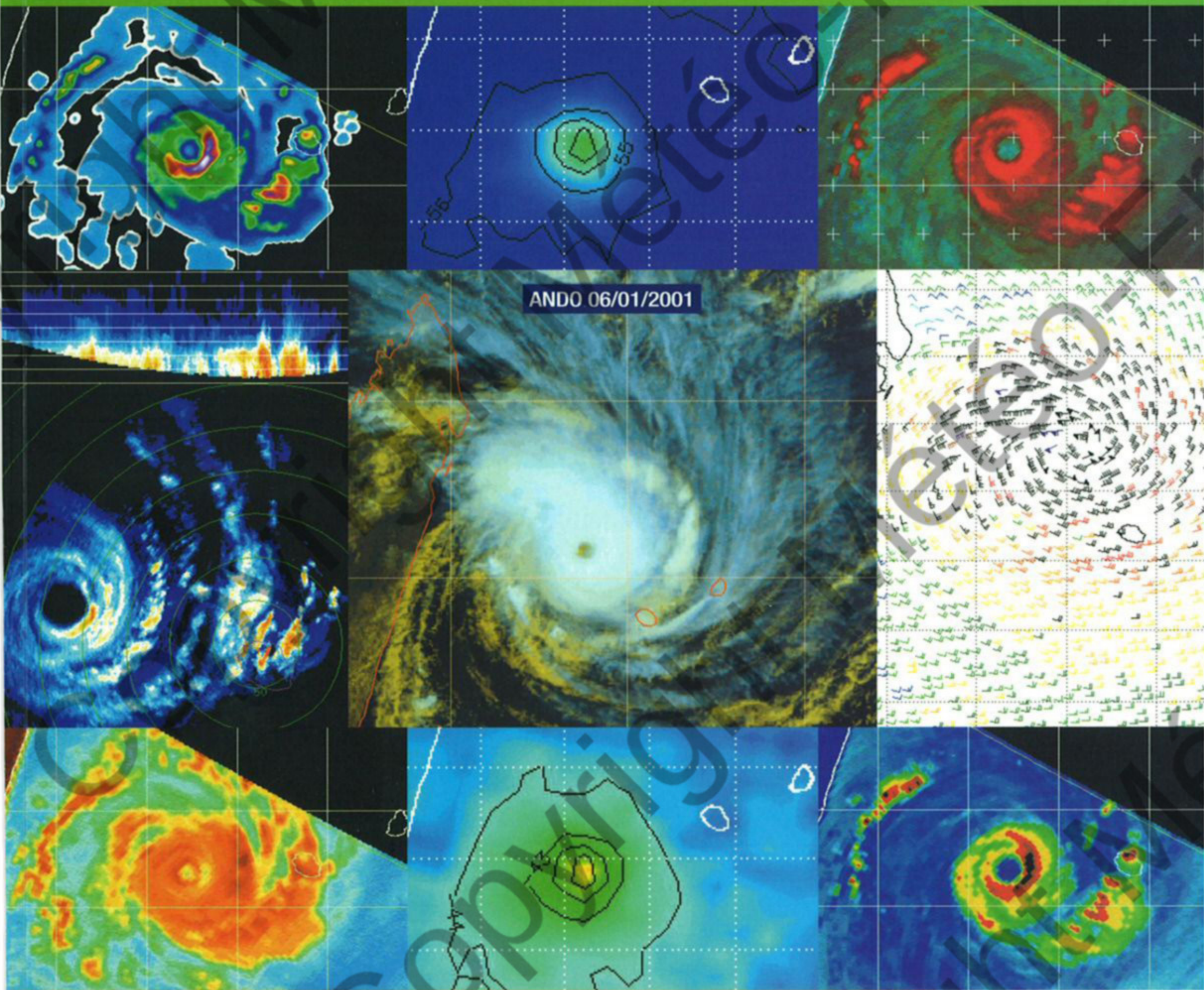


Centre des  
Cyclones Tropicaux  
de La Réunion

*La Reunion  
Tropical Cyclone  
Centre*

# SAISON CYCLONIQUE

## Sud-Ouest de l'océan Indien



ANDO 06/01/2001

# CYCLONE SEASON

*South-West Indian Ocean*

2000  

---

2001



# Saison Cyclonique 2000-2001

## Sud-Ouest de l'océan Indien

### *Cyclone Season* *South-West Indian Ocean*

#### Sommaire Contents

Introduction.....	Page 2
<i>Introduction</i>	
Liste et intensité maximale des perturbations.....	Page 4
<i>List of tropical disturbances with their maximum intensities</i>	
Cartographie des trajectoires.....	Page 5
<i>Map of trajectories</i>	
Caractéristiques de la saison cyclonique et données statistiques.....	Page 6
<i>Main features of the cyclone season and statistical data</i>	
Note explicative sur l'analyse individuelle des perturbations.....	Page 9
<i>Explanatory note on the individual analysis of disturbances</i>	
Activité du Centre des Cyclones Tropicaux de LA REUNION.....	Page 10
<i>Activities of the Tropical Cyclones Centre/ LA REUNION</i>	
Analyse chronologique des perturbations de la saison.....	Page 12
<i>Analysis of the disturbances of the season in chronological order</i>	
Terminologie.....	Page 74
<i>Terminology</i>	
Classification des systèmes dépressionnaires dans le Sud-Ouest de l'océan Indien (version antérieure et version modifiée).....	Page 75
<i>Classification of the tropical disturbances used in the South-West Indian Ocean (former and revised version)</i>	
Informations satellitaires et techniques d'analyse.....	Page 76
<i>Satellite data and interpretation techniques</i>	

Directeur de la publication:  
Dominique LANDAIS

Rédaction et réalisation:  
Philippe CAROFF

Avec la contribution des prévisionnistes cyclone  
du CMRS de La Réunion:

Philippe ALIAGA  
Catherine BIENTZ  
Anne CHARLAT  
Anne-Claire FONTAN  
Mireille MAYOKA



**SAISON  
CYCLONIQUE**  
