

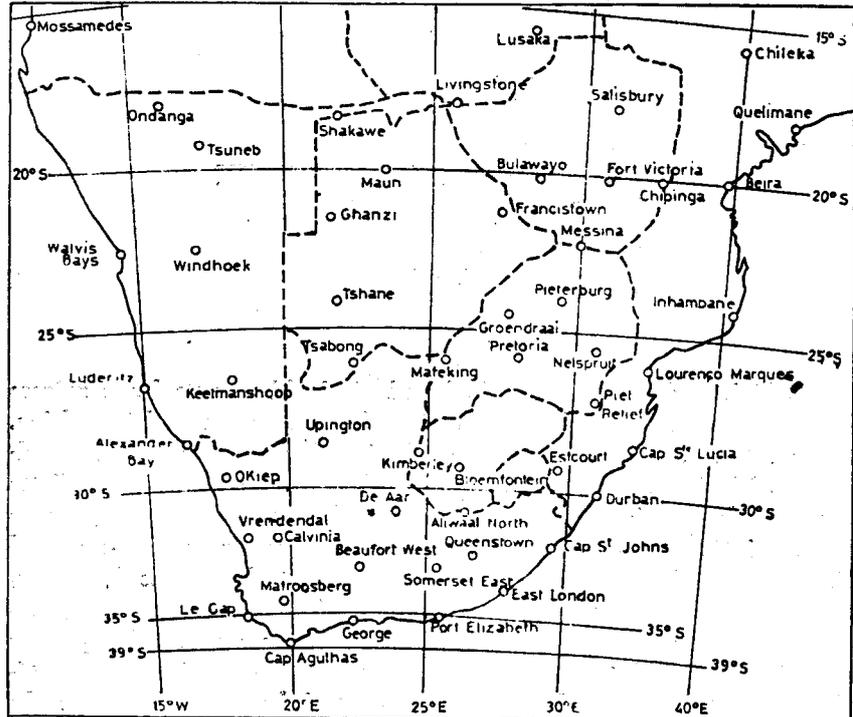
## TYPES DE TEMPS HIVERNAUX SUR L'AFRIQUE DU SUD

par G. DONQUE

L'Afrique du Sud est placée dans l'hémisphère austral aux mêmes latitudes que l'Afrique du Nord et le Sahara dans l'autre hémisphère. Entre 20° S et 35° S s'étendent l'Union Sud-Africaine et le Sud-Ouest africain sur lesquels porte l'objet de cette étude. Cette « proue de l'ancien mode » est essentiellement constituée par une cuvette intérieure entourée de chaînes montagneuses (le « Grand Escarpement ») au bas desquelles s'étendent des zones littorales, plaines ou collines de largeur variable. A l'Ouest, les montagnes atteignent 2 280 m dans les monts de Damara ; au Sud, le système appalachien des chaînes du Cap (2 325 m) isole des dépressions intérieures (Petit et Grand Karoo) ; à l'Est, la massive muraille du Drakensberg (3 285 m au Mont-aux-Sources) tombe abruptement sur les plaines du Natal. L'intérieur est formé de vastes et monotones plateaux d'une altitude moyenne de 1 000 m qui s'abaissent en pente douce vers le N.W.

La latitude vaut à la plus grande partie de cette région un climat chaud et sec. En été, les rayons solaires très voisins de la verticale engendrent des températures élevées tandis qu'en hiver, malgré l'altitude, il est rare que les journées connaissent des températures inférieures à 10°. Une grande pureté de l'air signale les régions intérieures. En revanche, les régions périphériques côtières ont des conditions climatiques plus variées : au désert de la côte du Sud-Ouest africain (Namib) s'oppose le Natal au climat tropical chaud et humide tandis que la zone méridionale jouit d'un climat de type méditerranéen à hivers doux et pluvieux. L'altitude, l'exposition, la position d'abri, la situation maritime ou continentale interviennent enfin pour nuancer le climat à l'intérieur d'une région donnée.

Il convient aussi de noter que l'Afrique australe est bordée par des courants océaniques dont l'influence ne saurait être négligée : courant froid du Benguella et upwelling de l'eau à l'Ouest (température de surface de la mer entre 15 et 16°), courant chaud des Aiguilles (Agulhas) à l'Est (température de surface entre 20 et 25°).



TT	Température de l'air	Force des vents	Nébulosité:
ww	La flèche indique la direction du vent	● 5 Kts	○ Sans nuage
Td	Point de rosée	● 10 Kts	○ 1/8
WW	Temps présent: • Pluie ; Bruine ▽ Averse * Neige ■ Brouillard R Orage	● 50 Kts	○ 3/8
—1020—	Isobares de surface sur mer		○ 1/2
---600---	Isophyses à 850 mb sur l'Afrique australe		○ 5/8 (entièrement couvert)

Fig 1 Localisation des stations et légende commune aux figures

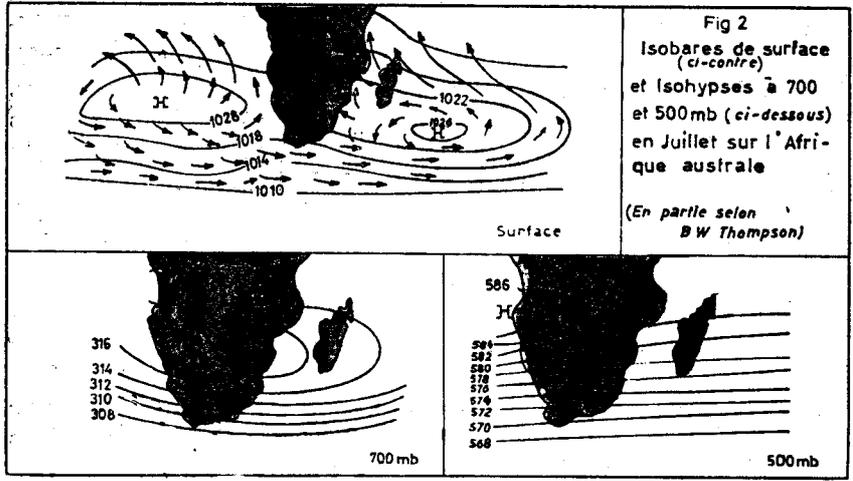


Fig 2  
Isobares de surface (ci-contre) et Isohypses à 700 et 500mb (ci-dessous) en Juillet sur l'Afrique australe  
(En partie selon B W Thompson)

## I. LES CONDITIONS GENERALES HIVERNALES SUR L'AFRIQUE DU SUD :

*La circulation atmosphérique générale* (fig. 2) en surface sur l'Afrique australe se caractérise par un certain nombre de traits. Dans l'hémisphère Sud, la zone des hautes pressions sub-tropicales est en moyenne centrée vers 30° S ; elle se morcelle en plusieurs cellules de hautes pressions et l'Afrique australe occupe une position de col entre l'anticyclone indien et l'anticyclone atlantique. La position et l'élévation de ces anticyclones de surface subissent des modifications saisonnières très marquées : renforcement et glissement vers le nord en hiver, affaiblissement et translation vers le sud en été. Au Sud de cette bande de hautes pressions circulent les westerlies circumpolaires.

Pendant l'hiver, l'anticyclone indien s'étend vers l'Ouest et couvre une partie de l'Afrique australe tandis que le refroidissement continental par rapport aux océans voisins thermiquement plus réguliers renforce les pressions.

