thermique : de novembre à avril c'est la saison chaude (février : 26°4C ; janvier : 26°1C) ; de mai à octobre c'est la saison fraîche (juillet : 19°9C). L'amplitude est faible (6°5C), de même que l'écart entre le maximum moyen (30°C) et le minimum moyen (6°5C) ou entre le maximum absolu (décembre 1984 : 35°8C) et le minimum absolu (7°6C en juillet 1975). L'amplitude diurne moyenne est de 5°5C, légèrement plus forte en saison fraîche (pouvant atteindre 6°1C en septembre), plus faible en saison fraîche (5°1C en février). Tous ces caractères sont ceux d'un climat tropical maritime s'expliquant par la position latitudinale et la position côtière de la station.

L'*évaporation* totale moyenne est égale à 1 313,3 mm, maximale en octobre, minimale en juin. On distingue quatre mois de faible évaporation d'avril à juillet et huit mois de forte évaporation d'août à mars. Elle est plus intense par période de grand vent.

L'*ensoleillement* est maximum d'août à février (maximum en octobre), plus faible de mars à juillet (minimum en juillet) mais reste supérieur à celui de toutes les autres stations littorales de l'Est malgache.

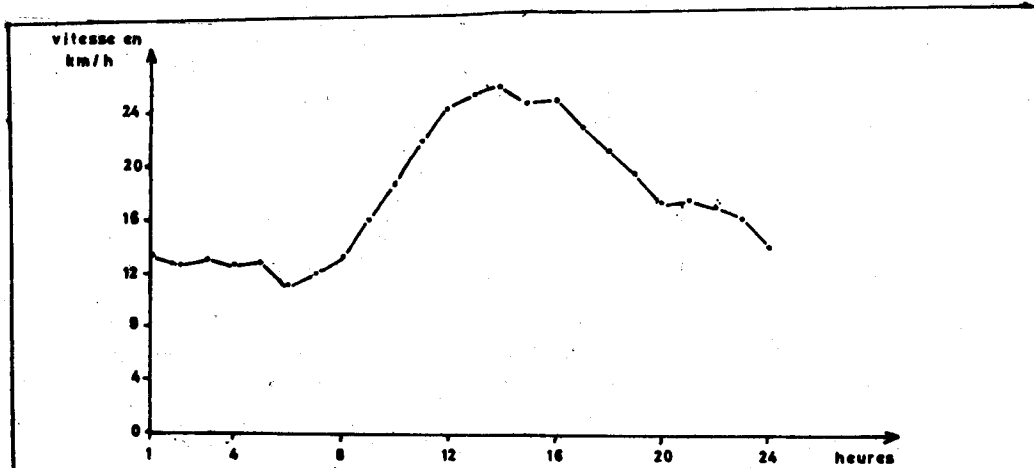


FIG. 6 VARIATION DIURNE DE LA BRISE MARINE 1975 - 1984

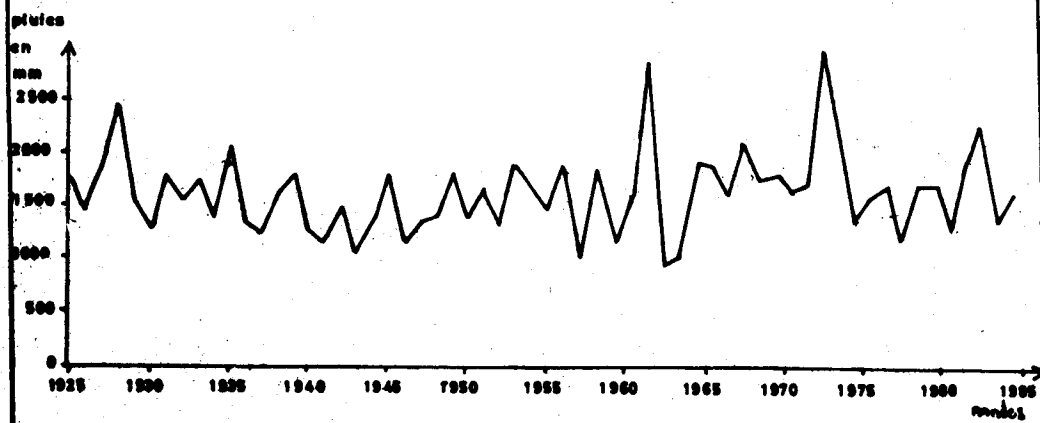


FIG. 7 VARIATION DES LAMES D'EAU ANNUELLE DE 1925 A 1985

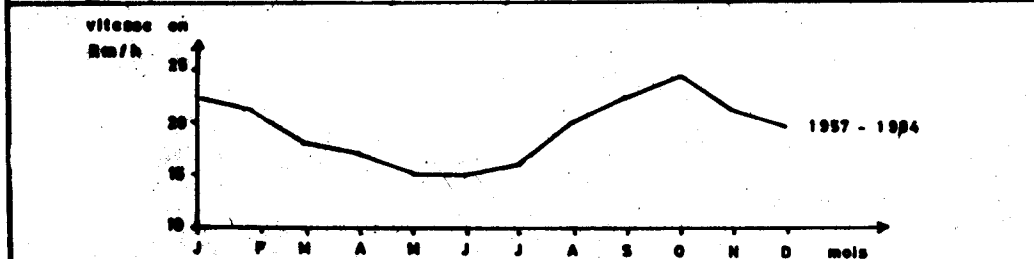


FIG. 7 MOYENNES MENSUELLES DES VITESSES MOYENNES DU VENT EN 24 Heures et en Km/h

L' *humidité* est en moyenne élevée en saison chaude, basse en saison fraîche mais en fait varie peu dans l'année, plus faible le jour que la nuit (pluies nocturnes).

La *couverture nuageuse* est liée à la température et au degré hygrométrique de l'air. La nébulosité est forte pendant les mois de saison chaude, plus faible le reste du temps. Le ciel se couvre généralement en fin d'après-midi, aux heures chaudes et des nuages se forment par convection thermique.