Sud-Ouest de l'océan Indien

---

**CYCLONE SEASON**  
*South-West Indian Ocean*

**2000 - 2001**





# Introduction

## Saison cyclonique 2000/2001 dans le Sud-Ouest de l'océan Indien

2000/2001 Cyclone season in the South-West Indian Ocean



À la fois peu active et pouvant être qualifiée de clémente, en terme d'impact sur les terres habitées, cette première saison cyclonique du nouveau millénaire ne laissera pas le goût amer de la précédente.

Par rapport à la saison 1999/2000, l'activité cyclonique a été quasiment réduite de moitié, pour se situer à un niveau environ un tiers en-dessous de la normale (36 jours cumulés avec présence d'un système dépressionnaire significatif -d'intensité au moins égale à la tempête tropicale modérée, à comparer avec une moyenne de 53 et une médiane de 48), retrouvant un niveau global à peine supérieur à celui de la saison -peu active- 1998/1999. Cette activité cyclonique réduite s'explique essentiellement par le nombre restreint de systèmes d'intensité modérée (tempêtes tropicales), le nombre de jours cycloniques (avec présence d'un cyclone tropical mature sur zone) ayant été lui, un peu paradoxalement, légèrement excédentaire par rapport à la normale (17 jours, mais en fait 15 -à comparer avec une médiane de 13-, suivant les critères de comparaison antérieurs au changement d'échelle de correspondance intervenu l'an passé entre forces de vents et intensités de Dvorak -critère antérieur :  $CI \geq 5.0$ ). Les cyclogenèses ont donc été moins fréquentes qu'en moyenne, mais ont généré en proportion davantage de cyclones. Enfin, à une échelle plus large que le Sud-Ouest de l'océan Indien, il faut souligner que cette saison cyclonique a été la moins active depuis 1954 sur l'ensemble de l'hémisphère Sud, l'activité cyclonique réduite n'ayant pas été l'apanage de notre seul bassin, mais ayant également concerné la zone australienne et surtout le Pacifique Sud-Ouest.