Enfin, des systèmes dépressionnaires du front polaire austral défilent toute l'année au sud de la ceinture anticyclonique sub-tropicale. Chaque dépression est suivie par un anticyclone mobile post-frontal se dirigeant vers l'Est, en moyenne à la latitude de 30 ou 35° S, un peu plus vers le Nord en hiver, un peu plus vers le Sud en été. Ces dépressions qui affectent essentiellement la partie Sud-Ouest de l'Afrique australe paraissent se former dans le centre de l'Atlantique Sud le long d'une discontinuité quasi-permanente entre l'air sub-tropical et l'air polaire ou sub-polaire, le premier ayant des températures comprises entre 12 et 18°, le second des températures ne dépassant pas 15°. Elles sont très semblables à celles de l'hémisphère nord (1) mais leurs fronts, surtout leur front chaud, sont moins nets. Sur les cartes de surface on constate qu'elles sont souvent précédées d'une dépression ayant pris naissance sur les côtes du Sud-Ouest africain et qui glisse vers le Sud, contournant le Cap de Bonne Espérance puis, dans la mesure où elle n'est pas rattrapée par la dépression polaire et englobée dans elle, remontant vers le Nord-Est le long des côtes du Natal. (Ex. du Type de temps du 8 au 15 mai 1969, fig. 7).

(1) Meteorological Service of the Royal Navy and South African Air Force : « Weather on the coasts of southern Africa », vol. II, Pt 2 : « Union of South Africa from Olifants river to Mossel Bay », 1943.

*En altitude* (2), la circulation atmosphérique se caractérise en hiver par l'existence aux niveaux inférieurs et moyens de la troposphère d'un anticyclone quasi-permanent dont la position relativement septentrionale en cette saison permet le passage des westerlies d'altitude sur la région du Cap. L'axe des hautes pressions sub-tropicales se dresse en effet vers le Nord et vers l'Ouest : entre la surface et environ 10 000 m, la pente de l'anticyclone indien est approximativement de 17° de latitude en hiver. Il en résulte qu'en saison fraîche, la plus grande partie de l'Afrique du Sud se trouve placée sous le flux supérieur du courant d'Ouest. La situation anticyclonique peut durer plusieurs jours de suite, interrompue occasionnellement par l'arrivée d'une dépression polaire frontale longeant les côtes méridionales et suffisamment puissante pour étendre son influence sur les plateaux. Sur les marges côtières du Grand Escarpement, les conditions barométriques sont plus irrégulières car dépressions côtières, dépressions du front polaire et anticyclones mobiles se succèdent sans interruption. Ainsi une nette discontinuité existe entre la circulation atmosphérique sur les plateaux et celle des régions côtières. On a pu suggérer (3) à la suite de l'examen des cartes des vents en surface et en altitude que cette discontinuité pouvait être liée au fait que les plateaux sont à une altitude très voisine de la limite entre les vents d'Ouest des hauts niveaux et les vents de secteur plus variable des basses couches. La turbulence engendrée par l'échauffement du sol tend à rompre la partie supérieure du courant des basses couches ayant pénétré sur les plateaux, peu épaisse en général, et donc à placer d'une manière presque constante les régions intérieures sous l'influence du courant d'altitude.

*Trois séries de masses d'air* exercent leur influence en hiver sur l'Afrique du Sud (4). Elles sont en très grande partie originaires des océans voisins mais parfois très modifiées par leur passage sur les courants océaniques côtiers ou sur le continent.

L'air tropical maritime peut être d'origine indienne ou atlantique. L'air atlantique est apporté par des courants d'ouest à sud-ouest, c'est-

- 
- (2) S.P. JACKSON : « A preliminary study of the atmospheric circulation over South Africa », Ph.D. Thesis, London, 1951.  
 S.P. JACKSON : « Atmospheric circulation over South Africa », South African Geographical Journal, vol. XXIV, 1952, p. 48-60.  
 J.T. TALJAARD : « The mean circulation in the lower troposphere over South Africa », South African Geographical Journal, 35, 1953, p. 33-45.
- (3) G.W. COX : « The circulation of the atmosphere over South Africa », Met. Mem. N° 1, Pretoria, 1935.
- (4) S.P. JACKSON : « Air masses and circulation over the plateau and coasts of South Africa », South African Geographical Journal, vol. XXIX, 1947, p. 1 à 5.

à-dire par le flux méridional issu de l'anticyclone dit de Sainte-Hélène. Formé d'un mélange d'air tropical et d'air polaire plus ou moins dégénéré, il est constitué par deux couches superposées. La couche inférieure, relativement fraîche et humide n'a qu'une épaisseur faible en général (moins de 1 000 m en moyenne entre Walvis Bay et Le Cap), mais qui croît quelque peu en hiver lors de fortes poussées de Sud-Ouest. Généralement, cet air humide n'affecte que les régions basses périphériques, essentiellement la région du Cap, mais lorsque son épaisseur dépasse 1 200 m, sa partie supérieure peut déborder sur les plateaux. Cette partie arrivant sur les hautes terres reste très mince aussi la turbulence convectionnelle modifie-t-elle puissamment ses caractères originaux : élévation de température, accentuation du gradient qui devient voisin de l'adiabatique sèche, décroissance de l'humidité... La couche supérieure de l'air atlantique est formée d'air potentiellement plus chaud et beaucoup plus sec. La limite entre les deux couches est marquée par une inversion de subsidence (5). Cet air « Supérieur », chaud et sec passe habituellement sur les plateaux où il occasionne de belles journées au ciel dégagé et ensoleillé, aux températures élevées, à la sécheresse accusée mais aux fortes amplitudes thermiques diurnes du fait du refroidissement nocturne accusé. Sur les côtes occidentales, il faut noter que la partie inférieure humide de l'air atlantique se stabilise et s'assèche en passant sur le courant froid du Benguella responsable ainsi de la grande sécheresse et des brouillards de cette portion du littoral. En fait l'air humide atlantique n'affecte généralement que le sud-ouest de la Province du Cap (6).

L'air tropical indien comporte lui aussi une couche inférieure tiède et humide et une couche supérieure chaude et sèche, mais la limite de l'inversion est beaucoup plus haute puisque il affecte ici la partie occidentale de l'océan. L'air humide peut pénétrer profondément à l'intérieur des terres par la vallée du Limpopo et celle du Zambèze mais, plus au Sud, la grande muraille du Drakensberg forme un obstacle difficilement franchissable et il ne gagne l'Est du Transvaal et de l'Etat d'Orange que lorsque son épaisseur dépasse au moins 2 000 m. Sur les côtes du Natal, il apporte des chaleurs moites même en hiver et en s'élevant sur les flancs du Drakensberg, des pluies d'origine orographique (le plus souvent des crachins en raison de la

(5) J.J. TALJAARD : « Stable stratification over South Africa », *Notos*, vol. IV, N° 3, p. 217-230.

(6) J.A. HARKER : « A short analysis of the air masses of the south coast of the Union of South Africa », S.A.A.F. Meteorological Section, Technical Note N° 21, juillet 1942.

stabilité des masses d'air) et des brouillards peuvent survenir. Lorsqu'occasionnellement il déborde sur l'Est des plateaux, il subit des modifications analogues à celles de l'air atlantique.

A côté de ces masses d'origine tropicale, existent des masses polaires ou sub-polaires apportées par les dépressions méridionales du front polaire austral. Frais et humide, assez instable dans ses basses couches, cet air n'affecte lui aussi que les régions basses du Sud. Dirigé par un puissant anticyclone mobile centré au large des côtes du Natal, il peut toutefois recouvrir le plateau, provoquant un ciel nuageux dans le Transvaal et l'Orange, y apportant même quelques pluies, donnant des chutes de neige sur les sommets du Drakensberg et des chaînes du Cap, causant de fortes averses sur les plaines du Natal et de l'Est de la Province du Cap.