4) Les conditions bioclimatiques (Fig. 10)

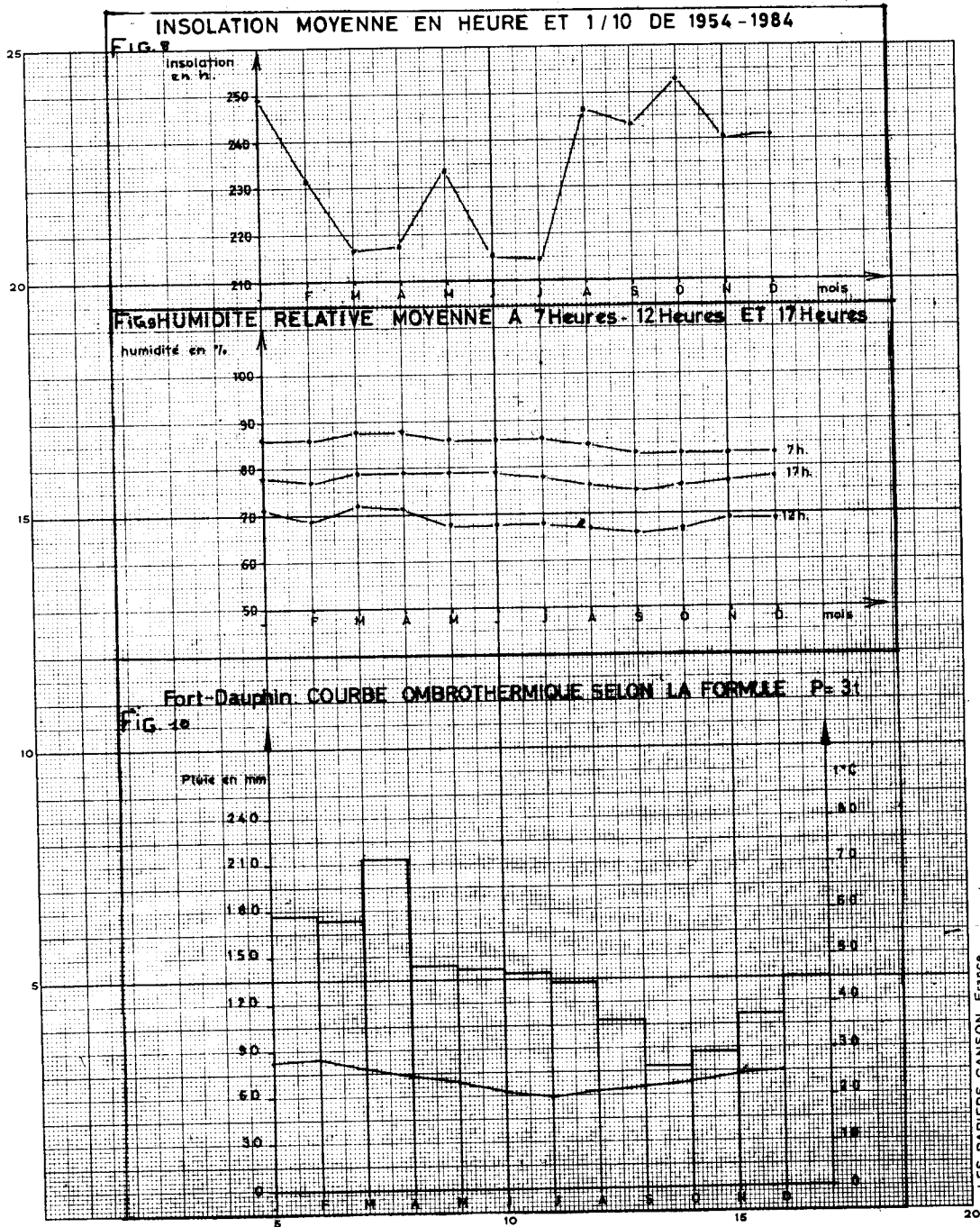
L'indice d'aridité de de Martonne, le quotient pluviométrique d'Emberger, l'indice xérothermique de Gaussen, le bilan climatique global, concourent à confirmer le caractère humide du climat de Tolagnaro. L'indice issu de la formule $P = 2t$ (Gaussen) montre bien qu'aucun mois de l'année n'est véritablement sec. Cependant l'étude du bilan hydrique apporte des nuances : il existe un excédent d'eau dans le sol de janvier à mars ; la vidange commence en avril, se poursuit jusqu'en juillet ; la réserve utile est elle-même vidangée de septembre à novembre : c'est la période de sécheresse agro-climatique en attendant la recharge qui commence en décembre. Un déficit hydrique qui se prolongerait au-delà de décembre par suite d'un retard dans l'arrivée des pluies d'été, serait néfaste à la végétation et aux cultures.

III. LES TYPES DE TEMPS

1) Les masses d'air

L'étude des radiosondages permet de conclure à l'existence de trois types de masses d'air influençant le temps de Tolagnaro. La *masse d'air indienne* T_m charriée par l'alizé est chaude et humide dans ses basses couches mais présente le plus souvent une couche d'inversion située vers 850 hPa en octobre, plus haute en janvier-février puis de juillet à septembre. Cette couche est moins épaisse en avril, mai et juin. Au-dessus de cette couche, l'air est sec et stable. La *masse d'air Pm* qui arrive fortement dégénérée est amenée par les perturbations frontales méridionales. Son évolution maritime l'a rendue instable et convective ; elle s'est fortement réchauffée au-dessus du Canal de Mozambique en descendant vers les basses latitudes. Elle est nettement plus humide que le Pm indien. La troisième masse d'air est *d'origine équatoriale*. C'est la plus chaude des trois, la plus instable aussi mais elle n'entre en jeu qu'en saison chaude (surtout en février) mais même rarement en cette saison, n'intervenant qu'épisodiquement, par intermittence, contrairement aux deux autres qui se succèdent à longueur d'année.

Dans l'ensemble, ces masses d'air sont chaudes d'octobre à avril (février étant le mois où leur température potentielle est la plus élevée), plus fraîche de la mi-avril à la fin septembre (minimum en août). Toutes ont une couche humide et plus ou moins instable au moins en surface. Leur humidité s'accroît dans les trois premiers mois de l'année puis s'atténue et les masses d'air sont véritablement sèches de juin à septembre. L'instabilité s'affirme à partir de décembre, persiste jusqu'en mars, diminue à partir de la mi-avril.



LES PAPIERS CANSON France

2) Types de temps associés aux passages des dépressions frontales (Fig. 11 à 13)

On peut distinguer quatre phases.

