

## LES TYPES DE TEMPS DE SAISON CHAUDE AUX AÇORES

*DENISE DE BRUM FERREIRA*

Dès le mois de mai et jusqu'en septembre, on assiste à une régression franche des précipitations dans tout l'archipel des Açores. Plus encore que la hausse des températures, c'est surtout cette caractéristique qui délimite la saison chaude. Cette diminution des pluies est due à la plus grande fréquence des situations anticycloniques. En saison chaude, la circulation zonale est moins rapide qu'en hiver mais surtout beaucoup moins lente qu'en automne et au printemps (octobre-novembre et mars-avril). Le jet polaire migre sur le 50° parallèle entraînant avec lui un retrait vers le nord des perturbations frontales. La crête chaude subtropicale qui surmonte alors l'anticyclone des Açores est en expansion vers le nord. Ainsi, le nombre de jours anticycloniques triple de janvier à mars. Les types de temps anticycloniques sont tout aussi variés que durant la moitié froide de l'année <sup>(1)</sup>. Ce qui laisse penser que les structures anticycloniques sont diverses et que l'anticyclone subtropical, à alimentation chaude, ne doit pas être le seul à intervenir en été. Ensuite, la saison chaude ne peut pas être considérée sèche à la manière de celle du climat méditerranéen même si les bilans hydriques des basses terres sont déficitaires. Il tombe encore près de 50 mm par mois sur les côtes de la plupart des îles. Les tranches de précipitations journalières fortes supérieures à 10 mm sont celles qui construisent le bâti du régime estival mais il existe également

---

<sup>(1)</sup> Les types de temps de saison fraîche aux Açores ont fait l'objet d'un article paru dans *Finisterra*, 1981, vol. XVI, n° 31, p. 5-51.

un bon nombre de jours de pluie fine. C'est que, même refoulées en direction du nord, les perturbations liées au front polaire atteignent encore les îles. En circulation méridienne, des gouttes froides stagnent au milieu de l'Atlantique. A son tour, la présence d'un océan aux températures fortes permet encore des transferts d'énergie importants vers l'atmosphère. Enfin, c'est durant cette saison que les interférences polaires et tropicales sont les plus nombreuses. C'est une des originalités de la saison estivale açoréenne et du début de l'automne. Ces phénomènes d'interférences avait déjà retenu l'attention de P. PAGNEY (1966) au-dessus des Antilles et plus récemment de CARLSON (1969, 1971) et SADLER (1976) au large de l'Afrique occidentale. Dans le cas des Açores dont la latitude est plus septentrionale, ce sont les racines de ces phénomènes qui seront plus particulièrement traités.

#### LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES

##### 1 — LES TYPES DE TEMPS CHAUDS LIÉS À L'ANTICYCLONE DES AÇORES

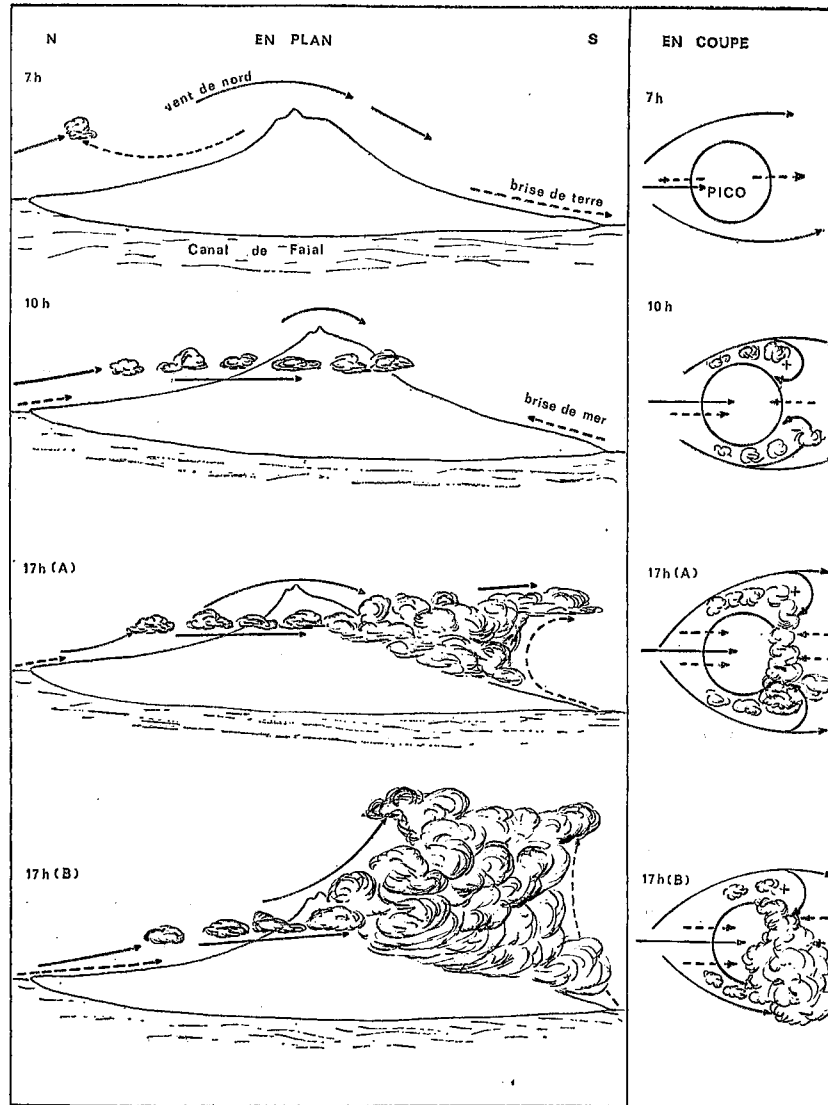
Ils accompagnent la migration sur l'archipel de l'anticyclone subtropical. En été, celui-ci forme une grande cellule étirée en latitude, au sud du 45° parallèle, entre les Antilles et les côtes européennes. Lorsqu'il recouvre les îles, le temps est beau. Les températures sont douces. Les vents sont très faibles et les îles sont soumises au régime des brises. La couverture nuageuse ne prend de l'importance que contre les reliefs et son rythme journalier est très marqué en rapport avec l'évolution de l'humidité relative et avec d'altitude de l'inversion de subsidence. C'est ainsi que vers midi, les îles sont encapuchonnées au-dessus de 800 m alors qu'à minuit, la base du plafond nuageux descend vers 600 m d'altitude. Il n'y a que les hautes pentes du Pico au-dessus de 1500 m qui restent tout le jour complètement dégagées. C'est qu'elles baignent dans de l'air chaud et sec au-dessus de la «mer de nuages». Ce balancement du couvert nuageux entre 600 et 1500 m est assez typique de la zone d'inversion thermique dans l'anticyclone des Açores au milieu de l'Atlantique Nord en été. Il suffit d'un faible déplacement de l'axe de l'anticyclone par rapport à l'archipel pour modifier complètement le temps.

##### a — Le temps «d'alizé» aux Açores

Lorsque l'anticyclone subtropical est centré au nord ou au nord-ouest de l'archipel depuis déjà plusieurs jours, un vent de secteur nord se lève. C'est un air maritime d'origine polaire de retour ou tropical dont la structure verticale n'est pas sensiblement différente de celle de l'alizé des Canaries. Les journées sont chaudes et ensoleillées. Les maxima restent modérés (22°) et les minima sont doux (18°). Les directions et les vitesses des vents enregistrées dans les îles montrent la confrontation des vents «généraux» et des brises à la manière de ce qui se passe dans les îles tropicales. Cette confrontation est attestée par l'évolution du couvert nuageux. Le jour se lève sur des îles presque dégagées alors qu'au milieu du jour un bonnet dissymétrique les coiffe au-dessus de 800 m, en traîne du côté sous le vent, et épousant les reliefs du côté au vent (est. I-A).

A Pico, l'évolution est semblable mais la circulation est plus complexe à cause de l'altitude et de la massivité du cône volcanique qui occupe la portion occidentale de l'île. En particulier, dès midi, du côté sous le vent (secteur sud et sud-ouest de l'île), un autre système nuageux beaucoup plus compact apparaît (est. I-B). Il augmente de volume, gagne de l'altitude, toujours contre les reliefs dans l'après-midi et arrive à crever, certains jours, en orages localisés. On a schématisé cette évolution dans la figure 1. Les strato-cumulus contre les reliefs au vent de l'île et qui évoluent en couronne autour du cône ne donnent aucune pluie. Ils marquent seulement le niveau de condensation de l'air marin ascendant au long du versant et bloqué en altitude par l'inversion thermique. Le second système nuageux est dû à la thermoconvection sur le côté sous le vent de la montagne de Pico particulièrement raide et, de surcroît, doté d'une maille serrée de murettes entourant les vignes. Dès le milieu du jour, c'est un secteur torride où la brise de mer chargée d'humidité est puissamment soulevée. Des nuages à caractère orageux se forment rapidement. Ainsi, l'été et en air stable, retrouve-t-on le schéma devenu classique (2) de

(2) Phénomène étudié aux Hawaï par LEOPOLD (1949) et MALKUS (1955).



D.F.

Fig. 1 — Evolution diurne du système nuageux de la montagne de Pico, en été, par flux anticyclonique de nord.

la confrontation du flux général avec les brises et son influence sur l'évolution diurne du couvert nuageux des îles.

#### b — Le type de temps anticyclonique d'ouest

Il est lié à l'anticyclonique subtropical centré à l'ouest ou au nord-ouest de l'archipel alors que la crête chaude d'altitude est peu développée et ne dépasse guère le 45° parallèle. Les îles sont alors placées sur la marge nord de l'anticyclone et les perturbations d'ouest circulent non loin de là. Elles baignent dans un air moite. Les amplitudes thermiques sont faibles et l'humidité relative proche de la saturation rend l'atmosphère étouffante. L'évaporation est réduite, inférieure à 2 mm par jour. Dans ces conditions de bain de vapeur, la visibilité est mauvaise et un toit bas de stratus couvre les reliefs et la mer environnante. Ce type de temps est assez persistant en plein été. Les sondages caractéristiques montrent une colonne d'air stable avec une inversion thermique bien marquée aux environs de 1500 m mais la courbe d'état au-dessus de la surface d'inversion est irrégulière, témoignant d'inconstantes variations de températures dans la moyenne troposphère (fig. 2). L'allure générale de la courbe d'état rappelle celle d'un front chaud cependant la température pseudopotentielle forte sur toute l'épaisseur de la coupe indique sans aucun doute une alimentation unique en air chaud de la cellule anticyclonique. Comme l'inversion thermique est plus haute que dans les types précédents, les montagnes baignent dans de l'air humide qui arrive à condenser des bruines.