Ainsi sur les plateaux, en hiver, le temps est largement déterminé par l'air supérieur subsident, chaud et sec, qui uniformise les températures et les points de rosée sur une très vaste zone et dont l'action peut se faire sentir plusieurs jours consécutifs. Sur les régions périphériques basses, les conditions sont beaucoup plus variables : la plus ou moins grande stabilité de l'alizé indien et l'arrivée de flux d'air polaire expliquent le temps sur le Natal tandis que celui-ci est largement déterminé par le passage des dépressions polaires sur la région du Cap (7).

---

(7) A ces masses d'air hivernales s'ajoutent en été l'air tropical continental chaud et sec et occasionnellement l'air équatorial chaud et humide venant de nord.



## II. QUELQUES TYPES DE TEMPS HIVERNAUX PARMIS LES PLUS FREQUENTS :

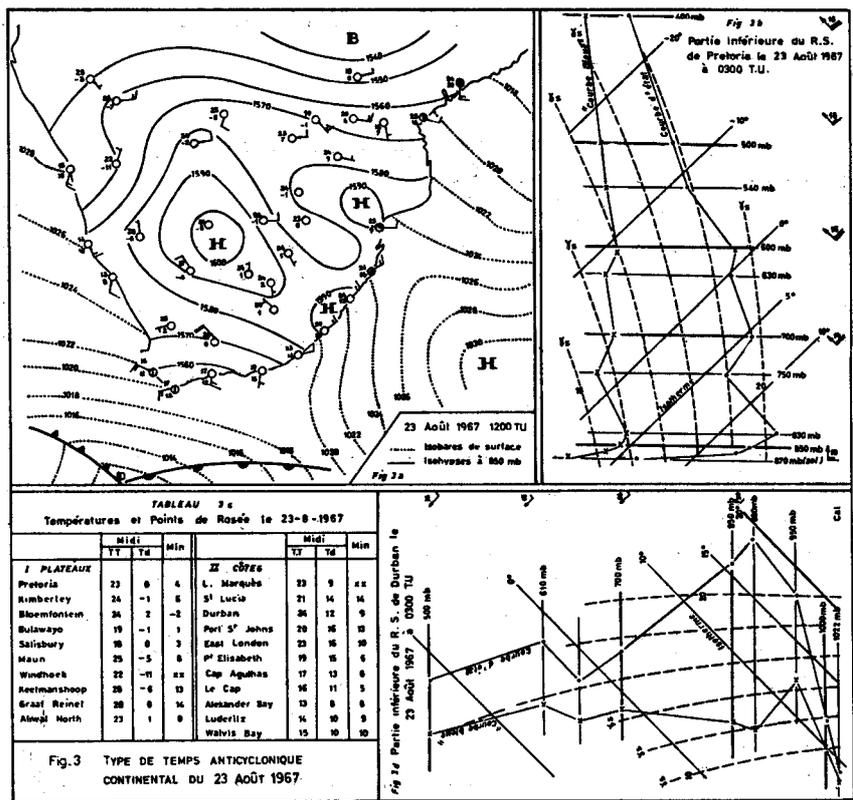
a) *Le type de temps anticyclonique* : En hiver l'anticyclone indien glisse vers l'Ouest et recouvre en altitude une grande partie de l'Afrique australe. L'air supérieur de l'alizé coiffe alors les plateaux engendrant un type de temps remarquablement uniforme et persistant se caractérisant par les éléments suivants : ciel sans nuages, forte insolation, grande sécheresse de l'air, refroidissement nocturne très accusé, brouillards de rayonnement dans les vallées. Les régions côtières peuvent demeurer soumises à des masses d'air maritime plus humides et leur temps reste plus variable.

*Ex. du 23 août 1967* : La situation en surface montre l'existence d'un anticyclone au large des côtes du Natal dirigeant sur celles-ci un flux de secteur Est. A 850 mb, le centre anticyclonique est décalé vers l'Ouest et se situe au-dessus du Kalahari. A 500 mb l'anticyclone se manifeste encore sur les cartes, dans une position un peu plus septentrionale laissant passer sur la République Sud-Africaine, un flux généralisé d'Ouest. Dans les couches inférieures et moyennes de la troposphère, le régime des vents est nettement anticyclonique, faible à modéré, tandis qu'au sol même, souvent règnent des calmes (fig. 3 a).

Le sondage de Pretoria (fig. 3 b) révèle que depuis le sol jusqu'au-delà de 500 mb existe une masse d'air très chaud et très sec. Au sol, bien entendu, le refroidissement nocturne a abaissé la température à 6°5 mais dès 850 mb une forte inversion thermique se manifeste : on relève 13° à 850 mb et 14° à 830 mb. La courbe d'état reste très proche de l'adiabatique saturée au-delà de 700 mb mais la subsidence entre 700 et 750 mb ainsi que la forte sécheresse de l'air ne permettent qu'une instabilité modérée. En effet, à 850 mb, l'humidité relative n'est que de 10 % (rapport de mélange : 4,3) et à 500 mb, elle tombe au-dessous de 7 % (rapport de mélange : 2). On peut attribuer à cette masse d'air une température pseudo-adiabatique potentielle de 14 ou 15°. La persistance de la circulation d'Est jusqu'à plus de 500 mb permet de conclure que cet air est la couche supérieure de l'alizé indien, c'est-à-dire l'air Supérieur.

Les conséquences au sol sont les suivantes : sur l'ensemble du plateau règne un beau temps généralisé avec hautes températures à midi, forts maxima mais intense rayonnement nocturne qui abaisse les minima ; grande sécheresse de l'air ; limpidité du ciel (tableau 3 c).





Sur les régions côtières, le temps est assez différent. Les rivages orientaux sont soumis à l'influence de la couche d'air inférieure de l'alizé indien, plus fraîche et plus humide. Le sondage de Durban (fig. 3 d) montre en surface une pellicule d'air tiède (tenir compte du refroidissement nocturne à 03 TU qui décale la courbe d'état vers la gauche) et relativement humide ; mais dès 950 mb, une forte inversion de température témoigne de la présence en altitude d'une masse d'air plus chaude et plus sèche : on enregistre 9° au sol mais 18° à 950 mb et 18,8 à 880 mb. Cette masse d'air supérieure a une température pseudo-adiabatique très voisine de celle de la masse d'air couvrant le plateau (14-15°) ; elle est apportée par des courants d'Est. Là aussi, il s'agit de l'air Supérieur indien présentant des caractéristiques très voisines de celles enregistrées à Pretoria dont notamment la grande sécheresse : 50 % d'humidité relative dès 950 mb, 13 % dès 880 mb. Au cours de la journée, la couche inférieure humide peut par convection thermique donner lieu à la formation de quelques nuages cumuliformes et par là même engendrer une nébulosité assez

forte surtout sur les stations frappées de plein fouet par le courant d'Est (Cap St-Lucia, Lourenço, Marquès); mais les cumulifications sont rapidement stoppées par la présence de la couche stable et ne peuvent conduire aux pluies. En revanche, le refroidissement nocturne dans ces basses couches plus moites, reste plus modéré que sur le plateau (fig. 3 c).

La côte Sud (région du Cap), se ressent-elle, de l'approche d'une dépression frontale méridionale qui explique les vents de secteur Ouest enregistrés au Cap, à Cap Agulhas, etc... C'est un air humide et plus frais, caractéristique d'un type de temps pré-frontal sur lequel nous reviendrons.

Sur la côte du Sud-Ouest africain, on observe au sol un régime de vents de secteur Sud apportés par l'anticyclone atlantique occasionnant des températures fraîches, même à midi (comparer avec celles de la côte du Natal) et avec une humidité assez forte (TT et Td respectivement à midi : 15° et 10° à Walvis Bay ; 14° et 10° à Luderitz ; 13° et 8° à Alexander Bay). Les masses d'air ont passé sur le courant froid du Benguela et dans la matinée, on enregistre des brouillards littoraux.