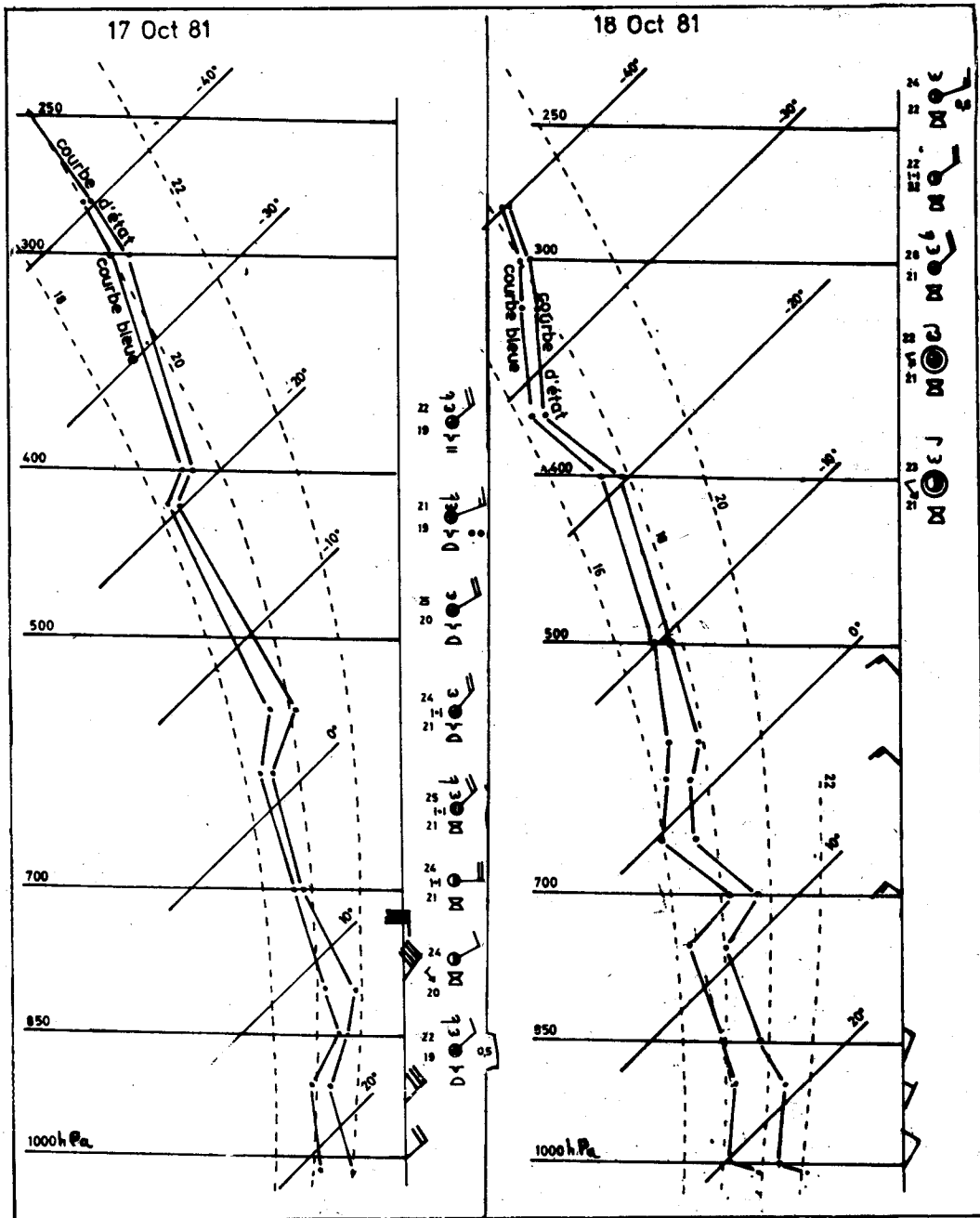
- *Phase I* : la perturbation localisée en Afrique du Sud est encore éloignée de Tolagnaro. La situation isobarique correspondante est un centre de hautes pressions sur le Sud malgache dans 85 % des cas. L'alizé de NE souffle avec une force moyenne de 20 kt. Le temps est sec dans 75 % des cas, le ciel en partie couvert, les pluies de type orographique. C'est la phase pré-frontale.

- *Phase II* : la perturbation localisée sur le Canal de Mozambique s'approche de Tulear. De basses pressions existent en surface surmontée par de hautes pressions, généralement celles de l'anticyclone de l'Océan Indien d'altitude qui a glissé vers l'est. Cette phase est caractérisée par un ciel très couvert (à 100 % par des stratocumulus) et un vent de secteur est surmonté en altitude par un flux d'ouest. L'air chaud et humide de surface est coiffé par un air potentiellement chaud, humide et instable en altitude. Le temps reste sec généralement mais peut devenir pluvieux quand la nébulosité s'accroît et quand l'air est saturé dans les basses couches. Les pluies restent cependant de type orographique. En fait, pour Tolagnaro, cette phase est encore pré-frontale. Au fur et à mesure que s'approche la perturbation, si la température reste chaude, le degré hygrométrique croît, le ciel se couvre davantage avec apparition de nuages cumuliformes et le vent amorce sa rotation vers les directions ouest.

- *Phase III* : la perturbation se localise sur Tolagnaro. Comme dans la phase précédente, un centre de basses pressions existe en surface surmonté par de hautes pressions, les premières d'origine thermique. Le vent souffle avec une force moins grande par rapport à la phase précédente (10 kt) et est surmonté par le flux d'ouest. La température baisse. La tendance pluvieuse et orageuse s'accroît. Les pluies sont de nature frontale cette fois ; leur importance est liée à l'importance de la couverture nuageuse et surtout à l'ampleur de l'effet convectif dans une masse d'air humide et instable ; elles sont généralement continues. Cette phase correspondrait au passage concret d'un front mais l'étude montre que les vrais passages frontaux sont rares et que la plupart du temps les masses d'air en présence ne sont pas suffisamment différenciées. Les vrais passages frontaux ne se manifestent qu'assez loin de Tolagnaro qui, en fait, n'en ressent que des effets indirects et atténués.

- *Phase IV* : la perturbation est passée et se situe au sud-est et c'est le retour à un système anticyclonique dans 75 % des cas, que les hautes pressions de surface soient coiffées d'un talweg polaire ou par l'anticyclone de l'Océan Indien. Quand l'anticyclone mobile qui suit la perturbation glisse sur Tolagnaro, deux cas peuvent apparaître en fonction de cette superposition. Dans le premier cas, le ciel est très couvert ; le vent de SE de force faible à modéré est surmonté par un flux d'ouest ; la température reste assez fraîche, l'humidité relativement forte ; le temps est pluvieux, parfois orageux ; les phénomènes convectifs peuvent se manifester car

FIG. 14 RADIOSONDAGES DE FORT - DAUPHIN A 00.00TU



les caractères frontaux n'ont pas encore entièrement disparu. L'advection d'air froid en altitude engendre des pluies. Dans le second cas, le temps est plus sec, la température chaude, le vent de secteur NE de force plus grande. Des nuages cumuliformes parsèment le ciel. L'air est instable sur une faible épaisseur en surface et potentiellement froid en altitude.