#### c — Les types de temps anticycloniques de sud-ouest ou de sud

Ils ont les mêmes caractéristiques que le type d'ouest mais avec une certaine aggravation en ce qui concerne les températures. Ils sont caractéristiques du secteur occidental de l'anticyclone des Açores quand celui-ci est tranché en deux cellules par un couloir dépressionnaire au centre du Bassin Atlantique Nord (fig. 2-II). Un air tropical en provenance directe des basses latitudes baigne les îles et provoque les températures les plus fortes de l'été sous une humidité relative

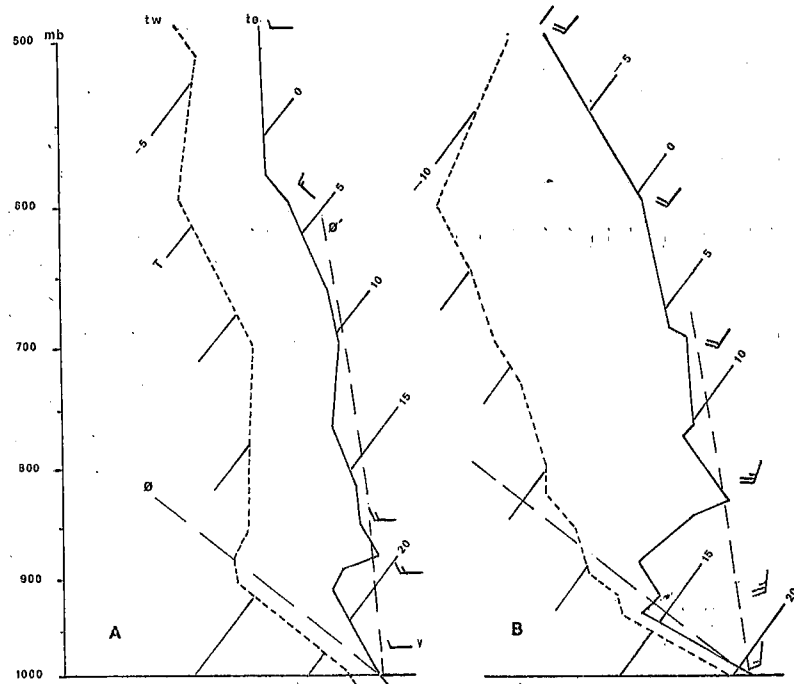
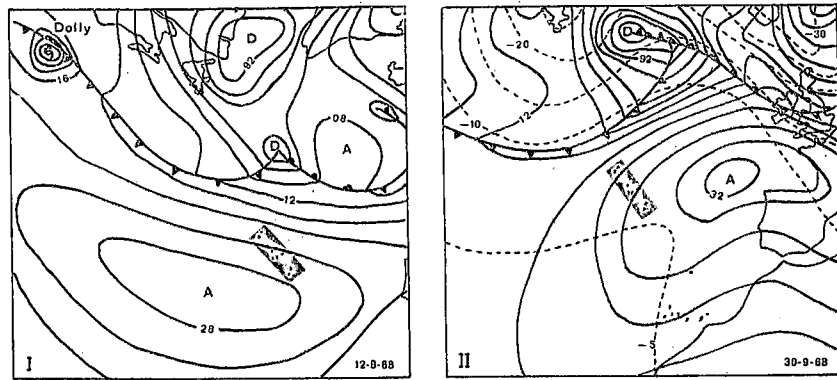


Fig. 2 — Les types de temps anticycloniques chauds.

I — Type de temps anticyclonique d'ouest, le 12 août 1968 (situation au sol); II — Type de temps anticyclonique de sud-ouest, le 30 septembre 1968 (situation au sol et isothermes à 500 mb). Sondage A: coupe verticale à Lajes (Terceira), le 12 août 1968, à 12 TMG; Sondage B — Coupe verticale à Lajes, le 30 septembre 1968, à 12 TMG.

*Légende générale des sondages:* te, courbe d'état; tw, courbe du thermomètre mouillé;  $\theta$ , adiabatique;  $\theta'$ , pseudoadiabatique; T, isotherme en degré Celsius; V, vent. Un triangle vaut 50 noeuds, une barbule vaut 10 noeuds et une demi-barbule, 5 noeuds. Tous les radiosondages présentés sont ceux effectués à Lajes dans l'île Terceira.

proche de la saturation. Les moyennes journalières de  $25^\circ$  sous une humidité supérieure à 90 % ne sont pas rares. Heureusement, ce type de temps est assez éphémère. On ne le retrouve jamais plus de deux à trois jours consécutifs au maximum quatre à cinq fois chaque été. Sous ces conditions, l'insolation est faible ou nulle pourtant il ne pleut pas tant que la bordure occidentale de la crête chaude d'altitude recouvre la région.

## 2 — LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES FRAIS

Les décharges polaires à l'arrière des perturbations continuent à alimenter en air froid la cellule anticyclonique atlantique même pendant la saison chaude. Ce phénomène, cependant, se déroule aux latitudes septentrionales (vers le  $50^\circ$  parallèle) loin de l'archipel, mais il contribue à construire des apophyses de l'anticyclone des Açores, très facilement reconnaissables sur les cartes synoptiques journalières car, bien que moyennes, elles en sont séparées par un front froid (fig. 3-I et 3-II). Les Açores appartiennent le plus souvent à la cellule chaude et le front froid reste au nord du  $45^\circ$  parallèle. Cette discontinuité est assez éphémère (deux jours tout au plus), ce qui indique que l'air polaire qui alimente les basses couches de la cellule anticyclonique septentrionale se réchauffe à tel point qu'il perd son identité et s'assimile rapidement à l'air chaud. Cette évolution donne toutefois un type de temps anticyclonique beaucoup plus frais que celui engendré par la cellule subtropicale proprement dite. On distingue plusieurs étapes dans la construction d'un anticyclone atlantique, accompagnées d'une évolution caractéristique du temps.

### a — Le type de temps frais et nuageux de la crête anticyclonique en circulation zonale

Après le passage du dernier membre d'une famille de perturbations d'ouest s'installe une crête anticyclonique surmontée par une ondulation positive peu marquée du courant d'ouest en altitude (fig. 3-I). Au sol, l'alimentation en air polaire frais est nette. Les températures sont fraîches. La moyenne du 22 août 1968 n'a pas atteint les  $20^\circ$  et le minimum est descendu vers  $16^\circ$  (minimum au sol,  $12^\circ$ ). Les vents de

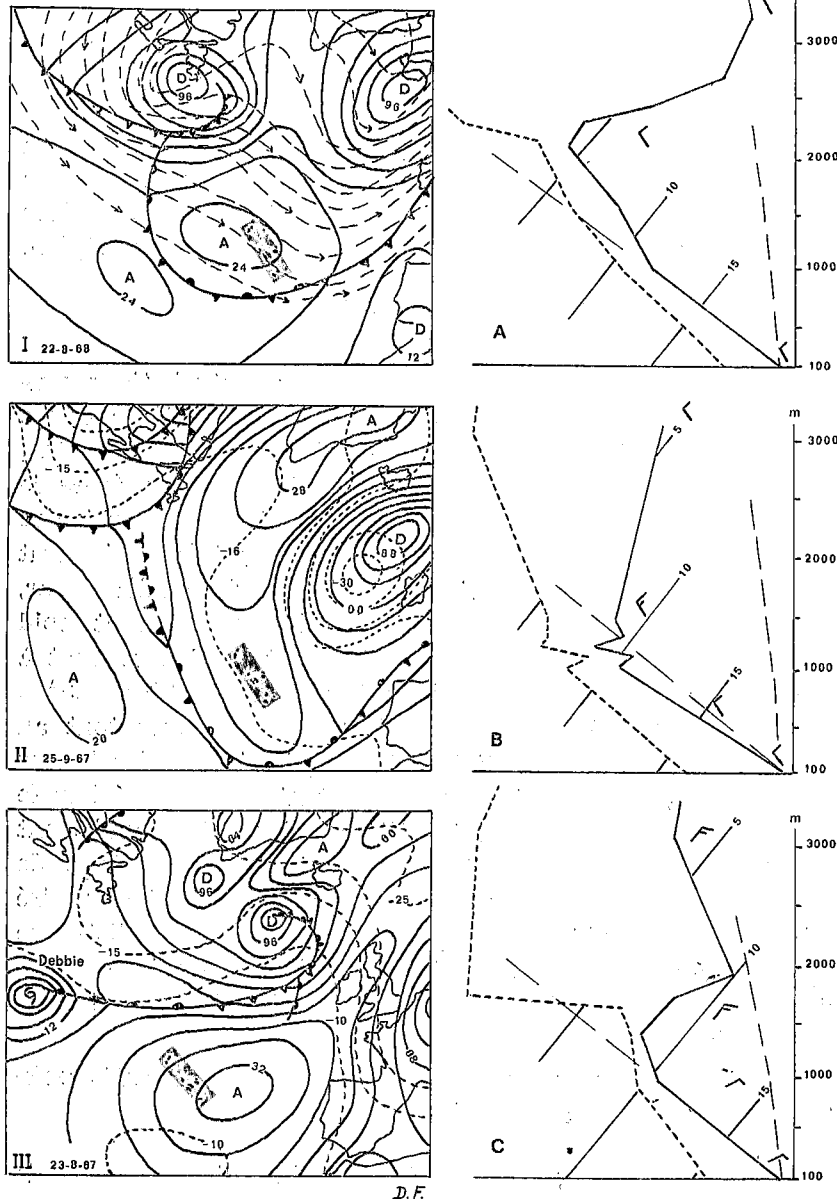


Fig. 3 — Les types de temps anticycloniques frais.