Un tel type de temps sur les plateaux persiste très longtemps. Dans l'exemple analysé, il a commencé le 18 août après la fin d'un passage frontal actif occasionnant ciel nuageux, pluies et rafraîchissement de la température. Il dure jusqu'au 25 août et est suivi d'une invasion d'air humide originaire de l'océan indien affectant essentiellement l'Est des hautes terres, type de temps qui sera analysé plus loin.

C'est avec un tel type de temps supposant l'existence d'un fort anticyclone sur les régions intérieures que peuvent se produire des types de temps locaux caractérisés sur la côte par la descente des vents issus des régions intérieures ou « berg-winds ».

#### b) *Berg-winds et dépressions côtières :*

Les « berg-winds » ou vents descendant des montagnes, ont retenu depuis longtemps l'attention des météorologues sud-africains (8).

(8) Meteorological Service of the Royal Navy and South African Air Force : « Weather on the coasts of South Africa », vol. II, introd. et partie 1 : « local information », 1944.

M.P. Van ROOY : « The influence of bergwinds on the temperature along the west coast of South Africa », Quaterly Journal of the Meteorological Society, vol. LXII, London, 1936.

J.A. HARKER : « The bergwind of the southern coast of South Africa », S.A.A.F. Meteorological Section, Technical Note N° 26, 1943.

VEERBURO, Departement van Vervoer : « Lugvaartkundige Kilmatologiese opsommiings », 1968, p. 11.

Quand l'air chaud et sec anticyclonique déborde du plateau et coiffe l'air maritime plus frais, il engendre une forte inversion thermique. Sa descente s'accompagne d'une compression adiabatique qui l'échauffe et l'assèche. Souvent très fort, ce vent descendant peut parfois souffler en rafales. Quelquefois cependant, il ne touche point le sol, arrêté par la couche d'air océanique elle-même échauffée et asséchée. Ce vent crée de belles journées, ensoleillées, chaudes et sèches sur le littoral ; en revanche, la nuit, du fait du bas degré hygrométrique de l'air, un fort refroidissement a lieu et l'inversion thermique se rétablit.

Les conditions favorables à la naissance d'un berg-wind consistent essentiellement en un puissant régime anticyclonique à l'intérieur du pays et l'approche d'une dépression polaire. L'appel d'air en direction de la mer fait tourner les vents dans les secteurs littoraux et on observe alors des directions très perpendiculaires à l'axe du relief : vents de secteur Ouest ou Nord-Ouest sur le littoral Sud-Est ; de secteur Nord sur la région du Cap ; de secteur Est à Nord-Est sur le littoral Sud-Ouest. Cet effet de foehn très caractéristique des régions littorales se manifeste bien entendu plus à l'intérieur chaque fois qu'une vallée ou un bassin se trouve sous le vent du plateau.

Le 24 juillet 1969 (fig. 4), un puissant anticyclone est établi aussi bien sur la mer au Sud du Cap qu'à l'intérieur des terres au niveau de 850 mb. Les hautes pressions continentales produisent les effets analysés dans l'exemple précédant : températures relativement fortes pour la saison sur les plateaux (TT et Td respectivement 21° et -1° à Prétoria ; 19° et -7° à Bulawayo ; 19° et -3° à Bloëmfontein et Kimberly ; 18° et -6° à Windkoek, etc...). Sur les côtes Sud et Sud-Ouest soufflent des vents marins anticycloniques de secteur Sud apportant des températures légèrement plus fraîches et surtout un air plus humide (TT et Td respectivement 20° et 12° à Walvis Bay, 18° et 5° à Luderitz, 17° et 11° au Cap, 15° et 14° à Cap Agulhas, 15° et 10° à George, 18° et 10° à Port-Elisabeth...). Ces vents sont modérés à forts particulièrement dans la région du Cap où ils atteignent 10 ou 15 kts. Ce sont les « Cape south easters » assez violents, responsables d'une mer très agitée.

Le 25 la situation n'évolue pas sensiblement. L'anticyclone océanique glisse vers l'Est le long des côtes méridionales et les hautes pressions se maintiennent sur le plateau mais vers 0° de longitude apparaît une dépression polaire.

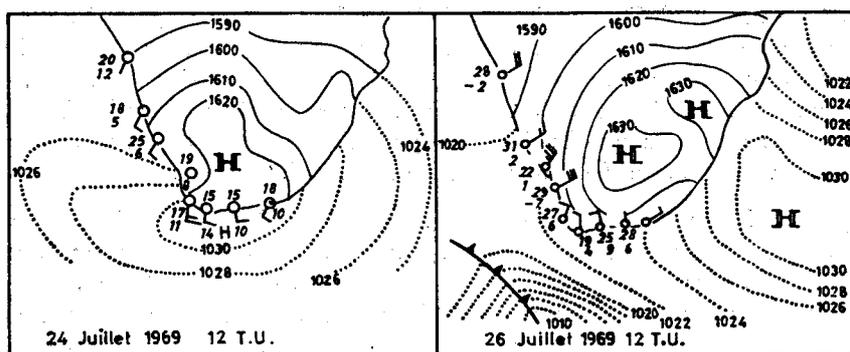


Fig 4 Approche d'une dépression polaire, rotation des vents, berg-winds, changements de température et du point de Rosée sur le Sud et le Sud-Ouest

Le 26 juillet, la dépression polaire passe au voisinage du Cap de Bonne Espérance. L'anticyclone océanique a été refoulé vers l'Est. Sur les régions côtières occidentales et méridionales, les vents tournent nettement, prenant une composante ouest très marquée sur les premières, une composante nord sur les secondes. Leur force s'amplifie : 20 kts à Walvis Bay, 25 kts à Vrendendal. Ils restent plus faibles dans l'extrême Sud. Ce sont les berg-winds apportant avec eux l'air continental du plateau et élevant brusquement les températures tandis qu'ils font au contraire diminuer les points de rosée : Walvis Bay 23° et -2° ; Alexander Bay 31° et 2° ; Le Cap 27° et 6° ; Cap Agulhas 19° et 4° ; George 25° et 9° ; Port Elisabeth 28° et 6°... Ils se manifestent aussi dans les vallées placées sous le vent des chaînes du Cap : Okiep 22° et 1° ; Vrendendal 29° et -7° ; Calvinia 23° et -2°... Le ciel est serein sur ces régions mais en revanche les minima nocturnes baissent fortement : Le Cap 7° (amplitude diurne 20°), Alexander Bay 15° (amplitude 16°), Vrendendal 6° (amplitude 23°)...

Les jours suivants c'est la situation classique de passage de dépression polaire sur le Sud du pays. Mais avant d'examiner celle-ci, il convient de s'arrêter à un effet secondaire des berg-winds celui connu sous le nom « coastal low ».

En avance sur le front froid polaire apparaît souvent sur les côtes du Sud-Ouest africain une dépression côtière qui se déplace progressivement en suivant les rivages, d'abord vers le Sud puis après avoir contourné le Cap de Bonne Espérance, vers l'Est ou le Nord-Est. La manière dont se forme cette dépression côtière est encore assez mal connue mais il est à peu près certain qu'elle est associée aux berg-winds. Il ne s'agirait pas seulement d'une dépression d'origine ther-

mique née de l'afflux d'air chaud descendant des montagnes. Le processus serait dynamique : descente sinusoïdale d'un courant sous le vent d'un obstacle orographique (9). C'est donc un effet dynamique local et non lié à une convergence pouvant se produire dans les basses couches mais dès que la dépression est formée, elle organise autour d'elle une rotation des vents tandis que la nébulosité croît.