Cette phase IV tend à ressembler à la phase I à la fois dans ses caractéristiques isobariques et météorologiques. La différence réside dans la nature des centres d'action qui coiffent la station : anticyclone indien pour la phase I, anticyclone méridional pour la phase IV. Cette phase peut être appelée post-frontale.

3) Types de temps anticycloniques

Ce sont les types de temps d'alizé commandés par l'existence des hautes pressions établies à l'est de Madagascar ou encore par un anticyclone mobile méridional. Ils se différencient par la force de leur vent.

- le temps d'alizé actif est caractérisé par des vents forts. C'est celui des phases I et IV du passage des dépressions frontales méridionales ou celui dû à la présence d'une ceinture anticyclonique coiffant la station. L'anticyclone de l'Océan Indien domine la situation en surface comme en altitude. Un alizé, fort à modéré, souffle de nord-est. Le temps est sec, chaud et clair bien qu'il puisse exister quelques stratocumulus et quelques cumulus de beau temps. Ce temps venteux peut être accompagné de quelques pluies en fin d'après-midi, pluies de convection dues à la convergence de l'alizé et de la brise de mer. La masse d'air qui baigne Tolagnaro est humide, moins cependant que celle qui caractérise les perturbations frontales méridionales.

- Le temps d'alizé modéré est lié à la phase II du passage des dépressions frontales méridionales. L'anticyclone de l'Océan Indien s'est retiré vers l'est et n'influence plus que faiblement le temps sur Tolagnaro. Le ciel d'abord clair se couvre peu à peu de nuagés bas et cumuliformes. Le vent dominant est de nord-est. Sa force diminue au fur et à mesure que l'anticyclone de l'Océan Indien se retire au-delà des côtes malgaches. La masse d'air est humide en surface, sèche en altitude, instable dans les basses couches, stable plus haut, une couche d'inversion faisant la séparation. Quand cette couche d'inversion est épaisse, le temps peut être pluvieux.

4) Les types de temps dépressionnaires

a) **Les temps pluvieux de saison chaude** : ils sont dus à une situation dépressionnaire liée aux basses pressions équatoriales ou à l'influence de la Zcit.

- Ceinture anticyclonique au sud de Tolagnaro : c'est une situation typique de janvier caractérisée par un centre d'action dynamique. Tolagnaro est coiffée en altitude par une masse d'air de type équatorial due à la présence de Zcit remontée aux limites méridionales de sa zone de fluctuation sur Madagascar, soit vers 24°S.