I — Crête anticyclonique en circulation zonale (situation au sol du 22 août 1968 et lignes de flux à 500 mb matérialisant la trajectoire du jet polaire); II — Construction d'une apophyse polaire de l'anticyclone des Açores, le 25 septembre 1967 (situation au sol et isothermes à 500 mb); III — Formation d'un anticyclone atlantique, le 23 août 1967 (situation au sol et isothermes à 500 mb). Les sondages A, B et C montrent les coupes verticales effectuées dans ces trois types de situations anticycloniques

nord à nord-ouest sont faibles et relativement secs. Les littoraux sont ensoleillés mais les versants disparaissent dans un épais toit de strato-cumulus. Il pleut sur les sommets. L'air polaire frais et sec qui arrive sur l'océan chaud s'instabilise à la base; c'est pourquoi, dans les crêtes post-frontales les pluies se prolongent en montagne.

b — *Le beau temps frais des apophyses polaires de l'anticyclone des Açores*

Quoique, bien souvent, l'apophyse s'étende au nord sans toucher directement l'archipel, elle dirige un air encore frais qui n'a pas tout à fait perdu ses caractéristiques polaires. Il en résulte un temps frais très agréable qui fait oublier pour quelques jours la chaleur humide de la marge nord de l'anticyclone des Açores. C'est que ce temps frais est relativement sec. Le 25 septembre 1967 (fig. 3-II), avec l'installation d'un tel type de temps, les températures restent modérées autour des 20° pour une humidité relative qui oscille entre 65 et 75 %. Les pluies sont encore possibles sur les sommets mais éphémères car la structure générale de la colonne d'air devient plus stable dès que l'anticyclone froid de surface est surmonté par le versant oriental de la crête chaude dans la moyenne troposphère. Le sondage B de la figure 3 montre justement un cas d'instabilité en début d'installation d'une apophyse polaire. Le 26 septembre 1967 avec la présence plus franche de la crête chaude en altitude, l'inversion thermique devient forte et le beau temps frais règne sur les îles.

c — *Le temps plus doux de l'anticyclone atlantique*

En général, il suit le type de temps précédent. L'alimentation fraîche continue en surface par décharges polaires post-frontales aux hautes latitudes alors que la crête chaude d'altitude progresse sur l'Atlantique Oriental. C'est ce type d'alimentation mixte qui donne les cellules anticycloniques les plus fortes de la saison chaude. Ainsi, les pressions supérieures à 1030 mb dans la cellule orientale de l'anticyclone des Açores sont-elles assez fréquentes en août et en septembre. Du 19 au 27 août 1969, par exemple (fig. 3-III), après une quinzaine

de jours dominés par le passage de perturbations d'ouest, un tel anticyclone s'installe sur les Açores. On enregistre les pressions les plus fortes de l'été. Le temps est beau, faiblement nuageux sur les basses terres. Les températures sont douces (20°-22°) et l'humidité relative se stabilise autour de 80 %. Les littoraux comme les montagnes sont sèches. L'instabilité des basses couches devient moins forte car l'air polaire inférieur en voie d'assimilation est peu épais et l'inversion thermique est très marquée.

L'enchaînement de ces types frais accompagnant la construction d'un anticyclone atlantique peut être rapide. La succession est toujours la même. Dans un premier temps, l'alimentation froide récente provoque des gradients verticaux de température forts dans les basses couches et qui rendent l'air instable. Les chutes de pluie sont encore possibles surtout contre les reliefs. L'océan aux températures fortes à cette époque de l'année adoucit rapidement cet air froid et, avec l'installation de l'anticyclone dynamique (surmonté par la crête chaude), les gradients thermiques verticaux faiblissent. Les amplitudes diurnes, sensibles au début de l'invasion de l'air polaire, tombent rapidement. Un bon nombre de jours « d'alizé » correspond d'ailleurs à la persistance d'un anticyclone dynamique au nord-ouest des Açores et, dans ce cas, l'alimentation des basses couches est bien constituée d'air polaire en voie d'assimilation et non d'air tropical parvenant par le nord-est. Ce sont les journées d'été les plus agréables, sans chaleur suffocante ni forte humidité.

### 3 — LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES NUAGEUX PERSISTANTS

Ils correspondent à l'anticyclone surmonté par une vallée ou une goutte froide.

On a vu que la circulation supérieure, en été, était marquée par la remontée du courant d'ouest en direction du nord si bien que, lorsqu'il ondule, ce sont tout au plus les pointes des vallées qui atteignent l'archipel. Cette disposition des lignes de flux est fréquente en saison chaude sur le fuseau des Açores car la plupart des vallées polaires se creusent sous le vent du Groenland, sur l'Islande. Un bon nombre reste contonné à la moyenne troposphère et l'anticyclone continue

à régner au sol. Sur les cartes synoptiques à 500 mb, elles ne se marquent souvent que par une disposition des isothermes en coulées qui atteignent jusqu'à -15°. Parfois même, il s'agit de gouttes froides marquées par des isothermes fermés, résultant du trop grand étirement vers le sud de la coulée. Ce genre de situation a intéressé une quinzaine de jours des saisons chaudes étudiées entre 1967 et 1970. Il engendre un temps maussade sous un plafond de strato-cumulus bas. Les amplitudes thermiques sont étouffées et les vents sont très faibles. L'archipel baigne dans l'air marin doux et très humide où l'absence de turbulence provoque une mauvaise visibilité.

Les types de temps anticycloniques sont donc tout aussi variés qu'en saison fraîche malgré l'expansion vers le nord de la poussée chaude d'altitude. Ceci s'explique par le fait qu'ils dépendent non seulement de l'installation des crêtes chaudes au milieu de l'Atlantique mais aussi des vallées froides du courant d'ouest qui continuent à se construire à des latitudes plus septentrionales. Ce sont les affaissements de ces expulsions qui alimentent en air froid les secteurs nord et nord-est des cellules anticycloniques atlantiques et on doit reconnaître que, sur les Açores, les types de temps anticycloniques frais sont aussi nombreux en été que les types de temps chauds liés à une alimentation tropicale.

### LES TYPES DE TEMPS PLUVIEUX LIÉS A L'ACTIVITÉ POLAIRE DES LATITUDES SEPTENTRIONALES

Ce sont les mêmes qu'en hiver, mais, vu les caractéristiques de la circulation polaire au-dessus de l'Atlantique Nord en été, ils sont tout simplement moins fréquents et moins virulents.

#### 1 — LES TYPES DE TEMPS PERTURBÉS DOUX ET PLUVIEUX

##### a — Les perturbations d'ouest

Elles atteignent encore fréquemment l'archipel mais elles évoluent à la limite de l'anticyclone des Açores. Ce sont donc les extrémités des fronts qui balaient les îles et les baisses de pression au passage des perturbations comme les températures rythmées sur la succession des différents secteurs ne

sont guère marqués. L'archipel appartient encore à la marge nord de l'anticyclone où circule un air tropical très humide. Cette alimentation sur la marge méridionale des fronts est à l'origine de la plupart des brouillards de saison chaude. Ils sont fréquents surtout en juin et ils marquent alors le ralentissement de la circulation polaire. Les fronts deviennent stationnaires alors que l'anticyclone des Açores en cellule unique sur tout le Bassin Atlantique se trouve centré au sud

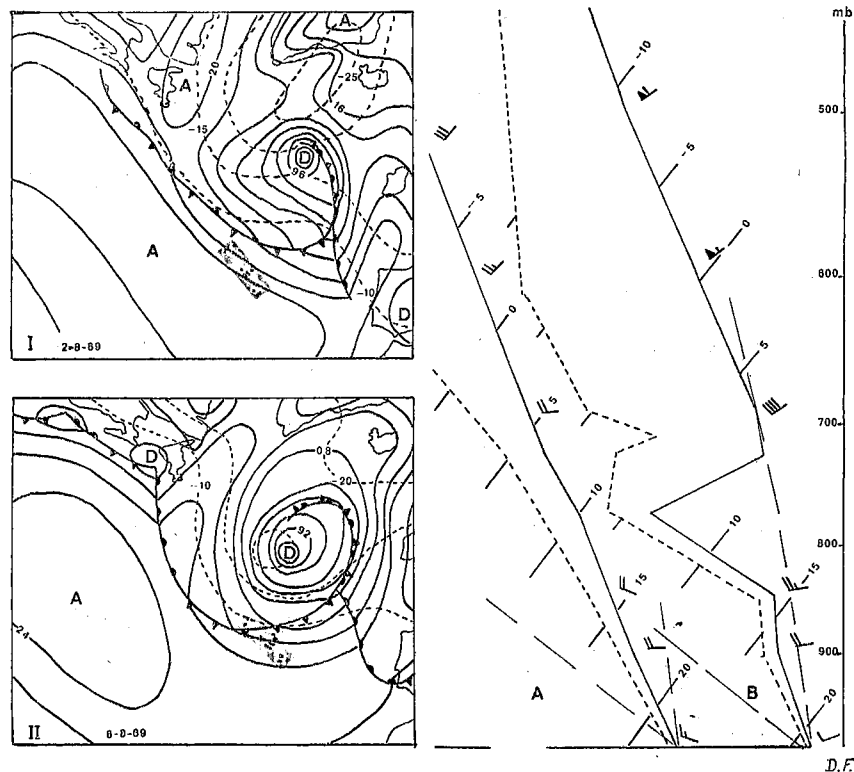


Fig. 4 — Les types de temps perturbés d'ouest en saison chaude.

I — Une situation typtique sur la marge méridionale des perturbations, le 2 août 1968 (situation au sol et isothermes à 500 mb); II — La perturbation active du 6 août 1969. Sondage A: coupe dans l'air tropical humide et homogène de la marge anticyclonique du 2 août 1968. Sondage B: Coupe verticale dans le secteur chaud de la perturbation du 6 août 1969 à proximité du front froid. Air tropical humide dans les basses couches, air polaire froid et sec surplombant et fort cisaillement vertical du vent.

des îles. Durant les autres mois d'été, ils sont plus éphémères et ils annoncent la formation de fronts stationnaires au nord de l'archipel (fig. 4-I).