Pour la quatrième saison consécutive, c'est une saison extrêmement tardive qui demeurera dans la mémoire climatologique. Rappelons qu'en matière de date de début de saison, la médiane se situe au 17 novembre (50 % de dates de début de saison intervenant avant le 17 novembre, 50 % après), le dernier quintile se situant lui vers la mi-décembre. Avec un début de saison fixé au 31 décembre, cette saison se classe au 4<sup>e</sup> rang parmi les saisons les plus tardives depuis le début de l'ère satellitaire, juste devant la saison précédente. Cette assertion mérite toutefois d'être quelque peu relativisée, car deux systèmes dépressionnaires, ayant tous deux atteint le stade de dépression tropicale, avaient été observés préalablement : un premier minimum, extrêmement précoce, avait été classé de manière

éphémère au stade minimal de dépression tropicale le jour même de l'ouverture officielle de la saison cyclonique 2000-2001 (le 1<sup>er</sup> août), tandis qu'une deuxième dépression tropicale avait également évolué sur le Nord-Est de la zone entre les 12 et 13 novembre. Mais n'ayant pas perduré durant au moins 24 heures au stade de dépression tropicale, ces deux systèmes n'ont pas été retenus au bilan final de la saison cyclonique.

Sur les 11 systèmes dépressionnaires ayant fait l'objet de l'émission de bulletins (nombre inférieur à celui des saisons précédentes), 8 ont tout de même été finalement retenus au bilan final de la saison.

Sur ces 8 systèmes dépressionnaires, seulement 5 ont été baptisés, ce qui constitue un nombre très faible, puisque ce n'est que la cinquième fois depuis le début de l'ère satellitaire (1967-1968) que l'on ne baptise pas plus de 5 systèmes dans une saison (seulement deux saisons ayant en fait vu moins de 5 baptêmes). Sur ces 5 systèmes baptisés, 4 ont cependant atteint le stade cyclonique, ce qui est par contre dans la norme du bassin (les valeurs moyennes étant de 9 tempêtes tropicales, dont 4 cyclones tropicaux). En outre, un système (le n°10), classé en temps réel en dépression tropicale, a été finalement reclassé a posteriori en tempête tropicale minimale.

Ce système de très petite taille (système nain dit "midget") ayant intéressé très temporairement l'extrême Est du bassin, n'a d'ailleurs pas été le seul système atypique de cette saison, qui se sera singularisée par le développement de plusieurs systèmes originaux. Hormis une dépression de type mousson ("monsoon depression" n°7), dont la circulation dépressionnaire a atteint sa plénitude dans le domaine extratropical, et le cyclone DERA ayant connu une phase d'intensification explosive sur le centre du canal de MOZAMBIQUE, puis conservé le statut de cyclone tropical jusqu'à une latitude inhabituellement élevée pour le bassin, un autre système de type "midget" mérite une mention particulière.

Lors de la saison précédente, un système hybride particulièrement original (le système subtropical n°13) s'était développé en avril 2000 sur le Sud du canal de MOZAMBIQUE. Ce système avait alors été considéré comme une vraie curiosité, sans équivalent récent.

En fait il aurait fallu être capable de se projeter dans l'avenir pour trouver un équivalent. Car le sys-

tème n°11 de cette saison a présenté bien des analogies avec cette dépression subtropicale d'avril 2000. Mais outre sa genèse et sa structure atypiques, il aura eu un caractère encore plus exceptionnel du fait de sa date de genèse (maximum d'intensité le 21 juin, jour du solstice d'hiver), qui l'a ainsi vu se développer sur des eaux relativement froides (24-25°C pour la température de surface de la mer).

Ce système, finalement classé en subtropical, mais qui aurait pu tout aussi bien être classé en forte tempête tropicale, car les vents y ont selon toute vraisemblance atteint au moins la force de la tempête, a du coup mis à mal quelques records. Sa date de formation en fait le système le plus intense à s'être formé aussi tardivement (depuis le début de l'ère satellitaire) sur le Sud-Ouest de l'océan Indien (la tempête tropicale GRITELLE de 1991 détenait préalablement la palme, mais c'était un peu avant la mi-juin). Le fait qu'il se soit développé sur le canal de MOZAMBIQUE constitue une singularité supplémentaire, puisqu'on ne retrouve trace d'aucun système dépressionnaire tropical dans le canal ni en juin, ni même en mai (ce au moins depuis 1967).

Si les cyclogenèses ou vellétés de cyclogenèses se sont réparties sur quasiment l'année entière, avec donc deux systèmes ayant été suivis en hiver austral, l'essentiel de l'activité cyclonique s'est toutefois concentré sur le mois de janvier, avec le développement successif de trois cyclones dont deux intenses (ANDO, BINDU et CHARLY). A ce constat presque paradoxal, il faut adjoindre un second élément remarquable, à savoir la totale absence de cyclogenèse un mois durant entre le début février et le début mars, période correspondant pourtant habituellement au pic d'activité dans le bassin. Cette phase d'inactivité postérieure à la forte activité de janvier, a coïncidé avec le transit sur le bassin des phases active et inactive d'une oscillation de Madden-Julian au signal particulièrement prononcé.