Fig. 12 RADIOSONDAGES DE FORT-DAUPHIN A 00 00 TU

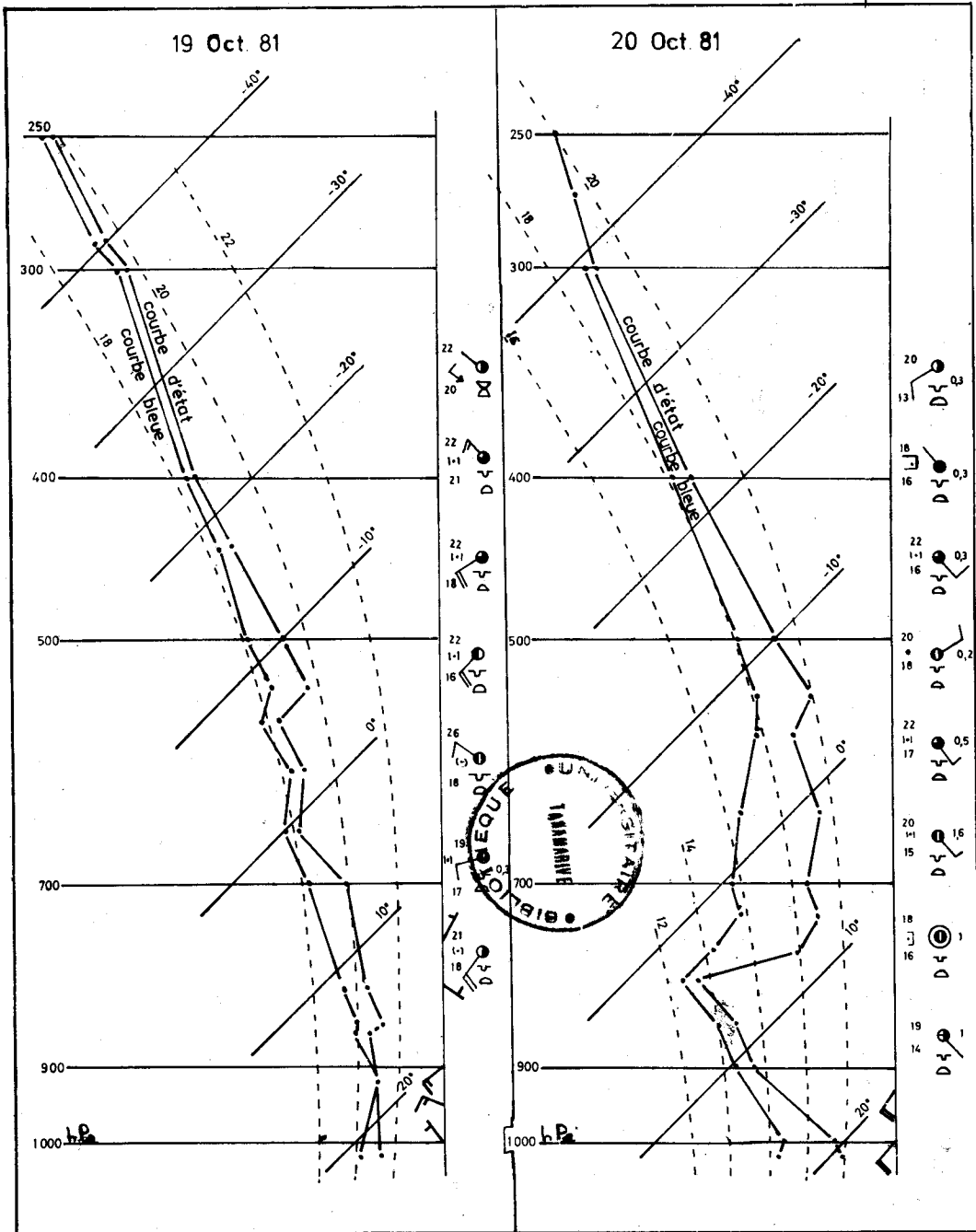
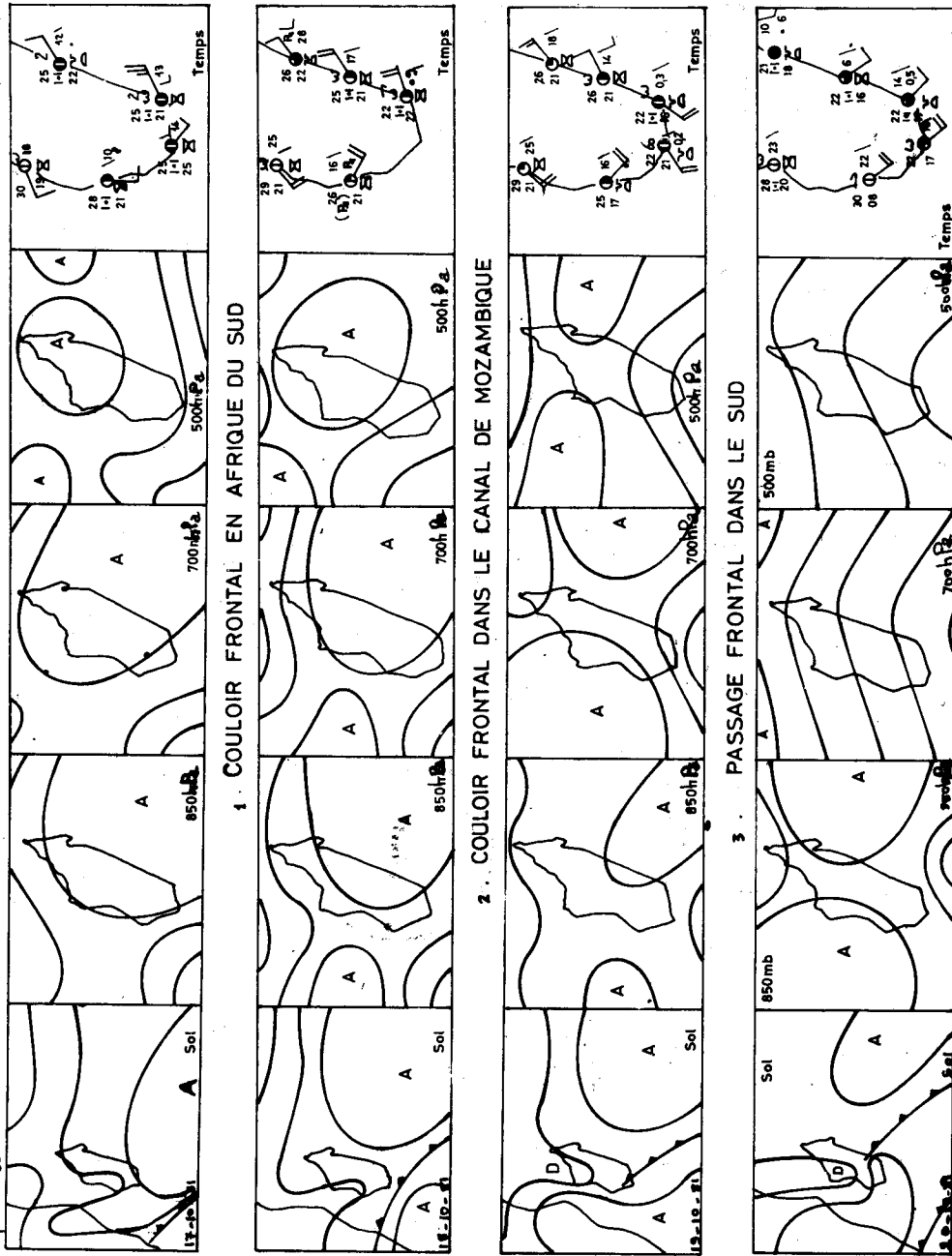


FIG. 13 LES DIVERSES PHASES D'UN PASSAGE FRONTAL DU SUD A MADAGASCAR



Cette situation est à l'origine d'un temps pluvieux et orageux car la Zcit agit indirectement sur la station. Le ciel est très couvert par des nuages à grand développement vertical. Le vent est fort. C'est l'alizé qui souffle de nord-est. En altitude, la masse d'air est relativement chaude, humide et instable ; elle est de type Tm.

- Couloir dépressionnaire : dans le couloir dépressionnaire est une situation liée à un centre d'action d'origine polaire rattachée au centre d'action de la zone tropicale plus ou moins séparée par un col barométrique. Le temps peut être plus ou moins sec ou plus ou moins pluvieux selon le centre d'action qui prédomine et la masse d'air qui baigne la station. Dans le cas d'une zone de basse pression, la situation est mixte en altitude, le temps est pluvieux, le ciel très couvert par des cumulonimbus, le vent de sud-ouest fort à modéré, l'air humide. Les pluies sont dues à la forte instabilité de la masse d'air de type équatorial ou liées au front.

b) Temps de cyclone tropical

L'évolution d'un cyclone tropical à proximité plus ou moins grande de Tolagnaro se traduit en surface comme en altitude par une situation dépressionnaire à tous les niveaux dans 60 % des cas. Le temps est pluvieux à Tolagnaro comme dans ses environs et les chutes de pluie sont fortes. Elles tombent sous forme d'averses de plus en plus rapprochées et deviennent continues puis prennent un caractère diluvien quand le cyclone est très proche. Le tout s'accompagne d'un vent fort. Les nuages de moyenne et de haute altitude couvrent le ciel puis viennent des cumulonimbus s'enroulant en spirale autour de l'oeil. Quand celui-ci passe, le ciel s'éclaircit temporairement et les vents tombent pour reprendre avec force sitôt l'oeil passé, persistant pendant plusieurs heures, voire quelques jours. La pression baisse bien entendu, tombant souvent au-dessous de 1 000 hPa, le minimum ayant été enregistré avec 973 hPa en janvier 1951.

c) Le type de temps de tsioky atsimo

La situation dépressionnaire est liée à l'existence d'un couloir frontal. Cette situation correspond à la phase III du passage des perturbations frontales méridionales d'origine polaire. En surface, l'anticyclone de l'Océan Indien est repoussé à l'est de Tolagnaro laissant place à un couloir frontal au-dessus duquel se situe un noyau de hautes pressions (c'est l'anticyclone de l'Océan Indien mais décalé en altitude) lui-même coiffé par une zone de basses pressions. A cette superposition isobarique correspond une superposition des masses d'air : Pm en surface puis masse Tm charriée par l'alizé d'altitude, plus chaude, plus légère, plus instable et relativement sèche. Un front existe le long duquel se produisent des ascendances créant un type de temps pluvieux.