Avec le rapprochement des ondulations frontales, les pluies commencent à tomber. Les fronts chauds sont marqués par une recrudescence de la nébulosité tandis que les fronts froids sont plus actifs. Ils sont cependant rarement accompagnés de forts abats. Plus de la moitié des fronts froids des perturbations d'ouest observées ont provoqué des tranches journalières inférieures à 5 mm. Ces totaux modestes représentent la presque totalité des pluies de chaque perturbation. Ce manque d'activité est expliqué tout d'abord par la faible différence de température qui existe entre les secteurs chauds et les secteurs postérieurs froids. Les sondages ont révélé qu'il existe souvent un contraste thermique inférieur à 2° entre l'air tropical antérieur et l'air polaire maritime de retour du secteur postérieur. Le long trajet de l'air polaire sur le Bassin Atlantique aux latitudes moyennes lui a fait perdre ses caractéristiques. Le manque de fortes pluies vient aussi du fait que ce sont les extrémités des fronts froids qui aboutissent sur les îles. Même quand l'ondulation frontale prend en écharpe l'archipel, l'absence d'une circulation d'ouest forte en altitude entraîne la constitution de perturbations à catafronts où les ascendances sont vite stoppées. Toutefois, on ne doit pas en déduire que les perturbations d'ouest actives n'existent pas en été. Chaque année, on en compte quatre ou cinq. Ce sont justement celles qui sont surmontées par les courants d'ouest les plus forts et la présence d'air froid surplombant semble être une condition nécessaire à la réactivation des fronts. Quand ces deux conditions sont remplies, les pluies de fronts froids deviennent copieuses avec des totaux journaliers de 10 à 15 mm sur les côtes et plus de 50 mm sur les sommets. Tel a été le cas du 6 août 1969 (fig. 4-II et sondage B).

#### b — Les types de temps perturbés de sud-ouest

Ils sont beaucoup moins fréquents qu'en hiver; en juillet et août, ils sont même absents. Ceci tient au fait qu'ils sont liés aux vallées polaires de grande amplitude extrêmement

rares en été. Leur puissance pluviométrique dépend de la position du centre dépressionnaire par rapport à l'archipel et par conséquent de la localisation de la vallée polaire en altitude. Les courants perturbés de sud-ouest évoluant sous une crête chaude d'altitude n'engendrent aucune pluie mais des ciels très chargés de nuages bas. L'advection chaude de sud-ouest se marque nettement dans les températures bien supérieures à la moyenne. Dès qu'ils évoluent sous le versant oriental de la vallée planétaire, les pluies deviennent d'autant plus abondantes que le cisaillement vertical du vent est fort. Les pluies tombent alors dans les secteurs chauds bien avant le passage des fronts froids et se poursuivent longtemps dans les secteurs postérieurs froids. Les lames d'eau journalières supérieures à 30 mm sur les littoraux et 100 mm sur les sommets ne sont pas rares. Ainsi, en saison chaude également, les perturbations de sud-ouest sont très actives pourvu que soit remplies les conditions dynamiques favorables dans la moyenne troposphère sinon la grande charge hygrométrique de l'air reste inexploitée.

## 2 — LES TYPES DE TEMPS FRAIS ET PLUVIEUX

Ils sont liés à une circulation méridienne du jet polaire au nord des Açores. Ils accompagnent les dépressions mobiles axées sur les coulées froides scandinaves et islandaises ou des dépressions stagnantes surmontées par des «cut-off lows» aboutissant sur le Golfe de Gascogne. Ce sont ces situations synoptiques qui font régner les journées pluvieuses les plus fraîches de la belle saison. Elles sont présentes 8 à 10 jours chaque été. Leur activité pluviométrique est surtout liée à la vigueur de la circulation supérieure et à celle de l'advection froide. Certaines de ces dépressions provoquent des tempêtes qui rappellent celles de saison fraîche. Tel a été le cas du 17 au 21 août 1969 (fig. 5-I). Une puissante cellule cyclonique accompagne une ondulation mobile du jet polaire dont la trajectoire et la force sont anormales pour la saison. Les vitesses atteignent 75 noeuds à 500 mb sur le versant oriental de la vallée surplombant les Açores où la température descend à  $-25^{\circ}$ . Le 20 août les vents de nord-ouest en rafales dépassent

70 km/h à Angra. Les températures sont inférieures à la normale et les pluies tombent avec force. Le 20 août, on enregistre sur l'ensemble des îles entre 40 et 50 mm avec un effacement complet des dissymétries entre les versants. En général, ces tempêtes sont de courte durée. Il suffit d'un léger déplacement du centre dépressionnaire à l'est de l'archipel pour faire régner des conditions d'abri.

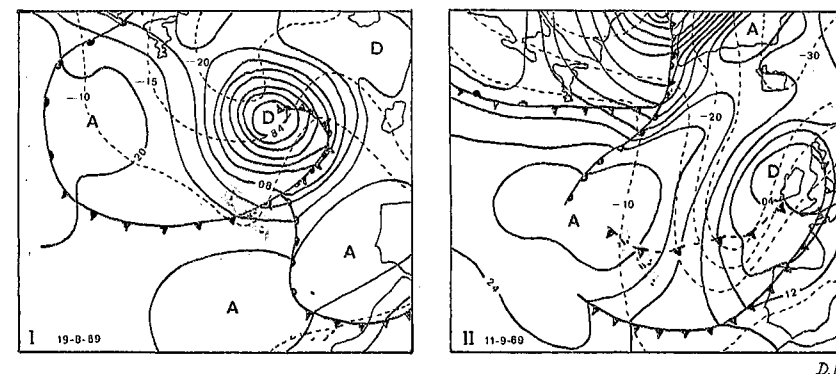


Fig. 5 — Les types de temps perturbés frais de nord-ouest et de nord.

I — La dépression mobile du 19 août 1969 (situation au sol et isothermes à 500 mb); II — Courant perturbé de nord, le 11 septembre 1969 (situation au sol et isothermes à 500 mb).

Les courants perturbés de nord ou nord-ouest qui accompagnent des dépressions stabilisées sur l'Atlantique Oriental ont des précipitations très variables mais la chute de température qu'ils provoquent est très sensible. La faible activité pluviométrique vient du fait que ces perturbations parviennent dans des conditions dynamiques défavorables et qu'elles sont alimentées par de l'air polaire plus ou moins direct faiblement chargé en vapeur d'eau surtout s'il a circulé rapidement sur l'océan. Plus que par leurs pluies, elles se distinguent donc par le temps frais qu'elles provoquent. La situation du 9 au 11 septembre 1969 est un exemple typique (fig. 5-II). En trois jours, les températures journalières ont baissé de  $6^{\circ}$ ; les minima ont connu une chute de  $7^{\circ}$  sous abri et de  $10^{\circ}$  au sol. Cette fraîcheur est encore accrue par les rafales de vent.



## 3 — LES TYPES DE TEMPS ORAGEUX

Ils sont liés à l'apparition d'une goutte froide assez puissante pour provoquer une situation dépressionnaire au sol, de faible amplitude certes, mais dont l'activité pluviométrique est souvent remarquable. Ce type de temps peut intervenir à n'importe quel moment de la saison chaude. L'activité cyclonique dépend en premier lieu de la position de la goutte par rapport à l'archipel, de son niveau d'attaque et ensuite de la puissance de son alimentation froide. On peut comparer à ce sujet les effets de deux situations apparemment identiques au sol. Le 2 juillet 1969, une dépression recouvre les Açores mais la goutte froide d'altitude ( $-15^{\circ}$  à 500 mb) se situe au sud de l'archipel. Le temps est très couvert et moite. Sur les côtes, il ne tombe aucune pluie; les versants au-dessus de 300 m d'altitude sont enveloppés dans des crachins. Le 22 juillet 1968, une dépression, semblable à la précédente au sol, est centrée sur les Açores mais elle est surmontée par le secteur sud-est de la goutte froide ( $-15^{\circ}$  à 500 mb) et des pluies orageuses tombent dans toutes les îles. On relève 45 mm à Angra, 20 à 30 mm sur le littoral nord de Terceira et à Faial, et plus de 50 mm sur les hauts plateaux de Pico. Ce contraste pluviométrique tient au fait que les mouvements de l'air dans les dépressions axées sur des gouttes froides répondent aux mêmes lois que celles situées sous une vallée polaire. Le 2 juillet 1969, les mouvements sont subsidents sous le flanc nord de la goutte; le 22 juillet 1968, les ascendances sont renforcées sous son flanc oriental. Le brusque contraste dans la colonne cyclonique entre l'air froid supérieur et l'air chaud et très humide provenant des basses couches ne peut qu'alimenter des précipitations copieuses à caractère orageux. Ces averses sont cependant éphémères et elles cessent dès que l'air froid surplombant disparaît. Les fortes lames journalières isolées qu'on relève en saison chaude correspondent généralement à ce type de temps.

Certaines dispositions isobariques qui donnent naissance à ces types de temps orageux ont de plus une importance primordiale dans les interférences polaires et tropicales sur les Açores. C'est un phénomène original de la marge subtropicale du centre du Bassin Atlantique Nord. Les poussées froides

fragilisent l'anticyclone des Açores, le plus souvent en cellule unique sur l'Atlantique, en s'insinuant dans d'étroits couloirs. Ainsi l'anticyclone est-il perpétuellement tranché en plusieurs cellules par des couloirs méridiens où s'engouffre l'air froid jusqu'aux latitudes tropicales. Ce phénomène prend une importance accrue dès le mois de mai jusqu'en octobre sur le fuseau des Açores en le transformant dans une région de cyclogenèse. On envisagera donc maintenant le cas plus spécifique de ces couloirs et leur importance pour expliquer d'autres types de temps originaux de la saison chaude liés à la circulation tropicale, toujours chauds et pluvieux.