Enfin, contrairement aux deux saisons précédentes, les trajectoires zonales ont été quasiment absentes cette année, les trajectoires méridiennes ou "pseudo-paraboliques" étant la règle pour quasiment tous les systèmes.

Comme il est souvent de mise lors des saisons où les trajectoires méridiennes dominent nettement, le risque cyclonique a été sensiblement atténué pour les terres habitées concentrées sur l'ouest du



bassin, et aucune d'elles n'a eu réellement à souffrir des différents météores de la saison. Après une saison cyclonique 1999-2000 active et de sinistre mémoire, cette saison aura donc été plutôt clémente, puisqu'aucun système dépressionnaire n'a eu de conséquences aussi dommageables pour les populations de la zone, que les phénomènes particulièrement dévastateurs et meurtriers de l'an passé. MADAGASCAR et les pays d'AFRIQUE Australe, le MOZAMBIQUE tout spécialement, qui avaient été très durement affectés en 2000, ont été épargnés cette saison, le seul système dépressionnaire ayant concer-

*Both of rather low activity and clement in terms of impacting inhabited lands, this first cyclone season of the third Millennium did not leave behind the same bitter taste it did the preceding season.*

*Compared with the 1999/2000 season, the cyclone activity was nearly reduced by half and set noticeably inferior to normal activity, thus reaching nearly the same level of the 1998/1999 fairly inactive season. Indeed, a total of 36 cumulated days with the presence on the area of a tropical disturbance of significant intensity -at least equal to that of a moderate tropical storm- was recorded (against a 53 days mean value and a 48 median). This reduced cyclonic activity was due essentially to the small number of systems of moderate intensity (tropical storms), the number of cyclone days (defined as the cumulated number of days with the presence of a mature tropical cyclone, i.e. of hurricane intensity) being for its part -a little bit paradoxically- slightly above normal (15 days compared to a median of 13). The cyclogenesis were thus less frequent than average but proportionally spawned more tropical cyclones.*

*Finally, on a scale larger than the South-West Indian Ocean, it must be pointed out that, since 1954, the 2000-2001 cyclone season was the least active for the whole of the southern hemisphere.*

*For the fourth consecutive year, this season started very tardily; this is in fact what will actually remain in the climatological records. As a reminder, in terms of the starting dates of the cyclone seasons, the median is situated on 17th November (50% of the starting season dates occurring before 17th November, and 50% afterwards), the last quintile standing for its part around the middle of December. With a start on 31st December, this season ranked 4th among the most tardy seasons since the beginning of the satellite era, thus occupying the position held till then by the previous season. However, this assertion and classification among late starters should be relativized since two systems that had both reached the tropical depression stage had been observed before that. A first low had been classified at the minimum tropical depression stage on the very day the cyclone season change occurred (on 1st August 2000), thus inaugurating very precociously - in the depth of the southern hemisphere winter- the 2000-2001 season, while a second tropical depression developed on the northeastern sector of the basin between 12th and 13th November. However, as these two systems did not last more than 24h at the tropical depression stage, they were not taken into account in the final cyclone season records.*

*Out of the 11 systems that gave rise to the issuance of advisories and warnings (less than the previous years), 8 of*

*né MADAGASCAR et le MOZAMBIQUE (DERA) ne les ayant influencé qu'en début de vie, à une intensité faible. Les MASCAREIGNES ont, pour leur part, échappé à l'impact direct des deux seuls météores à les avoir réellement menacées (ANDO et EVARISTE) et ont subi une influence limitée, même si l'on a eu à déplorer deux victimes à LA REUNION consécutivement au passage d'ANDO. Les pluies bénéfiques apportées par ANDO à LA REUNION ne sont pas parvenues à compenser les déficits pluviométriques d'une saison chaude par ailleurs placée sous le signe de la sécheresse (comme le reste de l'année d'ailleurs).*