La figure 7 montre clairement l'évolution d'une telle dépression côtière. Le 8 mai 1969, elle naît entre Luderitz et Alexander Bay. C'est une dépression relative (1 014 mb) associée à des vents de secteur Est descendant du plateau, c'est-à-dire à des berg-winds. Aucune dépression frontale n'est encore visible sur les cartes synoptiques quotidiennes puisqu'au contraire, au niveau de la mer, deux séries de hautes pressions (H1 et H2) sont centrées respectivement au large des côtes du Natal et de celles du Cap. Au Sud de ces hautes pressions, les isobares restent très rectilignes et les westerlies soufflent. Le 10 mai, avec l'approche de la dépression polaire, la dépression côtière glisse vers Sud et s'associe au niveau de 850 mb avec une dépression semblable sur le continent. Peu de changements surviennent le 10 mais le 11 mai, le creux côtier continuant à tourner autour du Cap de Bonne Espérance est centré entre George et Port Elisabeth. Le 12, il prend de l'ampleur et s'éloigne quelque peu du rivage. Le 13 mai, la dépression polaire très active passe au Sud-Ouest du Cap et le creux côtier se trouve coincé entre elle et l'anticyclone H2 centré au Sud de Madagascar. Il s'accroît encore le 14 sur les côtes du Natal alors que la dépression polaire exerce son influence sur l'Afrique du Sud. On peut même le considérer comme survivant le 15 mai sous la forme d'une dépression, certes en partie d'origine thermique qui occupe le Sud de Madagascar (fig. 7).

La présence d'une telle dépression organise un type de temps local sur les rivages à son voisinage et qui se déplace avec elle : ciel couvert entre 4 et 8/8, éventuellement pluie lorsque la couche d'air maritime coincée sous les berg-winds descendants est suffisamment humide, rotation des vents qui deviennent parfois assez forts. Son influence est cependant très limitée spatialement : elle n'agit que sur les rivages et son influence s'arrête dès qu'une barrière montagneuse existe parallèle à ceux-ci. Au-delà, en effet, continue le plus souvent à régner en hiver le type de temps anticyclonique sur l'intérieur.

(9) G.M. HINNS : « Some effects of depressions on the weather of South Africa », S.A.A.F., Meteorological Section, Technical Note N° 20, 1942.

J.J. TALJAARD : « South African meteorological problems : coastal lows », News lett., W.B. Pretoria, 1957.

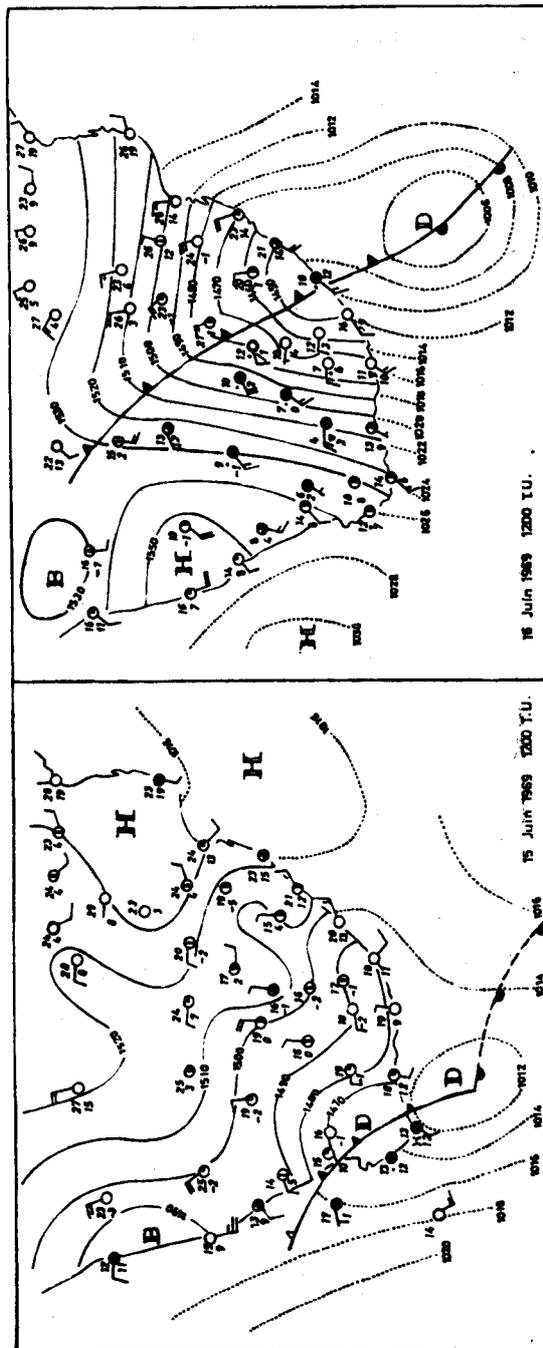


Fig 5 Dépression frontale sur l'Afrique du Sud

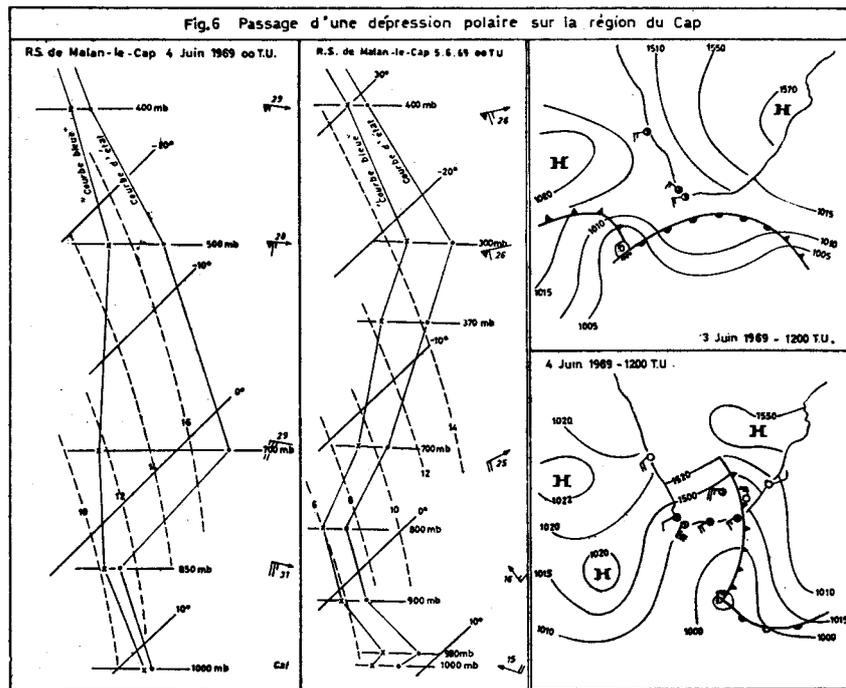
c) *Passage d'une dépression polaire* : Le passage d'un front froid lié à une dépression du front polaire austral est marqué par une brusque rotation des vents sur les rivages méridionaux de l'Union Sud-Africaine. Fréquemment de Sud-Est avant le passage du front (Cape Southeasterns), ils passent très rapidement à N.W. puis à W. et enfin à S.W. et l'air sub-tropical ou continental est remplacé par un air sub-polaire, frais et relativement humide, moins stable que l'air tropical qui, lui, avait été refroidi et donc stabilisé dans les basses couches par son passage sur le courant froid du Benguella. Le passage du front se marque par des bourrasques de vent, une baisse de la température, le développement de nuages cumuliformes, l'apparition d'averses plus ou moins fortes et intermittentes ; le ciel est fréquemment couvert à 8/8. Le front peut simplement effleurer la région du Cap ; quelquefois cependant, il pénètre profondément à l'intérieur des terres, refoulant devant lui l'air plus chaud et plus sec pré-existant et généralisant le mauvais temps sur une partie du plateau. Le passage du front froid est suivi par le progressif retour au beau temps avec l'apparition de l'anticyclone océanique post-frontal en marche vers l'Est. Nous illustrerons ces considérations par deux exemples qui se sont produits au cours du mois de juin 1969.