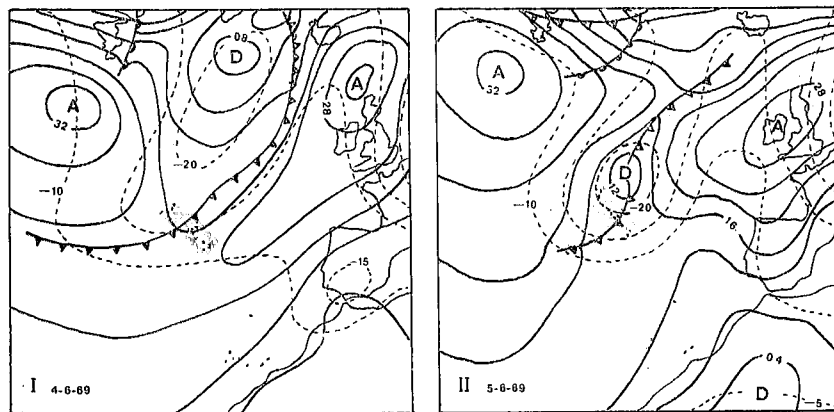
## LES TYPES DE TEMPS PLUVIEUX LIÉS AUX INTERFERENCES POLAIRES ET TROPICALES

## 2 — LES COULOIRS MÉRIDIENS ET LEURS EFFETS PLUVIOMÉTRIQUES

Le point de départ de l'évolution est un talweg d'altitude de la circulation polaire au nord des Açores et qui pousse en direction des latitudes tropicales en pénétrant dans la crête anticyclonique. La situation du 4 juin 1969 donne une bonne illustration du phénomène (fig. 6-I). Une coulée froide provenant d'Islande descend au long du  $30^{\circ}$  W, et elle pénètre en coin dans le flanc nord de l'anticyclone subtropical. Cette situation n'est pas statique. Alors que la coulée s'étire de plus en plus vers le sud en provoquant la bipartition de l'anticyclone, sa racine polaire continue son déplacement vers l'est: Le trop grand étirement provoque sa rupture et l'isolement d'une goutte froide juste au-dessus des Açores (fig. 6-II). Au sol, la poussée polaire d'altitude se marque tout d'abord par la déformation du flanc nord de l'anticyclone par une onde cyclonique. Dès que l'anticyclone est tranché en deux cellules, le couloir est occupé par une dépression de faible ampleur jamais très creusé ou par une série de dépressions en chapelet accompagnées ou non de fronts méridiens. Ce dispositif provoque toujours une dégradation du temps et parfois de forts abatements pluviométriques sur les îles. Ceci s'explique par la conjonction de plusieurs phénomènes.

Tout d'abord, avec la bipartition de l'anticyclone, il y a une accentuation de la convergence en surface. La branche

descendante de la cellule occidentale est soulignée par un flux de nord-ouest à nord qui pénètre dans le couloir. Le flanc sud de la cellule orientale dirige, de son côté, un flux de sud-est à sud. Cette disposition fait converger dans le couloir des masses d'air assez différenciées. La cellule anticyclonique occidentale injecte de l'air frais et humide (tropical de retour ou polaire maritime) dans les basses couches en soulevant



D.F.

Fig. 6 — Construction d'un couloir dépressionnaire méridien.

I — 1<sup>o</sup> étape: possée froide d'altitude entraînant la déformation au sol du flanc nord de l'anticyclone où pénètre en coin un courant perturbé (situation du 4 juin 1969); II — 2<sup>o</sup> étape: bipartition de l'anticyclone par un couloir dépressionnaire méridien marquant l'attaque froide persistente en altitude (situation au sol du 5 juin 1969 et isothermes à 500 mb).

l'air chaud et humide (tropical maritime ou tropical continental modifié). Un véritable cyclone à deux fronts peut marquer le contact.

L'autre facteur à prendre en compte est la présence de l'air froid en altitude. L'instabilité thermodynamique est d'autant plus forte que l'air supérieur est froid et que son niveau d'attaque est bas. A l'époque de l'année où l'on observe le mieux ce phénomène, les contrastes de températures entre la surface de la mer et la moyenne troposphère sont maxima. La fin de l'été est le moment où l'océan est le plus chaud aux abords des Açores. La présence de coulées froides en altitude renforce les échanges énergétiques entre l'eau et l'air. Ceci

d'autant plus que l'air polaire d'altitude toujours sec accentue encore davantage le déséquilibre. La présence d'air froid entretient donc l'instabilité thermodynamique du système et c'est lui, en fin de compte, qui explique le caractère orageux en grosses averses du temps dans les couloirs dépressionnaires. Dès que l'air froid supérieur disparaît, le couloir de surface se referme, les fronts se désagrègent rapidement et les pluies cessent. La cellule anticyclonique unique se reforme. Ces constatations expliquent la diversité pluviométrique des couloirs dépressionnaires. C'est lorsque la convergence des masses d'air est la plus forte et avec les invasions polaires les plus froides que les dépressions de surface ont les plus actives. Dans ces conditions, les pluies peuvent être torrentielles avec des totaux supérieurs à 30 mm par jour sur les côtes et à 100 mm sur les hauts plateaux et les sommets des volcans. L'aire de pluie est étroitement circonscrite au couloir et sous l'axe de la coulée ou à la goutte froide. C'est pour cette raison que de telles situations ne provoquent jamais de pluies généralisées dans tout l'archipel.

## 2 — LES RAPPORTS DES COULOIRS MÉRIDIDIENS ET DES ONDES DE L'EST

Une fois la cellule anticyclonique reconstituée, il n'est pas rare de pouvoir observer pendant plusieurs jours les séquelles provoquées par le couloir dépressionnaire. C'est une cicatrice en U renversé pénétrant dans le flanc sud de l'anticyclone subtropical et entraînée ensuite vers l'ouest par l'alizé. Ainsi est née une onde de l'est. Certaines ondes de l'est seraient donc issues des fronts froids et des vieilles occlusions des latitudes moyennes. C'est une origine qui avait été mise en relief par H. RIEHL (1945) et P. PAGNEY (1966) proposait le terme de « onde de l'est polaire » pour les distinguer de celles d'origine purement cinématique et équatoriale. Des études récentes de BURPEE (1972) et SADLER (1976) ont également confirmé cette origine possible. L'époque de l'année où les couloirs méridiens sont les plus fréquents au centre du Bassin Atlantique Nord correspond d'ailleurs à celle de fréquence maximum des ondes de l'est sur les Petites Antilles: c'est l'automne. Étant donné la position très septentrionale des Açores dans l'anticyclone subtropical, les ondes de l'est

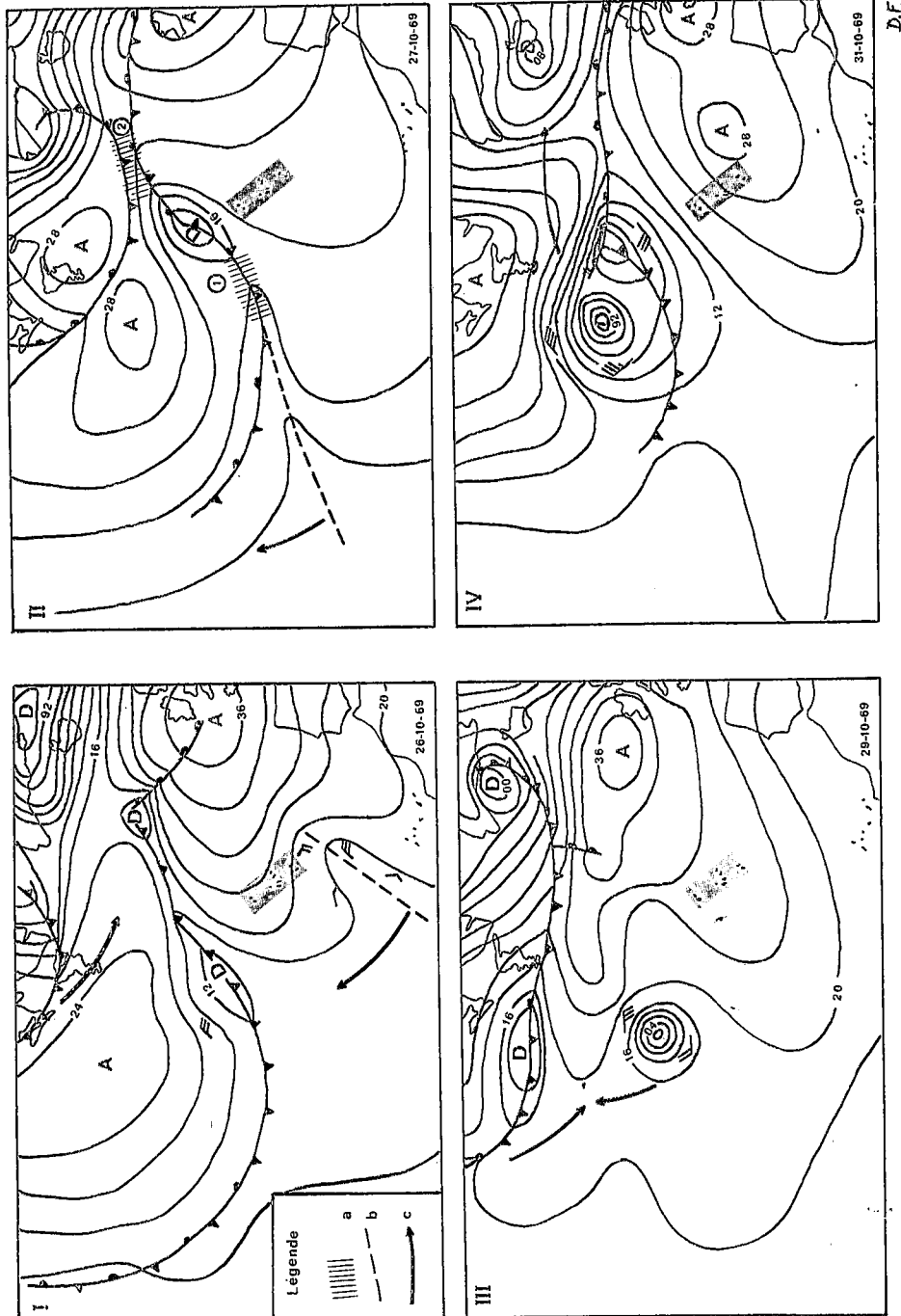


Fig. 7

ne les affectent que très rarement. Entre 1967 et 1970, on en a compté trois. Celle du 26 octobre 1969 a été la plus nette (fig. 7-1). Elle a été accompagnée d'un accroissement momentané de la nébulosité et de quelques bruines.