*them were finally retained in the final cyclone season records. Out of those 8 systems, only 5 were named, which is a very low number considering it is only the fifth time since the beginning of the satellite era (1967-1968) that not more than 5 systems are being named (in fact only two seasons actually had less than 5 named systems). Out of those 5 named systems though, 4 had acquired the tropical cyclone status, which is within the basin's norm (average values being 9 tropical storms, among which 4 reach the tropical cyclone stage). Worth of note though is that one system (N°.10), graded in real time as a tropical depression, was actually upgraded to a tropical storm afterwards.*

*This very small-sized system ("midget" system) that evolved very temporarily on the far eastern part of the basin, was actually not the only atypical system of this season which was characterised by the development of several very unusual systems. Apart from a monsoon depression (system N°.7), whose clockwise circulation reached its peak organisation and intensity in the extratropical field, and Tropical Cyclone DERA, which went through an explosive intensification phase on the central MOZAMBIQUE Channel and then kept its tropical cyclone status up to a relatively high latitude for the basin, another midget-type system deserves special mention. Last season, a very unusual hybrid system (subtropical depression N°.13) developed in April 2000 over the South of the MOZAMBIQUE Channel. That system was considered at the time as a real curiosity with no similarity with any recent system.*

*In fact, one should have been able to project into the future to find an analogue. Indeed, the N°.11 system of the present season displayed a lot of similarities to the subtropical depression of April 2000. But beside its atypical genesis and structure, it was even more exceptional given the date of its formation (peak intensity on 21st June, date of the southern hemisphere's winter solstice), which implies that it developed over relatively cool waters (sea surface temperature of 24-25°C).*

*That system, ultimately being classified as a subtropical one while it could just as well have been classified as a tropical storm (since the winds probably reach at least storm force winds), did actually break a few records. The date of its genesis makes it the most tardy system to have reach such an intensity (since the beginning of the satellite era) in the South-West Indian Ocean (Tropical Storm GRITELLE of 1991 held the previous record but it was a little before mid-June). The fact that it developed over the MOZAMBIQUE Channel makes it even more unusual especially, since there is no trace whatsoever of any tropical depression in this sector of the basin, neither in June nor even in May (this has been so since at least 1967).*

Ce rapport annuel, qui s'efforce de concilier éclairage technique et accessibilité au plus grand nombre, présente, comme à l'accoutumée, textes et illustrations documentant la vie des différentes perturbations de cette saison 2000-2001. Gageons que le lecteur, qu'il soit fidèle ou occasionnel, trouvera matière à satisfaire sa passion ou sa curiosité, au gré des différentes pages et des commentaires, graphes, tableaux et images qui les agrémentent.

Bonne lecture!

*Although the cyclogenesis or unsuccessful cyclogenesis were distributed evenly throughout nearly the whole year, with two systems monitored during the southern winter, most of the cyclonic activity concentrated in the month of January with the successive development of three tropical cyclones (ANDO, BINDU and CHARLY), including two intense ones. Another remarkable feature of this season was the total absence of cyclogenesis for a whole month between the beginning of February to the beginning of March, which is usually the period that undergoes activity peak in the basin. This inactivity, following the very active January coincided with the passage of the active and inactive phases of a well-marked Madden-Julian oscillation.*

*Finally, unlike the two previous seasons, zonal trajectories were practically non-existent this year, meridian-like or "pseudo-parabolic" tracks being a rule for nearly all systems.*

*As is often the case in seasons where meridian-like tracks are dominant, the cyclone risk was noticeably reduced for the inhabited lands gathered on the western part of the basin, and none of them really suffered from the different meteors of the season. After the sinister 1999-2000 cyclone season, this season was rather lenient in comparison since none of the depression systems resulted in such heavy damage for the populations of the area as those caused by the devastating and deadly phenomena of last year.*

*MADAGASCAR and countries of SOUTHERN AFRICA, especially MOZAMBIQUE, that were all badly affected in 2000, were spared this time, as the only system that concerned MADAGASCAR and MOZAMBIQUE (DERA) only influenced them at the beginning of its life-cycle thus at weak intensity. As for the MASCARENES, they avoided the direct blow of the only two meteors that really threatened them (ANDO and EVARISTE). Two people died however in LA REUNION due to ANDO's aftermath. In LA REUNION Island, the beneficial rain brought by ANDO did not manage to counterbalance the rainfall deficit of the warm season that would undergo drought.*

*This annual report which aims at providing technical information while remaining accessible to a great number of people, presents, as usual, texts and pictures illustrating the lifecycle of the various disturbances of the season. Let's hope the reader, whether regular or occasional, will find enough matter to feed his passion or curiosity, while drifting along the various pages and comments, graphs, tables and pictures which make up this report.*

Enjoy your reading!