IV. QUELQUES CONSEQUENCES DU CLIMAT ET DES TYPES DE TEMPS

Le nombre et l'importance des conséquences du climat et des types de temps imposent un choix dans le cadre de cet article. Nous en avons retenu trois : deux sont liés à l'excès ou au déficit des pluies, le troisième concerne la santé des populations.

1) Les problèmes du déficit en eau

Ils résultent soit d'un retard dans l'arrivée des pluies estivales, soit d'une rémission de celles-ci en plein coeur de la saison humide.

Pendant les mois chauds, il peut arriver que la Zcité n'affecte que l'extrême nord de Madagascar : Tolagnaro, trop au sud, ne bénéficie pas des pluies qui lui sont liées. Si dans le même temps aucun cyclone tropical ne survient, le déficit estival se crée qui ne peut être comblé par les maigres pluies des perturbations frontales même si ces dernières connaissent en cette période une certaine recrudescence. Tout cela s'explique par la persistance en plein été d'un type de temps hivernal : un anticyclone bien établi, à position relativement septentrionale, rejetant la Zcité vers le nord, bloquant les trajectoires cycloniques, permettant en compensation aux perturbations d'origine polaire de descendre assez bas en latitude.

Ces périodes sèches qui se sont multipliées depuis 1975 sont annoncées par divers indices dont l'étude resterait à faire parmi lesquels celui de la subite prolifération des *tovy* (*Anchoriella Indica* ou *Engraulis Capensis*) dans les eaux côtières. Leurs effets sont graves.

- * Sur le plan physique, ils se traduisent par :
 - le tarissement des sources
 - la baisse considérable du niveau des plans d'eau (lacs, étangs, marécages) et parfois leur tarissement (phénomène courant en 1985)
 - la baisse de la nappe phréatique avec les difficultés d'approvisionnement des populations que l'on peut supposer
 - l'assèchement du sol en profondeur entraînant l'affaiblissement continu des plantes pérennes brûlées par le soleil, se fanant, offrant aux yeux un paysage désolé
 - l'encroûtement salé de certains sols dû à l'évaporation intensifiée
 - la raréfaction des sols sous l'action de divers agents érosifs et de la disparition du couvert végétal. Le moindre ruissellement active l'érosion des sols, leur migration vers les bas-fonds (couvrant alors les régions de plaines de matériaux infertiles impropres à la culture) ou leur déversement dans les rivières. Ce phénomène est observable là où les flancs montagneux ont été largement démunis de leur couverture végétale.
 - Enfin, sous l'action du vent, le ravivement des dunes littorales du nord-est et du sud-ouest de Tolagnaro.

- * Sur le plan humain et économique, les prairies naturelles se faisant rares, l'éleveur n'arrive plus à nourrir ses bêtes. La production agricole baisse depuis 1975 et ne répond plus aux besoins de la consommation : c'est la disette. Les pénuries favorisent le développement des marchés parallèles pour les biens de consommation courante avec comme corollaires la hausse des prix et la mauvaise distribution. Sous-alimentation et malnutrition ont pris une ampleur considérable.

Combinée avec la conjoncture économique, la sécheresse a favorisé certaines maladies d'estomac et la tuberculose, a engendré ou développé des carences, a fait se multiplier les maladies infantiles. Enfin, la sécheresse a provoqué des migrations de populations : beaucoup d'Antandroy sont allés s'installer temporairement à Tolagnaro mais, chez certains, cette migration a fini par prendre un caractère définitif.

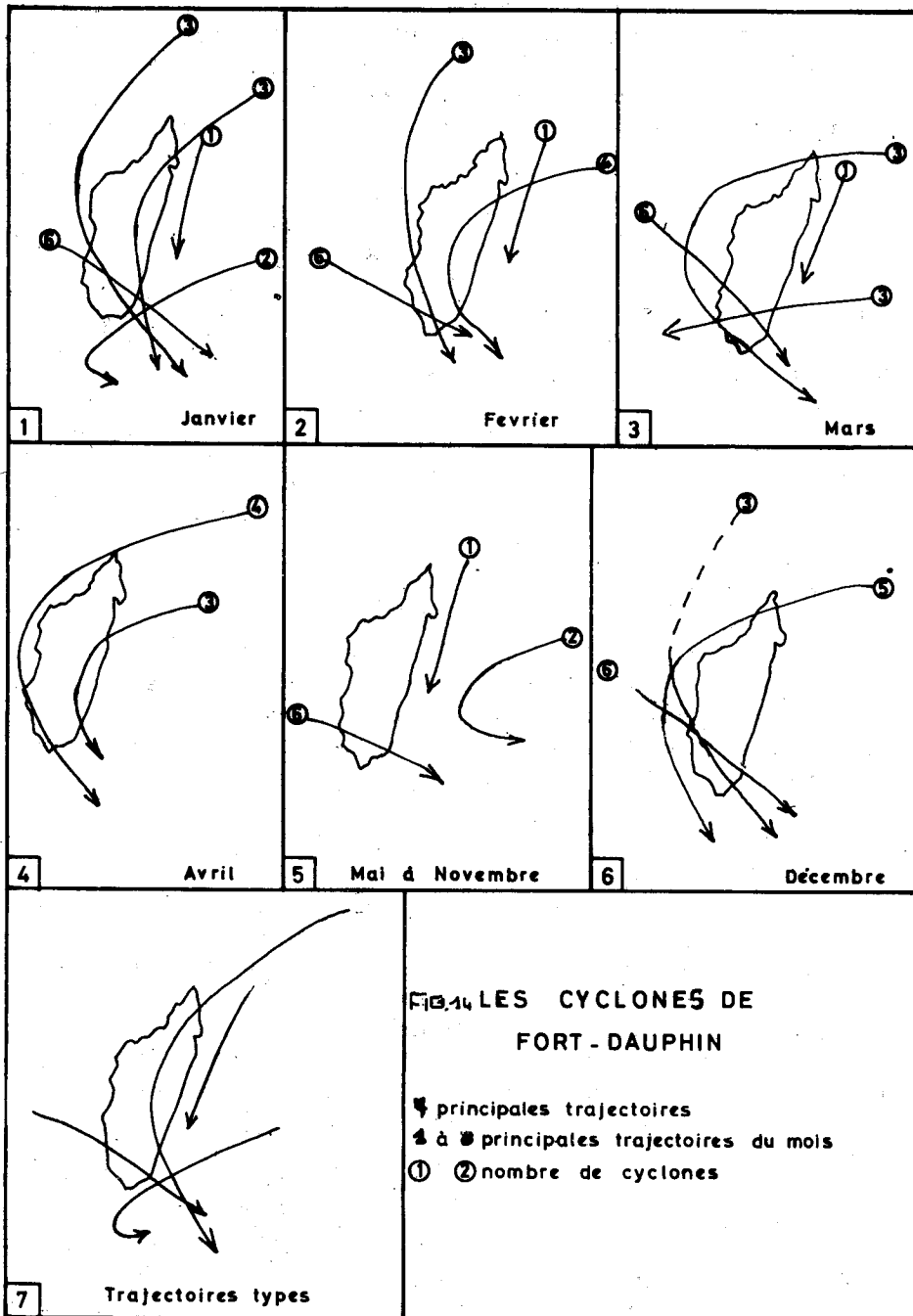
2) L'excès d'eau et l'impact des cyclones (Fig. 14)