Indirectement, une onde de l'est née sur l'équateur météorologique au large de l'Afrique Occidentale et en migration vers les Antilles peut faciliter le scindement de l'anticyclone subtropical lorsqu'elle arrive sur le méridien d'une ondulation cyclonique d'ouest circulant sur son flanc nord. Sur le fuseau affecté, l'anticyclone faiblit et se coupe en deux cellules. En altitude, on a alors un afflux rapide d'air polaire dans une coulée étroite qui descend jusqu'aux latitudes tropicales. L'onde de l'est peut sortir renforcée par l'air froid sur son secteur postérieur et continuer alors son chemin vers l'ouest tandis que l'onde polaire septentrionale est entraînée vers l'est. La diminution de convergence dans le couloir méridien et sa distorsion sud-ouest/nord-est ainsi que la disparition de l'air froid en altitude permet ensuite à l'anticyclone de se reconstituer.

Dans d'autres cas, comme pour la situation de 6 au 11 septembre 1968 (fig. 7), l'interception de l'onde de l'est par la dépression logée dans le couloir méridien provoque une intensification rapide du creusement barométrique. La nouvelle dépression ainsi formée d'origine mixte peut même être un embryon de cyclone tropical qui évolue vers l'est si l'anticyclone

Fig. 7 — Un exemple d'interférence polaire et tropicale entre le 26 et le 31 octobre 1969 (situation au sol).

I — Le 26 octobre 1969 (situation au sol). Une onde de l'est et un courant perturbé polaire se rapprochent d'un couloir dépressionnaire méridien à l'ouest des Açores; II — Le 27 octobre 1969, l'onde de l'est et le courant perturbé polaire interfèrent avec la dépression méridienne; III — Le 29 octobre 1969, de l'interférence 1 entre l'onde de l'est et la dépression méridienne naît un embryon de cyclone tropical. De l'interférence 2 entre l'un des fronts méridiens et le courant perturbé polaire naît un autre couloir dépressionnaire plus à l'ouest scindant de nouveau l'anticyclone subtropical en deux cellules; IV — Le 31 octobre 1969, l'embryon de cyclone tropical dans son déplacement vers l'ouest rencontre ce nouveau couloir. Il y est attiré et happé par la dépression froide qui l'annexe ainsi à la circulation polaire des latitudes moyennes. a, interférence; b, onde de l'est; c, sens du déplacement.

est le centre directeur (par fermeture du couloir méridien) ou qui rétrograde vers l'ouest en s'engageant dans le couloir, remorqué par un front froid. Le cyclone se trouve alors annexé à la circulation polaire et passe ainsi sur le flanc nord de l'anticyclone subtropical. Ce processus devient fréquent à partir de septembre et chaque année quelques dépressions régénérées par ces interférences passent sur les Açores en donnant naissance à des épisodes pluvieux remarquables accompagnés de vents forts. C'est une variante des bourrasques de sud-ouest où l'air chaud très humide et instable des basses couches est aspiré par une dépression froide d'altitude. Celle d'octobre 1939 qui a effleuré les îles de son secteur sud-est n'a déversé que 15 à 20 mm. Par contre, du 9 au 11 septembre 1968, une autre a atteint directement les îles centrales de l'archipel. On a alors relevé entre 100 et 150 mm de pluie en trois jours sur l'ensemble des îles.

### 3 — LES COULOIRS MÉRIDIENS ET LES CYCLONES TROPICAUX

Les couloirs méridiens jouent donc un rôle fondamental pour attirer les cyclones tropicaux hors de la zone intertropicale. La plupart des cyclones tropicaux naissent sur des ondes de l'est évoluant dans l'Atlantique au long du flanc sud de l'anticyclone subtropical et balaient périodiquement les Antilles en fin d'été et en automne. Au premier abord, on pourrait penser que ce phénomène lointain intéresse peu les Açores puisqu'ils sont entraînés dans une circulation d'est alors que les latitudes moyennes connaissent une circulation inverse d'ouest. Or, c'est justement dans ces couloirs méridiens, zones de faiblesse des anticyclones subtropicaux, que les interférences tropicales et polaires s'effectuent. L'aggravation de la convergence en surface et la proximité de l'air froid en altitude provoque une sorte de soutirage qui active le cyclone et modifie de façon décisive sa trajectoire. Depuis longtemps, on a constaté la fréquence des trajectoires paraboliques des cyclones tropicaux. D'abord sud-est/nord-ouest sous le flanc sud de l'anticyclone subtropical, elles prennent une direction sud-ouest/nord-est en abordant les Antilles. Le changement de direction a lieu quand l'anticyclone cesse d'être le centre directeur à l'endroit où les cyclones se placent sous la dépen-

dance des dépressions polaires axées sur des coulées froides. Ils empruntent alors le couloir et finissent par être remorqués par les fronts méridiens. Ils passent ainsi sur la face nord de l'anticyclone, et sont guidés par le courant polaire d'altitude. Cette évolution qui se déroule assez loin au sud-ouest des Açores a son importance car c'est ainsi que des cyclones tropicaux parviennent sur les îles pourtant situées en milieu extratropical. D'autres facteurs doivent également intervenir pour maintenir l'activité cyclonique comme la présence de veines d'eau chaude, la libération de chaleur latente dans la colonne tourbillonnaire, l'existence d'une zone de divergence du flux en altitude sous le flanc sud de l'anticyclone à l'entrée du couloir... Entre 1967 et 1969 sont parvenus sur les Açores les cyclones Doria et Chloé du 14 au 19 septembre 1967, Heidi du 27 au 29 octobre 1967, Brenda les 25 et 26 juin 1968, Dolly le 16 août 1968 et Debbie du 22 au 24 août 1969. Certains finissent ainsi par être happés par des dépressions tempérées qui se régénèrent alors au point de provoquer des tempêtes redoutables sur les îles Britanniques et les côtes bretonnes de la France.

Les effets pluviométriques de ces vieux cyclones tropicaux sont parfois remarquables lorsqu'ils stagnent sur les îles. Emmy et Frances (est. II), du 1<sup>er</sup> au 6 septembre 1976, ont déversé sur les îles centrales une tranche d'eau qui a égalé et même dépassé la normale du mois de septembre soit entre 100 et 150 mm sur les côtes dont les trois-quarts dans la seule journée du 4 septembre. En montagne, il fut impossible de contrôler le volume tombé car les pluviomètres ont débordé dès le deuxième jour (capacité de 200 mm). Les totaux et les intensités dépendent non seulement de la proximité du centre dépressionnaire par rapport aux îles mais aussi de la plus ou moins grande efficacité pluviométrique du cyclone. C'est avec l'interférence des deux courants de perturbations d'origine différentes que les pluies sont les plus fortes. Quand la dépression polaire arrive au contact de la colonne tourbillonnaire chaude du cyclone tropical même en dégénérescence, les contrastes de températures et d'humidité entre les deux masses d'air convergentes provoquent une activation de l'instabilité. Les gradients thermiques horizontaux et verticaux (fig. 8-B), devenant très forts au moment de la connection

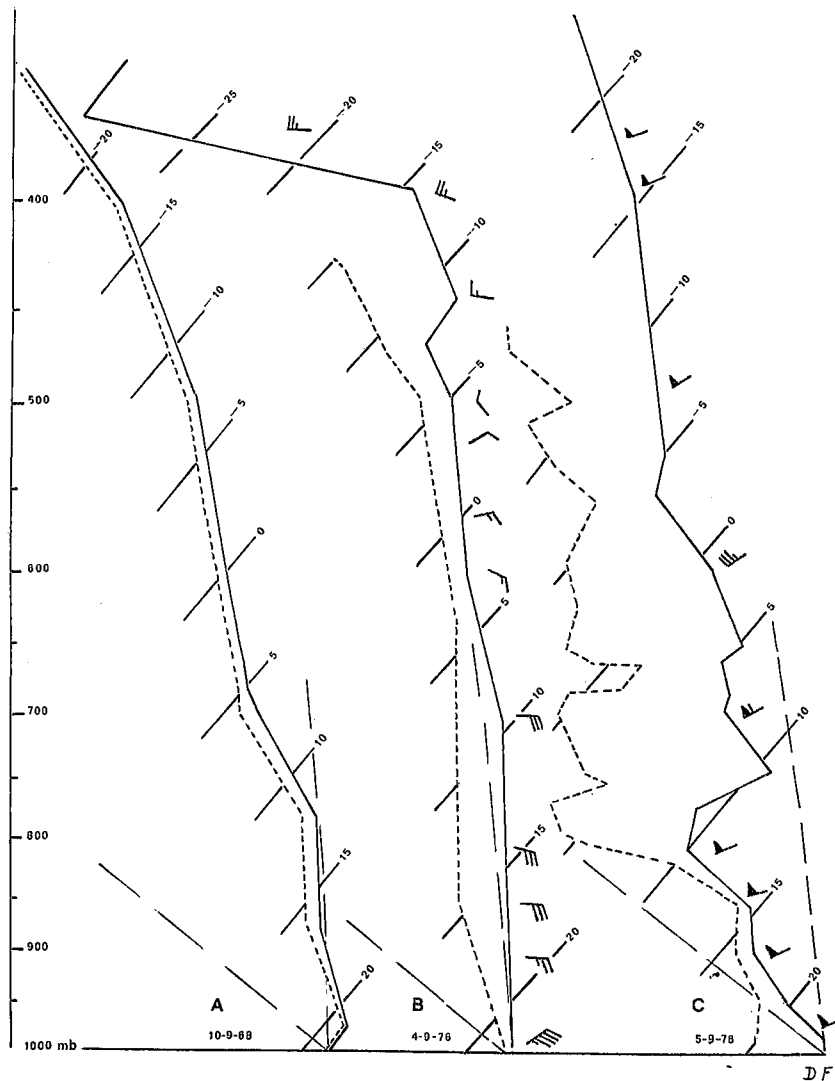


Fig. 8 — Sondages dans quelques dépressions tropicales ayant atteint les Açores (Lajes, 12 TMG).