# Perturbations

analysées dans l'ordre chronologique

Analysed disturbances in chronological order


 **01. ANDO :**  
Cyclone tropical intense  
(30 décembre 2000 au 13 janvier 2001)

 **02. BINDU :**  
Cyclone tropical  
(2 au 22 janvier 2001)


 **03. CHARLY :**  
Cyclone tropical intense  
(17 janvier au 1<sup>er</sup> février 2001)

 **04. 07 2000 2001 :**  
Dépression tropicale  
(30 janvier au 6 février 2001)

 **05. DERA :**  
Cyclone tropical  
(4 au 13 mars 2001)


 **06. 10 2000 2001 :**  
Tempête tropicale modérée  
(1<sup>er</sup> au 5 avril 2001)


 **07. EVARISTE :**  
Forte tempête tropicale  
(2 au 8 avril 2001)

 **08. 11 2000 2001 :**  
Dépression subtropicale  
(19 au 24 juin 2001)

 **01. ANDO :**  
Intense tropical cyclone  
(30 December 2000 - 13 January 2001)

 **02. BINDU :**  
Tropical cyclone  
(2 - 22 January 2001)


 **03. CHARLY :**  
Intense tropical cyclone  
(17 January - 1 February 2001)

 **04. 07 2000 2001 :**  
Tropical depression  
(30 January - 6 February 2001)

 **05. DERA :**  
Tropical cyclone  
(4 - 13 March 2001)

 **06. 10 2000 2001 :**  
Moderate tropical storm  
(1 - 5 April 2001)

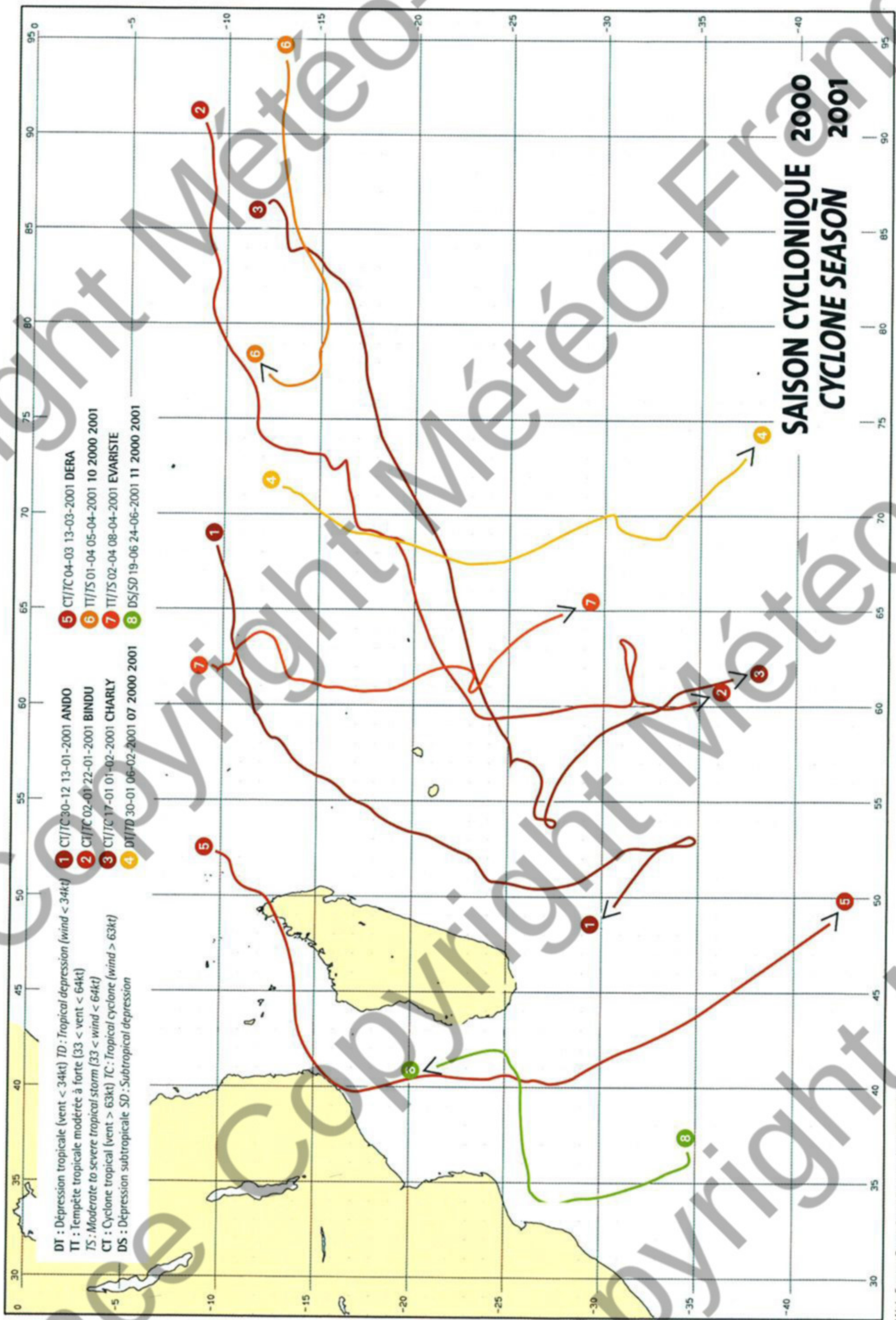
 **07. EVARISTE :**  
Severe tropical storm  
(2 - 8 April 2001)