*Type de temps des 15 et 16 juin 1969* : Le 14 juin 1969, une zone de hautes pressions continentales recouvre l'ensemble de l'Afrique australe occasionnant le type de temps habituel chaud et sec. Mais une dépression polaire s'avance vers l'Est et se situe à 12 TU au Sud-Ouest du Cap de Bonne Espérance. Le front passe sur la station du Cap le 15 à 03 TU. Le radio-sondage de cette station montre clairement la superposition de deux masses d'air séparées par une surface frontale à 700 mb (convergence de la courbe d'état et de la « courbe bleue »). Dans les couches inférieures se produit une poussée de secteur ouest d'un air humide et frais : température pseudo-adiabatique potentielle : 7° ; température en surface : 8° ; humidité relative en surface : 97 %. Au-dessus existe une masse plus chaude et plus sèche (température pseudo-adiabatique potentielle : 15°). Par rapport à la veille, on note un certain rafraîchissement de températures de l'air à tous les niveaux. En surface, les maxima baissent mais les minima nocturnes remontent ce qui s'explique par une nébulosité à 8/8 pendant toute la journée : maxima et minima respectivement : 18° et 8° au Cap, le 14 juin et 17° et 10° le 15. Surtout les points de rosée s'élèvent considérablement passant de 1° le 14 juin, à 12° le 15 juin. Les pluies commencent après le passage du front et s'intensifient le 16 ; elles tombent sous forme d'averses apportant peu d'eau au total (25 mm en tout au Cap).

Entre le 15 et le 16, la dépression polaire poursuit sa trajectoire vers l'Est et balaie toute l'Afrique du Sud, étendant vers l'Est la zone de mauvais temps avec ciel couvert, averses et chutes de neige sur les sommets. On observe après le passage du front une baisse des températures et une légère augmentation des points de rosée (fig. 5) qui permettent le 16 juin à midi de distinguer deux domaines : l'un au N.E. du front encore couvert par l'air supérieur continental chaud et sec à faible nébulosité ; l'autre au Sud du front où le ciel est généralement couvert et où des averses accompagnent une température moins élevée et une humidité plus forte. Bien entendu, l'ascension de l'air sur les flancs du Grand Escarpement occasionne sur les pentes au vent des précipitations bien supérieures à celles que l'on enregistre sur le plateau. En revanche, le temps commence à s'améliorer sur l'Ouest et sur la région du Cap où l'air sub-tropical apporté par l'anticyclone post-frontal remplace l'air sub-polaire.

*Type de temps du 3 au 5 juin 1969 (fig. 6) :* Le 3 juin, une dépression polaire (1 004 mb) est centrée au Sud-Ouest du Cap. La partie la plus méridionale du continent africain se trouve dans le secteur chaud. Le radio-sondage de Malan-Le Cap permet de dire que deux masses d'air se superposent sur cette région. En surface et jusqu'à 850 mb existe un air frais et humide (température de surface : 12° ; à 850 mb : 8°8 ; humidité en surface : 95 % ; à 850 mb : 90 %) auquel on peut attribuer une température pseudo-adiabatique potentielle de 10°. Cette mince pellicule d'air est en état d'instabilité modérée. Au-dessus est une masse subsidente, très stable, chaude (isothermie entre 850 et 700 mb) et sèche (humidité relative à 700 mb : 52 %). Ces deux masses d'air superposées sont apportées par des vents de secteur ouest dont la force croît en altitude. On peut en conclure que l'ensemble représente un air sub-tropical d'origine atlantique doté de la classique inversion vers 1 500 m. La couche inférieure quoique mince est en état d'instabilité et elle engendre sur les stations littorales une nébulosité assez forte (6/8) constituée essentiellement de nuages bas ou de nuages à développement vertical. Quelques pluies en résultent, assez faibles d'ailleurs (Le Cap : 3,1 mm ; George : 1 mm). Les températures restent modérées et les points de rosée sont de 9°. Il en résulte un temps désagréable, frais et humide avec crachins, averses parfois et forts vents de Nord-Ouest sous plafond bas.

C'est dans la nuit du 3 au 4 juin que passe le front froid sur le Sud-Ouest du Cap. Il avance rapidement vers l'Est et, le 4 juin à midi, il s'incurve à travers l'Afrique du Sud dans un sens SSE-NNW en passant par Port Elisabeth et Upington. Après le passage du front, les régions méridionales se trouvent plongées dans l'air polaire mari-



time. Les conditions que révèle le radio-sondage de Malan-Le Cap le 4 juin à 00 TU sont très différentes de celles de la veille. On note d'abord un fort refroidissement à tous les niveaux :

	Le 3 juin	Le 4 juin
Surface	12°0	8°5
900 mb	7°0	2°1
850 mb	3°8	— 0°5
800 mb	3°8	— 3°5
700 mb	3°8	— 6°0
500 mb	—13°8	—15°0
300 mb	—41°6	—47°0

En revanche, comme dans le cas de l'air de la veille, le sondage révèle une stratification en deux couches : jusqu'à 800 mb, c'est un air froid, assez humide (90 % d'humidité relative à la base, 90 % au sommet), de température pseudo-adiabatique potentielle de 6°, apporté par des vents de S.E. assez forts (15 kts) et en état d'instabilité marquée. C'est l'air polaire maritime habituel. Au-dessus, la masse

d'air est plus chaude, plus sèche, plus stable, voire en subsidence et elle est apportée par des vents d'Ouest. C'est certainement l'air sub-tropical atlantique qui recouvre l'air polaire.

La zone pluvieuse s'est étendue vers l'Est car la partie supérieure de la couche humide a pu franchir le rebord montagneux et déborder sur le plateau. Mais sa faible épaisseur limite les conséquences de son invasion : nébulosité en avant de front entre 3 et 4/8 avec nuages bas stratiformes et développement de cumulus d'instabilité pendant la journée ; pas de pluie ; vent de secteur ouest assez fort ; températures et points de rosée sensiblement identiques à ceux de la veille ou de ceux que l'on trouve en avant du front dans la zone non envahie par l'air polaire. En fait, la turbulence diurne a eu pour effet d'effectuer un brassage qui a dégénéré rapidement l'air polaire. Si bien que dans l'ensemble, à l'arrière du front, le temps ne change guère par rapport à la veille si l'on excepte une couverture nuageuse plus forte.

Le 5 juin arrive, l'anticyclone post-frontal qui amène un air plus doux mais plus sec. Le radio-sondage de Malan-Le Cap permet de préciser ses caractéristiques : température de surface : 13°5; Td : 8°5; température pseudo-adiabatique potentielle : 8°; inversion nette à partir de 850 mb; vents de secteur sud-ouest. C'est à nouveau un air sub-tropical d'origine atlantique dans lequel la couche inférieure est très instable, ce qui provoque des pluies sur le littoral méridional (Le Cap : 11,8 mm; Cap Agulhas : 7 mm).

d) *Invasion du plateau par l'air océanique* : Lorsqu'un fort anticyclone mobile stagne au large des côtes sud-africaines, il arrive que la tranche d'air humide inférieure soit suffisamment épaisse pour franchir les chaînes côtières et étendre largement son influence sur la partie orientale des plateaux. Cela suppose une couche humide bien supérieure à 2.000 m qui refoule devant elle l'air supérieur pré-existant.