A — Le 10 septembre 1968: masse d'air tropicale, homogène et humide sur toute l'épaisseur de la troposphère; B — Le 4 septembre 1976: masse d'air tropicale humide de Emmy surmontée par une masse d'air polaire au-dessus de 400 mb; C — Le 5 septembre 1976 dans une dépression mixte. L'air tropical est déjà devenu très hétérogène au contact de l'air polaire. Remarquer les multiples variations de température et d'humidité et la baisse de température des basses couches depuis la veille.

puis de la fusion, entraînent un nouveau creusement barométrique. Ceci ne se fait pas sans condensations importantes dans l'air tropical toujours riche en vapeur d'eau. Telle fut l'origine des fortes pluies de Emmy, Chloé et Debby.

Si, pour une raison quelconque, la dépression tropicale cesse d'être guidée par le courant polaire (retrait rapide de la vallée d'altitude par exemple), elle stagne puis dégénère peu à peu en perdant son tourbillon et ses caractères thermiques sans apporter beaucoup de pluie (Heidi, Brenda, Frances...). C'est que, attirés en milieu tempéré, les cyclones tropicaux ont besoin de l'intervention d'un facteur externe pour les entretenir car l'océan sur lequel ils circulent est loin d'avoir la température suffisante au maintien de leur énergie thermique. Leur trajectoire sur une mer fraîche ralentit les mouvements ascendants et entraîne leur comblement en les stabilisant à la base. C'est pourquoi beaucoup d'entre eux meurent au nord des Açores en quittant les veines d'eau chaudes du système du Gulf Stream. Il faut vraiment une intervention polaire en altitude pour accroître de nouveau l'instabilité et les régénérer. On ne peut plus parler alors de dépressions tropicales puisqu'elles résultent d'une alimentation mixte.

Quoiqu'il en soit, elles engendrent un type de temps particulier. Elles sont toujours accompagnées de fortes températures au sol ( $22^{\circ}$  à  $25^{\circ}$ ) avec un effacement complet des amplitudes thermiques diurnes. Pour Chloé, Dolly et Emmy, elles ont été inférieures à  $0^{\circ}5$ . Les vents enregistrés n'ont rien de comparable avec ceux des cyclones antillais car la chute brutale de pression n'existe pas. Emmy dans sa plus grande force n'a engendré que des vents de surface de 60 km/h et des rafales de 120 km/h. A ce sujet, les dépressions tempérées hivernales sont beaucoup plus à craindre. Ceci ne veut pas dire qu'elles ne sont pas redoutées. Elles provoquent tout de même des situations de tempêtes qui retiennent les bateaux de pêche au port et interdisent la navigation aérienne. Elles ont aussi leur bilan de victimes et de dégât matériel. Emmy, le 3 septembre 1976, a entraîné la chute d'un avion vénézuélien au large de Terceira et 68 morts.

## CONCLUSION

La saison chaude açoréenne est une période de récession pluviométrique dont la cause est la plus grande fréquence des anticyclones. On constate une augmentation des types de temps anticycloniques chauds liés au déplacement vers le nord de l'anticyclone des Açores mais aussi une grande fréquence de types plus frais dénotant l'alimentation froide récente des basses couches par décharges polaires qui continuent à fonctionner à l'arrière des perturbations aux latitudes plus septentrionales. Le déplacement vers le nord de l'activité polaire est dû à la poussée tropicale généralisée sur le Bassin Atlantique et à la reprise d'une circulation zonale. Les vitesses du jet polaire sont cependant moins fortes qu'en hiver et permettent encore des circulations méridiennes de faible amplitude où les ondulations anticycloniques gonflent des apophyses polaires greffées sur l'anticyclone des Açores. Lorsque c'est une vallée polaire qui s'avance au-dessus de l'anticyclone, elle n'engendre souvent aucune cyclogenèse, mais elle provoque l'apparition de journées nuageuses, maussades assez persistantes au cœur de l'été. Ainsi, la saison chaude a-t-elle des types de temps anticycloniques plus variés que ceux des archipels subtropicaux de l'Atlantique Oriental. Leur position plus septentrionale permet encore une activité polaire appréciable. Les pluies tombent encore en été avec fréquence et les îles ne sont pas sèches comme les régions de climat méditerranéen typique.

Les pluies estivales s'expliquent par le passage de l'extrémité méridionale des discontinuités frontales en circulation zonale. La plupart du temps, les îles restent abritées sur la bordure nord de l'anticyclone tropical ou tout au plus ce sont des dépressions migratrices qui les touchent de leur flanc sud. Ces situations, qui marquent de façon assourdie l'activité du front polaire aux latitudes septentrionales, sont à l'origine de beaucoup de journées nébuleuses ou de pluies fines. Inversement, c'est une recrudescence de l'activité polaire qui produit les étés pourris en faisant glisser les trajectoires cycloniques dans une position anormalement méridionale.

L'été connaît également un autre type de pluie: averses courtes mais copieuses, lié à l'apparition de gouttes froides

dans la moyenne troposphère assez actives pour provoquer une situation dépressionnaire au sol. Ce sont les dépressions axées sur les gouttes les plus froides et les plus basses et aspirant de l'air tropical maritime qui provoquent les précipitations les plus fortes. Dans ces conditions les lames journalières de plus de 100 mm sur les reliefs ne sont pas rares. Les précipitations d'été comme celles d'hiver ont donc une origine polaire et en l'absence de l'intervention de cyclones actifs, la forte charge hygrométrique de l'air reste inexploitée.

En septembre, la reprise très rapide des précipitations n'est pas due à une nouvelle migration vers le sud de l'anticyclone subtropical. Celui-ci conserve la même position qu'en plein été, en recouvrant les Açores, toutefois les pressions sont moindres. La fin d'été et une bonne partie de l'automne, jusqu'en novembre, ont donc des températures douces. L'accroissement pluviométrique résulte de la reprise d'une circulation méridienne lente en altitude. Les systèmes cycloniques de sud-ouest reprennent leur importance. C'est l'aspiration de masses d'air tropicales maritimes chaudes et très humides par des dépressions froides mobiles qui est responsable de pluie de fin de saison chaude parfois diluviennes. C'est également l'ouverture de couloirs méridiens provoquant la bipartition de l'anticyclone subtropical où s'engouffre l'air froid qui provoque des épisodes pluvieux localisés mais violents. On a vu l'importance de ces couloirs non seulement pour expliquer la vigueur des pluies d'origine polaire liée à l'air froid pénétrant, mais aussi pour comprendre l'intervention de processus tropicaux dans la genèse de certaines pluies de fin de saison chaude. Bien que situées à une latitude extratropicale, les Açores reçoivent chaque année des extrémités d'ondes de l'est, des embryons de dépressions tropicales ainsi qu'une grande variété de dépressions mixtes nées des interférences polaires et tropicales dans ces couloirs. C'est ainsi que de temps en temps des cyclones tropicaux remontent jusque sur les Açores. C'est l'intervention de ces processus qui gonflent les pluies dès septembre au point de reporter parfois le maximum pluviométrique de l'année sur octobre.

C'est cet ensemble de facteurs dynamiques qui expliquent le rythme pluviométrique de saison chaude aux Açores. Même en cette saison, alors que les conditions anticycloniques sont

plus sûrement établies, l'abri est souvent effacé par une reprise de l'activité polaire. Malgré sa racine lointaine, celle-ci garde une certaine efficacité pluviométrique par la présence d'un milieu marin chaud. En chargeant de vapeur d'eau les masses d'air chaudes, l'océan facilite le déclenchement de l'instabilité convective dès que les conditions dynamiques sont remplies. Il se semble donc pas possible de dissocier l'influence des facteurs dynamiques de celle du milieu géographique açoréen. L'importance du volume précipité tout au long de l'année doit beaucoup à l'intervention active de l'océan et, à l'échelle locale, à la vigueur et à l'orientation des reliefs.

## BIBLIOGRAPHIE

- BERGGREN, R.; BOLIN, B.; ROSSBY, C. G. (1949) — «An aerological study of zonal motion, its perturbations and break-down», *Tellus*, v. 1, p. 14-37.
- BRUM FERREIRA, D. (1980) — *Contribution à l'étude des vents et de l'humidité dans les îles centrales de l'archipel des Açores*. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Dijon. Diffusée dans Relatório n<sup>o</sup> 9, Linha de Acção de Geografia Física, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 1980. V. I (texte), 437 p. et v. II (atlas), 192 p.
- (1981) — «Les mécanismes des pluies et les types de temps de saison fraîche aux Açores», *Fimisterra*, v. XVI, n.º 31, p. 15-61.
- BURPEE, R. W. (1972) — «The origine and structure of easterly waves in the lower troposphere of North Africa», *Jour. of Atm. Sc.*, v. XXIX, p. 77-90.
- CARLSTON, T. N. (1969) — «Synoptic histories of three African disturbances that developed into Atlantic hurricanes», *Mon. Wea. Rev.*, v. 97, p. 256-276.
- (1971) — «Weather note: an apparent relationship between the sea-surface temperature and the development of tropical disturbances into tropical storm», *Mon. Wea. Rev.*, v. 99, p. 309-310.
- LEOPOLD, L. B. (1949) — «The interaction of trade winds and sea breezes», *Jour. of Meteo.*, v. 6, p. 316-320.
- MALKUS, J. S. (1955) — «The effects of a large island upon the trade-wind air system», *Quart. J. R. Met. Soc.*, v. 81, p. 538-550.
- PAGNEY, P. (1966) — *Le climat des Antilles*, Travaux et Mémoires de l'Institut des Hautes Etudes d'Amérique Latine, Paris. V. I, 377 p. V. II, 400 p.
- PEDELABORDE, P.; DELANNOY, H. (1958) — «Recherches sur les types de temps et le mécanisme des pluies en Algérie», *An. de Géol.*, p. 216-244.
- REX, D. F. (1950) — «Blocking action in the middle troposphere and its effects upon regional climate», *Tellus*, v. 2, p. 196-211 et p. 275-301.