Les effets classiques des cyclones sont les vents violents, les fortes pluies, les ondes tempête mais leur passage est plus ou moins gravement ressenti selon leur intensité et surtout, selon la trajectoire suivie. Les cyclones à trajectoire essentiellement maritime peuvent provoquer, même lorsqu'ils évoluent loin de la station, des pluies diluviennes, de fortes houles et des marées de tempête sur le littoral sud-est. Tous s'accompagnent de vents parfois violents (rafales de 74 km/h observées à Farafangana lors du cyclone Iris en janvier 1965).

Les dégâts en matériel et les pertes en vies humaines imposent une lutte sévère. Mais, pour mener à bien celle-ci, il faudrait pouvoir évaluer le moment et l'endroit précis où le cyclone touche terre, ses caractéristiques probables (force du vent, chute de pluie, intensité de l'onde de tempête). Des études devraient être entreprises sur une évaluation des risques régionaux compte tenu des antécédents afin de prévoir les crues, d'éviter les inondations par la construction de barrages, d'ouvrages de protection... Des aménagements devraient aller de pair : amélioration du système d'utilisation des terres, renforcement des marges de défense, etc.

3) Crises d'asthme et types de temps

Certains cas d'asthme à Tolagnaro semblent liés aux passages des perturbations frontales d'origine polaire, plus précisément au type de temps de *tsioky atsimo* pendant lequel souffle le vent de sud. Les crises commencent avec le début de la rotation du vent chez les sujets sensibles, bien avant le passage du couloir frontal. Le Tm indien, chaud, sec et stable cède la place au Tm mozambicain, plus frais, plus humide, plus instable. Ce changement de masse d'air est brutal et s'accompagne d'une variation de la couverture nuageuse, du degré hygrométrique de l'air et de la prédominance du vent de sud, le *tsioky atsimo*. Ces cas d'asthme sont en général relativement bénins mais semblent directement liés aux conditions météorologiques puisque ils disparaissent lorsque les malades changent de lieu de résidence. Bien entendu, d'autres études concernant les pollens, la pollinisation et l'ionisation de l'atmosphère, les phénomènes de transport du vent et les embruns devraient être faites pour bien comprendre ce phénomène.



CONCLUSION

Située dans la zone de fluctuation de la ceinture anticyclonique des hautes pressions subtropicales, Tolagnaro est coiffé en permanence soit par l'anticyclone de l'Océan Indien, soit par l'anticyclone africain. Mais le principal centre d'action demeure l'anticyclone de l'Océan Indien, centré en moyenne au sud-est de Madagascar vers 35°S et 75°E qui projette une dorsale s'incurvant au niveau de la station avant de s'étaler dans le Canal de Mozambique. Cette disposition a pour conséquence de placer la station à la limite des centres d'action constitués par les basses pressions de sud-ouest et l'anticyclone de l'Océan Indien lui-même. L'anticyclone africain ne se retrouve en général qu'en altitude car, en surface, Tolagnaro est le plus souvent sous la dépendance des anticyclones migrants de fin de familles des perturbations frontales méridionales qui déterminent le type de temps de *tsioky atsimo*. En altitude, des advections d'air froid liées aux passages des dépressions frontales méridionales glissent souvent au-dessus de la station.

C'est le balancement latéral des hautes pressions subtropicales entrecoupé par les incursions continues des perturbations frontales méridionales qui régit le temps de Tolagnaro en plaçant cette dernière tour à tour sous l'action de l'une ou l'autre de ces cellules. De même, la fluctuation nord-sud des hautes pressions subtropicales contribue à faire varier le temps. L'hiver est marqué par la présence quasi constante de la ceinture anticyclonique, l'été par son retrait, les périodes d'intersaisons par l'alternance du rapprochement ou du retrait. Ces périodes d'intersaisons correspondent d'ailleurs à une très grande variabilité du temps.

La position en latitude détermine en grande partie le climat. Située au-delà du tropique du Capricorne, donc stricto sensu hors de la zone tropicale, Tolagnaro reçoit les rayons solaires de façon plus oblique en moyenne que le reste de l'île, donc une quantité de chaleur au sol moins grande. Il en résulte des températures plus douces encore atténuées par l'action adoucissante de la mer.

Le rôle du relief, cloisonné par suite des chaînes anosyennes, est important. Altitude, exposition et orientation des versants, phénomènes de foehn et de brises contribuent à expliquer les différents faciès du climat aréal. La station elle-même comporte une nuance maritime marquée.

Tolagnaro occupe une position de transition marquant le passage entre deux zones climatiques, d'une part le domaine ouest et sud, caractérisé par la sécheresse et les effets de foehn (faciès occidental des hautes pressions subtropicales) et, d'autre part, le domaine oriental fort humide (faciès oriental des hautes pressions). Transition aussi entre ces domaines et celui des Hautes Terres méridionales, Tolagnaro revêt à l'échelle du globe les traits climatiques des zones tropicales de la façade est des continents mais avec déjà des traits qui annoncent le climat des zones tempérées.