Le 11 mai 1969, une semblable invasion d'air humide océanique s'est produite (fig. 7). Le type de temps commence le 6 mai par le passage d'un front froid très actif. Ce front était suivi par un anticyclone mobile (H1) qui s'établit au Sud-Est du Natal le 7, apportant déjà sur les pentes du Drakensberg et sur les plaines littorales un air moite et tiède provoquant des averses sur le littoral et des pluies orographiques sur les pentes au vent. Mais la rapide progression vers l'Est des centres d'action empêche ce temps de subsister longtemps. Le 9 mai l'anticyclone H1 s'est déplacé vers l'Est ; il est suivi par un autre anticyclone H2 qui, après avoir contourné le Cap de Bonne Espérance, prend sa place. Le 11 mai, cet anticyclone très puissant (1034 mb) et quasi-stationnaire dirige un flux de secteur Est sur la



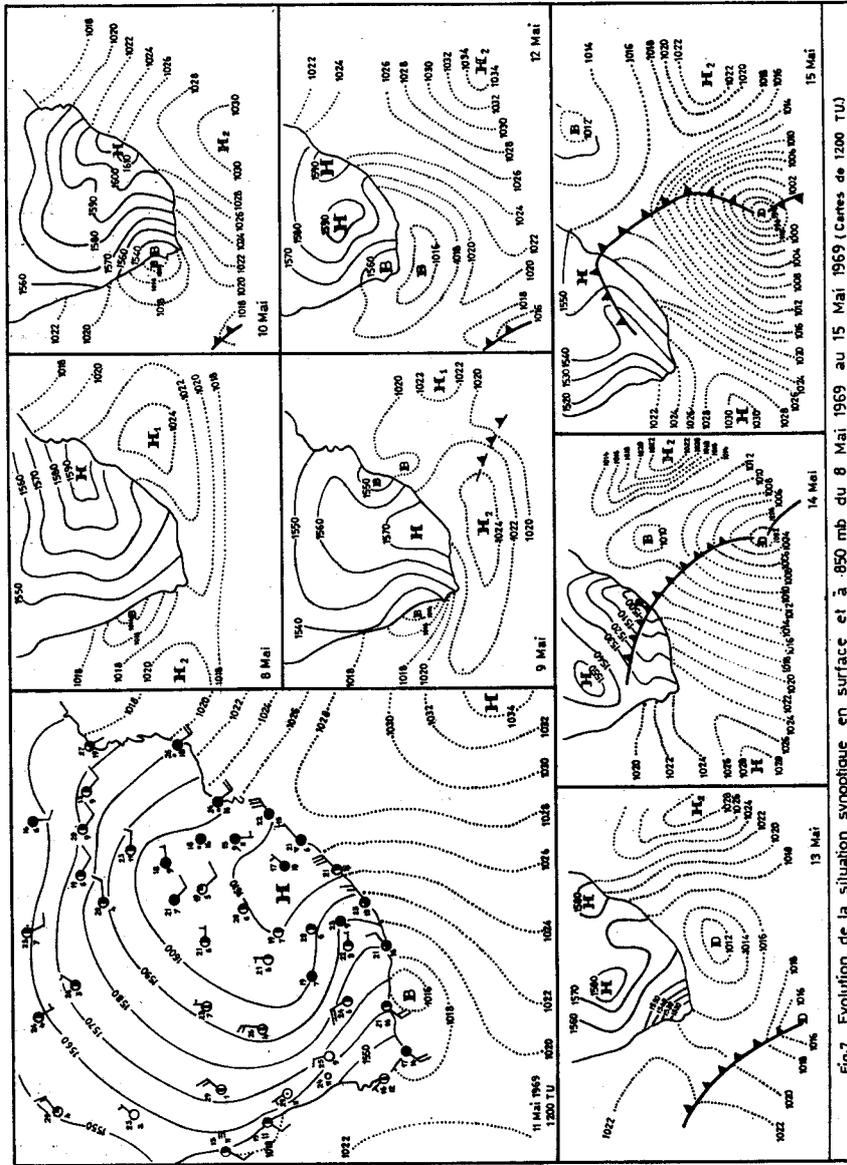


Fig.7 Evolution de la situation synoptique en surface et à 850 mb du 8 Mai 1969 au 15 Mai 1969 (Cartes de 1200 TU)

partie orientale de l'Afrique du Sud. La pénétration de ce flux dans l'intérieur des terres est facilitée par le minimum barométrique établi sur les plateaux en relation lui-même avec une dépression côtière au Sud du Cap. Le radio-sondage de Durban révèle l'existence d'une couche très épaisse d'air humide (jusqu'à 700 mb) surmontée par une couche d'air potentiellement plus chaud et plus sec. La partie supérieure de cette couche humide envahit les plateaux : l'Est du Transvaal et de l'Etat d'Orange ainsi bien sur que le Natal et le Sud du Mozambique connaissent ainsi un temps couvert avec averses et pluies. C'est le 11 mai que les précipitations, en grande partie orographiques se déclenchent sur le Natal ; elles sont abondantes : 10,0 mm au Cap St-Lucia, 13,8 mm à Durban, 30,5 mm à Hluhluwe, 37,5 mm à Port-Shepstone, etc... Mais ce n'est que le lendemain que le flux d'air moite a une suffisante épaisseur pour donner des pluies sur le plateau, pluies qui demeurent bien sûr plus modérées que sur les pentes du Drakensberg : Carolina 5 mm ; Levubu 4,5 mm ; Lydenburg 3,0 mm ; Nelspruit 12,5 mm ; Piet Retief 5,4 mm, ailleurs moins de 1 mm ou pas de pluie du tout.

Les températures restent sans grand changement par rapport à la veille dans leur maxima ; en revanche, les minima nocturnes se relèvent en raison de la plus forte nébulosité et d'une humidité atmosphérique plus forte révélée par l'augmentation des températures du point de rosée.

Ce type de temps reste cependant limité au Natal et à la partie Est du plateau ; sur l'Ouest l'air supérieur persiste et maintient des températures plus fortes, des points de rosée plus bas, un ciel plus dégagé ; dans la région du Cap, après le passage du creux côtier qui avait occasionné du mauvais temps, le ciel clair se rétablit.

L'analyse de quelques-uns des types de temps hivernaux les plus fréquents sur l'Afrique du Sud permet de tirer quelques conclusions de synthèse. Il existe en hiver de nettes différences thermiques entre les régions basses côtières et les régions du plateau. Dans les premières, les moyennes sont de l'ordre de 13 à 15° sans grandes variations d'un jour à l'autre ; sur les secondes, les moyennes oscillent autour de 10° mais avec fortes fluctuations selon le type de temps. Ces différences proviennent essentiellement des valeurs des minima : dans les régions côtières de l'Est et du Sud, les minima sont voisins de 10° tandis que dans l'intérieur ils tombent souvent au voisinage de 0°. En revanche, les maxima moyens sont plus forts sur les plateaux soumis le plus souvent à un air chaud et sec permettant une forte insolation. Bien entendu l'altitude, la continentalité et l'exposition nuancent ces moyennes : les températures baissent de la côte vers

l'intérieur et sur les parties hautes du Grand Escarpement, elles tombent au-dessous de 7° tandis que dans la cuvette du Kalahari, elles sont d'environ 13°. De la même manière, l'amplitude s'accroît en allant de la côte vers l'intérieur (8° en moyenne sur les stations côtières ; 15-16° dans les stations des plateaux). Enfin, la côte Ouest est un domaine un peu à part en raison de la faiblesse aussi bien de ses maxima que de ses minima qui atténue considérablement l'amplitude diurne.