- RIEHL, H. (1945) — *Waves in the easterlies and the polar front in the tropics*. Miscellaneous Reports n<sup>o</sup> 17, University of Chicago, 79 p.
- SADLER, J. C. (1976) — «A role of the tropical upper tropospheric trough in the early season typhoon development», *Mon. Wea. Rev.*, v. 104, p. 1266-1278.
- STARK, L. P. (1965) — «Positions of monthly mean troughs and ridges in the Northern Hemisphere», *Mon. Wea. Rev.*, v. 93, p. 705-720.

## RESUMO

*Os tipos de tempo de estação quente nos Açores.* A estação quente nos Açores é marcada por uma nítida diminuição das precipitações, devido a um aumento da frequência das situações anticiclónicas. O tempo quente e sem chuva que ocorre durante o Verão deve-se à instalação do anticiclone subtropical nas proximidades do arquipélago, enquanto à latitude de 50° N domina a circulação de tipo zonal. Todavia, as velocidades do *jet* polar são menos fortes do que no Inverno, o que permite a ocorrência de ondulações de fraca amplitude. Este dispositivo explica, por um lado, a adição periódica de apófises polares ao anticiclone subtropical e, por outro lado, a descida de línguas e gotas de ar frio até à latitude dos Açores. No primeiro caso, faz-se sentir nas ilhas um bom tempo com céu pouco nublado mas relativamente fresco; no segundo caso, o abrigo aerológico desaparece, podendo originar um tempo instável e chuvoso.

Nestas condições, são as extremidades meridionais das frentes de fraca actividade que afectam as ilhas com mais frequência, provocando céu nublado e chuveiro. Mais raras são as chuvadas abundantes, sob a forma de aguaceiros com trovoadas, provocadas quer por depressões frias quer por frentes frias activas. No fim do Verão, quando a circulação meridiana se torna mais ampla, as línguas de ar frio chegam a dividir o anticiclone subtropical em duas células. O corredor depressionário que as separa constitui um leito favorável à penetração de depressões tropicais que são, assim, como que aspiradas em direcção às latitudes médias, indo juntar-se às depressões polares frias. Este fenómeno dá origem a depressões mistas muito activas, responsáveis por tempestades que podem atingir as Ilhas Britânicas. Por via disso, as chuvas podem tornar-se muito abundantes no princípio do Outono, ao ponto de, em certos anos, o máximo de precipitação mensal se registar em Outubro.

Em suma, apesar duma situação geográfica favorável à instabilidade convectiva, devido à presença de um oceano quente que fornece grande quantidade de humidade à baixa troposfera, as chuvas só podem ocorrer, durante o estio, em condições dinâmicas particulares. Essas situações são, no entanto, relativamente frequentes, o que explica que os Açores não possuam um Verão tão seco como o das regiões mediterrâneas.

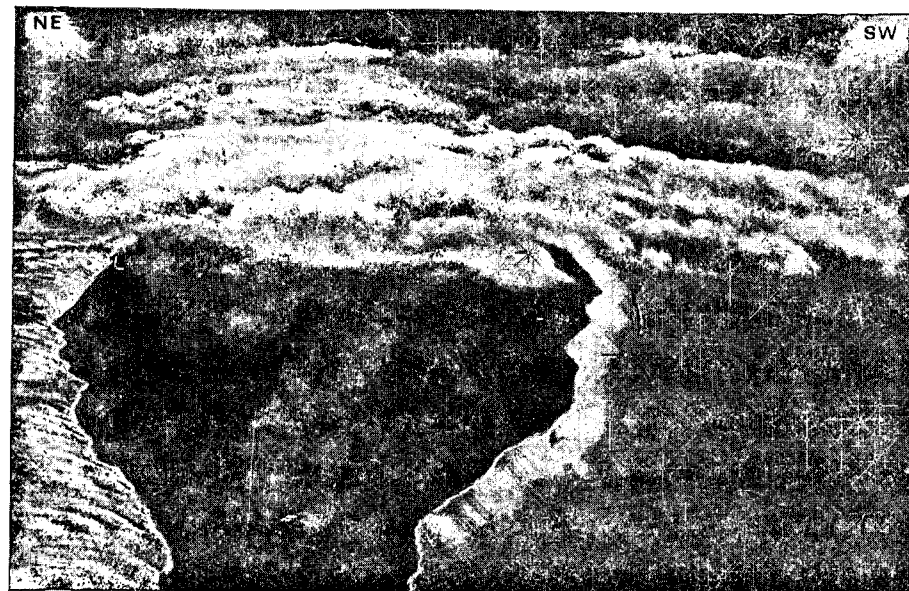


## SUMMARY

*Types of weather during the hot season in the Azores.* The hot season in the Azores is distinguished by a marked decrease in rainfall owing to more frequent occurrences in anticyclonic situations. The hot, dry weather found during the summer is due to the setting in of the subtropical high in the proximities of the archipelago, while at 55° N lat., zonal type circulation is predominant. However, the velocity of the polar jet stream is less intense than it is in winter thereby permitting waves of weaker amplitude. On the one hand, this phenomenon explains the periodical joining of the polar apophyses to the subtropical high; on the other hand, it explains the decrease in troughs and cold lows descending to the Azores latitude.

In the first case, good weather is had on the islands with relatively free skies although fairly chilly; in the second case, the aerological shelter disappears and this could give rise to unstable, rainy weather. Under these conditions, the meridional extremes of fronts having a weaker activity, are more likely to affect the islands, giving rise to cloudy sky and rain. Heavy rain, coming in the form of thunderstorms with showers, is more rare whether it is caused by cold lows or active cold fronts. At the end of Summer, when meridional circulation is wider, cold air troughs stark breaking up the subtropical high into two cells. The low gap which separated the two cells provides a favourable bed for the penetration of tropical depressions, which in this way, are sucked in the direction of the middle latitudes and end up by joining the polar lows. This phenomenon gives rise to very active mixed lows that are responsible for strong storms which could reach the British Isles. In this way, at the beginning of October, rainfall could be heavy—so heavy that in some years, the greatest monthly rainfall is registered in October.

To sum up, despite the fact that the geographical situation is favourable to convective instability, due to the presence of a warm ocean supplying an enormous amount of humidity to the lower troposphere, rains can only fall during the summer in very particular dynamic conditions. However, these situations occur fairly frequently and this explains the fact that the Azores do not have as dry a Summer as in the Mediterranean regions.

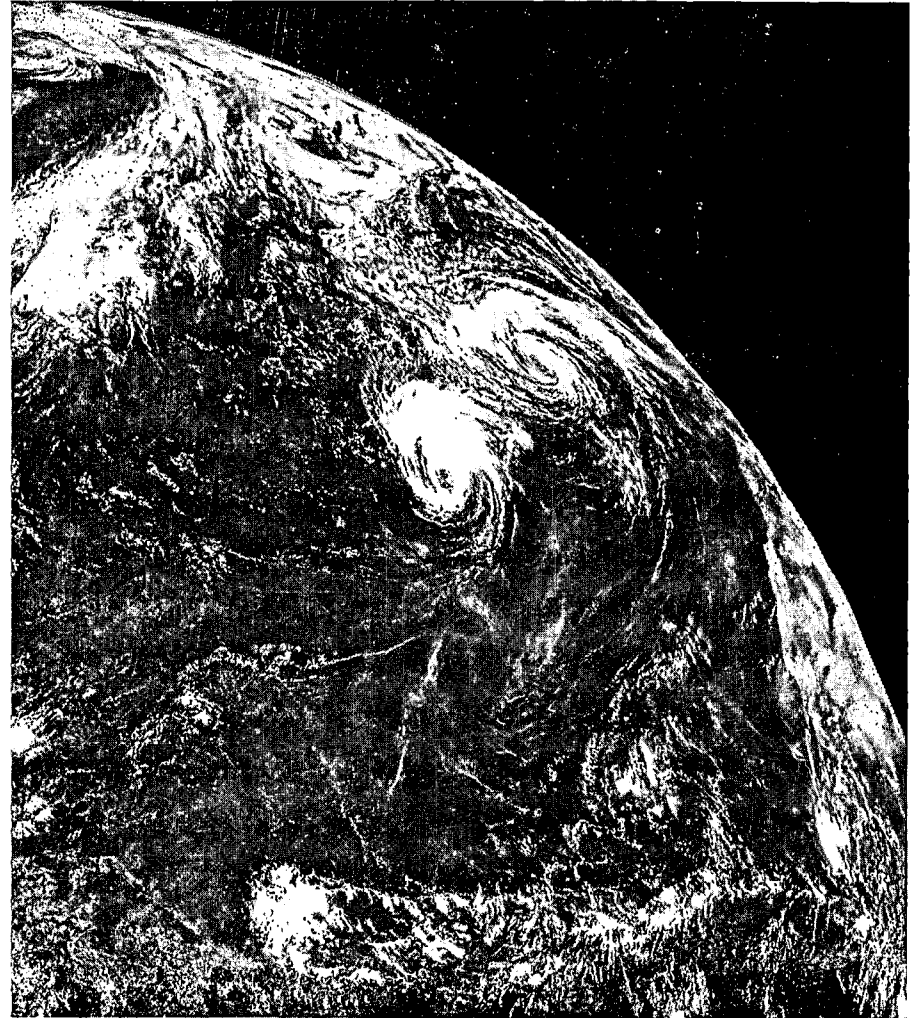


PL. I, A — Bonnet nuageux dissymétrique de l'île São Jorge, le 20 août 1978, vers le milieu du jour, par situation anticyclonique. Le vent vient du nord-est. Vue d'avion au-dessus de la pointe de Rosais.



PL. I, B — Système nuageux de l'île de Pico par situation anticyclonique en début d'après midi, le 28 août 1978. Le vent vient du nord-est. Photo prise de la Caldeira de Faial dont on voit le versant externe griffé par le ruissellement.





PL. II — Les cyclones Emmy et Frances, dont les spirales nuageuses sont juxtaposées, arrivent sur les Açores, le 3 septembre 1976. L'Afrique occidentale est visible à l'extrême droite de l'image. On reconnaît également la bande nuageuse de la convergence intertropicale qui barre l'Atlantique du Brésil à l'Afrique. Image transmise à 14.00 TU par le satellite géostationnaire GOES I dans le spectre visible et reçue au Centre de Météorologie Spatiale de Lannion. (Cliché Météorologie Nationale, France).