S. RATSI VALAKA RANDRIAMANGA

BIBLIOGRAPHIE

- BATTISTINI R. - 1964 - L'Extrême Sud de Madagascar. Etude géomorphologique, *Ed. Cujas*, Paris.
- CHAUSSARD A. et LAPLACE L. - 1964 - Les cyclones du Sud-Ouest de l'Océan Indien, *Mém. de la Météo. Nat.* n° 49, Paris.
- DELNOTT G. - 1975 - Le passage de Déborah sur Fort-Dauphin, *Asecna*, Tananarive.
- DUFURNET R. - 1972 - Régimes thermiques et pluviométriques des différents domaines climatiques de Madagascar, *Mad. Rev. de Géo.* n° 20, Tananarive.
- DUVERGE P. - 1950 - Principes de météorologie dynamique et types de temps à Madagascar, *Pub. du Service de la Météo.* n° 13, Tananarive.
- DONQUE G. - 1962 - Etude de quelques types de temps à Madagascar, *Mad. Rev. de Géo.* n° 17, Tananarive.
- DONQUE G. - 1970 - Types de temps hivernaux sur l'Afrique du Sud, *Mad. Rev. de Géo.* n° 16, Tananarive.
- DONQUE G. - 1971 - Ebauche de la classification des climats de Madagascar selon les critères de Koppen, *Mad. Rev. de Géo.* n° 19, Tananarive.
- DONQUE G. - 1972 - Contribution à l'étude du climat de Madagascar, *Thèse Doct. d'Etat*, Laboratoire de Géographie, Université de Tananarive.
- DONQUE G. - 1974 - Le climat d'une façade au vent de l'alizé : la côte Est de Madagascar, *Mad. Rev. de Géo.* n° 24, Tananarive.
- DONQUE G. - 1973 - Le type de temps d'alizé actif à Madagascar, *Bull. de l'Académie Malgache*, T.L/1-2, Tananarive.
- DONQUE G. - 1975 - Les cyclones tropicaux des mers malgaches, *Mad. Rev. de Géo.* n° 27, Tananarive.
- EMON J. - 1948 - L'inversion de l'alizé dans l'Océan Indien du sud-ouest, *Pub. du Serv. de la Météo. Nat.* n° 11, Tananarive.
- EMSALEM R. - 1956 - Les climats de Madagascar, *Inf. Géo.*, pp. 19-23, Paris.
- LEROUX M. - 1980 - Le climat de l'Afrique tropicale, *Thèse Doct. d'Etat*, Dijon.
- PAGNEY P. - 1966 - Le climat des Antilles, *Thèse Doct. d'Etat*, Inst. Hautes Et. de l'Amérique latine, Paris.
- PAGNEY P. et FRECAUT R. - 1983 - La dynamique des climats et l'écoulement fluvial, *Masson éd.*, Paris.
- PAGNEY P. et NIERENVOLT S. - 1986 - Les éléments de climatologie tropicale, *Masson éd.*, Paris.
- POISSON C. - 1930 - Météorologie de Madagascar, *Soc. d'Ed. Géo. marit. et coloniales*, Paris.
- RATSIVALAKA RANDRIAMANGA S. - 1982 - Exemples de périodes sèches estivales de la décennie 1970 à Madagascar, *Mém. Maîtrise*, Tananarive, rés. in *Mad. Rev. de Géo* n° 40, Tananarive.
- RATSIVALAKA RANDRIAMANGA S. - 1984 - Recherche sur le climat de Fort-Dauphin, *Mém. de Dea*, Université de Tananarive.
- RATSIVALAKA RANDRIAMANGA S. - 1986 - Le climat de Fort-Dauphin et son impact sur l'homme et la végétation, *Thèse 3ème Cycle*, Université de Tananarive.
- RATSIVALAKA RANDRIAMANGA S. - 1987 - Climat et végétation de la région de Fort-Dauphin, Rech. pour le Dévelop., série *Sc. de l'Homme et de la Soc.*, pp. 51-64, Tananarive.
- RAVET J. - 1948 - Atlas climatologique de Madagascar, *Pub. du Serv. de la Météo. Nat.* n° 10, Tananarive.
- RAVET J. - 1950 - Les pluies à Madagascar, *Pub. du Serv. de la Météo. Nat.* n° 20, Tananarive.
- RAVET J. - Notice sur la climatologie de Madagascar et des Comores, *Inst. Sc. de Marseille*, pp. 1-36, série D, T. IV, Tananarive.
- THOMAS J. - 1947 - Climatologie de Madagascar, in *Encyclop. de l'Empire français*, T. I, pp. 171-183, Paris.

RESUME

Située dans la zone de fluctuation de la ceinture anticyclonique des hautes pressions subtropicales (25°02'S - 47°E - Alt. : 9 m), la station de Tolagnaro (ex-Fort-Dauphin) est alternativement coiffée par l'anticyclone de l'Océan Indien et les perturbations frontales méridionales d'origine polaire qui déterminent respectivement les circulations d'est et d'ouest au-dessus d'elle.

Occupant la situation d'une station au vent dans la zone tropicale, elle est dotée d'un climat de transition tant au niveau zonal qu'au niveau régional car elle reçoit à la fois des influences climatiques des zones tempérée et tropicale tout en occupant une position limitrophe des domaines de l'Ouest, de l'Est, du Sud et des Hautes Terres de Madagascar.

Le problème de l'eau (excès et déficit) ainsi que les crises d'asthme consécutives au type de temps de *tsioky atsimo* en sont les principales conséquences climatiques.

ABSTRACT

Located in a zone of fluctuation of the subtropical high pressure anticyclonic belt (25°02'S - 47°E - alt. : 9 m), the station of Tolagnaro (ex-Fort-Dauphin) is alternately dominated by the Indian Ocean Anticyclone, the mobil anticyclone and the southern frontal disturbances of polar origin which respectively govern the circulation above it from the east and from west.

Occupying as it does a continental windward position of a tropical zone station, Tolagnaro is endowed with a transitional climate at the zonal as well as the regional level, because it is conditioned at the same time by the climatic influences of the temperate and tropical zones ; moreover it is situated at the border of the western, eastern and southern regions as well as that the Malagasy Highlands.

Water problems, in terms of excess and deficit, as well as frequent asthma attacks resulting from the *tsioky atsimo* type of climate : those are the main climatic sequels suffered by the people and land of the region.