Du point de vue de la couverture nuageuse, de l'humidité et des précipitations, l'ensemble de l'Afrique du Sud en hiver peut être classé dans le domaine tropical sec à fort ensoleillement et faibles précipitations. Cela est valable principalement pour les plateaux. Sur les régions côtières cependant, les pluies restent sporadiques et entre elles de belles périodes ensoleillées existent. En dépit du fait que sur la moitié Est de l'Afrique australe la pluie tombe surtout sous forme d'orages et que dans le Sud et le Sud-Ouest elle provienne essentiellement du passage des dépressions polaires, les totaux pluviométriques dans leur ensemble, dépendent largement de l'altitude et de l'éloignement par rapport à la mer. Les isohyètes décroissent des rivages méridionaux et orientaux vers l'intérieur, puis leur valeur augmente quelque peu sur les zones les plus hautes du Grand Escarpement qui, par endroit, reçoit plus de 1,80 m par an, pour redécroître à nouveau vers l'intérieur et l'Ouest. Dans la région du Cap, les totaux varient considérablement sur de faibles distances en raison du relief très compartimenté et élevé : les versants au vent qui obligent les masses d'air à une convection orographique reçoivent des pluies appréciables tandis que les vallées sous le vent sont extrêmement sèches. La décroissance des pluies vers l'intérieur s'explique par le fait que rarement les couches humides de l'air marin ont une épaisseur suffisante pour recouvrir le domaine des plateaux où continue le plus souvent à régner l'air supérieur subsident. L'aridité de la côte Est est due, nous l'avons vue, au courant du Benguella qui stabilise les couches inférieures de l'air océanique.

Même en plein hiver, le fort ensoleillement et les fortes températures diurnes provoquent un déficit d'eau par évaporation responsable de désastres agricoles. Certains vents particulièrement violents accentuent d'ailleurs l'évaporation, aussi le problème de l'eau se pose-t-il avec acuité non seulement dans les régions sub-arides de l'intérieur mais même dans les zones côtières.

G. DONQUE.

## SOURCES

- Dayly Weather Bulletin (cartes quotidiennes du temps sur l'Afrique australe avec isobares de surface sur mer, et isohyptes à 850 mb sur le continent), Weather Bureau, Department of Transport, Republic of South Africa.
- Cartes de surface et d'altitudes quotidiennes établies par le Service Météorologique de la République Malgache.
- World Weather Maps : Tropical zone and Southern Hemisphere, International Geophysical Year, 1957-1958, cartes quotidiennes de surface et à 500 mb. Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt Hambourg.
- The climate of Africa, atlas climatologique de l'Afrique, B.W. Thompson, Oxford University Press.
- Radio-sondages quotidiens des stations de Prétoria, Durban et Malan-Le Cap.

## RESUME

La circulation atmosphérique hivernale sur l'Afrique du Sud est dominée par l'existence d'un anticyclone continental établi sur l'intérieur, tandis que sur les régions méridionales défilent les dépressions du front polaire austral. Le plateau est le plus souvent soumis à l'influence de l'air Supérieur chaud et sec ; l'air tropical atlantique affecte surtout les côtes Ouest et Sud et l'air tropical maritime indien, les côtes du Natal ; ces deux masses d'air comportent une mince couche inférieure humide surmontée par une couche plus sèche. L'air maritime polaire apporté par les dépressions, exerce surtout son influence sur les régions méridionales.

Les principaux types de temps hivernaux sont : le type de temps anticyclonique du plateau donnant de belles journées ensoleillées mais un fort refroidissement nocturne ; le type de temps beaucoup plus local créé par les berg-winds : l'air chaud et sec du plateau descend sur les régions côtières ; le type de temps dépressionnaire qui, sur les régions littorales du Cap, apporte un temps plus frais, plus humide avec averses et parfois neige sur les hauteurs ; le type d'invasion océanique lorsque l'air polaire a une épaisseur suffisante pour déborder sur le plateau, couvrant alors le ciel, rafraîchissant les températures et pouvant donner quelques pluies.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die winterliche Luftbewegung über Südafrika wird beherrscht vom Vorhandensein eines kontinentalen Hochdruckgebiets über dem Innern, während über die südlichen Bereiche die Tiefdrucks der südlichen Polarfront ziehen. Das Plateau ist meistens dem Einfluß der warmen und trocknen Höhenluft ausgesetzt; die tropische Luft des Atlantiks berührt vor allem die West- und die Südküste, und die tropische Luft des Indischen Ozeans berührt die Küsten Natal's; diese beiden Luftmassen bestehen aus einer dünnen feuchten Schicht, die von einer höheren, trockneren Schicht überdeckt wird. Die polare Meerluft, die von den Tiefdrucks herangebracht wird, beeinflusst vor allem die südlichen Bereiche.

Die wichtigsten Typen des Winterwetters sind: der Typ des Hochdruckwetters auf dem Plateau, mit schönen, sonnigen Tagen, aber einer starken nächtlichen Abkühlung; der Typ eines mehr lokalen Wetters, das von den Fallwinden erzeugt wird: die warme und trockne Luft des Plateaus weht auf die Küstenstriche hinab; der Typ des Tiefdruckwetters, das den Küstenpartien des Kaps ein kühleres, feuchteres Wetter mit Regengüssen und manchmal Schnee auf den Höhen bringt; der Typ ozeanischen Einfalls, wenn die Polarluft mächtig genug ist, um auf das Plateau überzuströmen, wobei sich dann der Himmel bedeckt, die Temperaturen sinken und es auch etwas Regen geben kann.

## SUMMARY

The atmospheric circulation in winter upon South Africa is under the dependance of the continental anticyclone settling inland while on southern countries are unstriving the southern polar front waves. The plateau often is subjugated by the hot and dry Superior air; the atlantic tropical air chiefly effects the western and southern coasts while the indian tropical air influences the Natal ones. These two air masses are constituted by a lower and wet layer and a superior and drier one. The polar maritime mass is brought by polar waves and chiefly effects the southern coasts.

The chief weather types in winter are: the anticyclonic weather type on the plateau, bringing fair and sunny days but great cooling in the night; the more local weather type produced by berg-winds: the hot and dry plateau air comes down in coastal countries; the weather type of polar depressions which on the Cap gives a cooler and wetter weather with showers and eventually, snow on mountains; the weather type of polar outbreak when the polar air has a sufficient thickness to overflow the plateau, increasing its nebulosity, lowering its temperatures and eventually giving some rains.

## RESUMEN

La circulación atmosférica invernal sobre Africa del sur está dominada por la existencia de un anticiclón continental situado sobre el interior, mientras que sobre las regiones meridionales desfilan las depresiones del frente polar austral. La meseta está frecuentemente sometida a la influencia de la capa de aire superior, caliente y seco; el aire tropical atlántico afecta sobre todo a las costas Oeste y Sur, y el aire tropical marítimo a las costas del Natal. Estas dos masas de aire llevan consigo por debajo una delgada capa húmeda que está coronada a su vez por otra más seca. El aire marítimo polar llevado por las depresiones ejerce su influencia sobre todo en las regiones meridionales. Los principales tipos de tiempo invernal son: el anticiclónico de la meseta que origina días soleados con destacado enfriamiento por la noche; el tipo de tiempo mas local producido por los berg-winds cuando el aire cálido y seco de la meseta desciende hacia las regiones costeras; el tipo de depresión que origina sobre las regiones litorales del Cap un tiempo más fresco y más húmedo, con aguaceros y, a veces, nevadas en las altitudes; el tipo de invasión oceánica producido cuando el aire polar tiene un espesor suficiente para desbordarse sobre la meseta, cubriendo el cielo, bajando las temperaturas y originando algunas lluvias.