 **08. 11 2000 2001 :**  
Subtropical depression  
(19 - 24 June 2001)

NUMERO D'ORDRE Number	SYSTEME System	TYPE Type	VENT MAXIMAL MOYEN SUR 10 MN (nœuds) et date Max 10-min average wind (knots) and date	PRESSION MER MINIMALE (hPa) Minimum sea-level pressure (hPa)
1	ANDO	CT/TC	105 (06/01/2001)	925
2	BINDU	CT/TC	80 (13/01/2001)	955
3	CHARLY	CT/TC	100 (22/01/2001)	930
4	07 2000 2001	DT/TS	45 (04/02/2001)	985
5	DERA	CT/TC	80 (11/03/2001)	955
6	10 2000 2001	TT/TS	35 (03/04/2001)	998
7	EVARISTE	TT/TS	60 (05/04/2001)	973
8	11 2000 2001	DS/SD	50 (21/06/2001)	995

N.B. L'intensité maximale attribuée au système 07 2000 2001, l'a été hors du domaine tropical (système alors classé extratropical).  
The peak intensity given to the system 07 2000 2001 was assigned outside the tropical domain (when it was classified as extratropical).





Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion.



# Caractéristiques

de la saison 2000-2001 dans le Sud-Ouest de l'océan Indien

Statistical data relative to the 2000/2001 season in the South-West Indian Ocean

## 1. DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE CYCLONIQUE (Ci ≥ 2.5) (DISTRIBUTION OF CYCLONE ACTIVITY)

TYPE	NOM NAME	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	DUREE LIFETIME (Ci ≥ 2,5)
CT/TC	ANDO						■							8
CT/TC	BINDU						■							11
CT/TC	CHARLY						■							8
DT/TD	07 2000 2001							■						3
CT/TC	DERA								■					5
TT/TS	10 2000 2001									■				3
TT/TS	EVARISTE									■				4
DS/SD	11 2000 2001											■		3
<b>MOYENNE (AVERAGE LIFETIME) =</b>														<b>6</b>

## 2. ACTIVITE CYCLONIQUE (CYCLONE ACTIVITY)

CI (intensité) / (intensity)	≥ 2.0*	≥ 2.5	≥ 3.0	≥ 5.0	≥ 6.0	≥ 7.0
<b>NOMBRE DE PERTURBATIONS (Number of disturbances)</b>		8	6 (9)	4 (4)	2	0
<b>NOMBRE DE JOURS D'ACTIVITE CYCLONIQUE (calendaires) (Number of days with cyclone activity)</b>	53 (68)	40	30 (42)	15 (13)	4	0
<b>NOMBRE DE JOURS D'ACTIVITE CYCLONIQUE (cumulés pour l'ensemble des perturbations) (Total number for all the disturbances)</b>	65 (75)	45	33 (48)	15 (13)	4	0

\* Données relatives aux seules perturbations analysées

N.B. : Les données relatives à la perturbation n° 11 ont été intégrées en tenant compte des valeurs de vent maximal associées.

NOTA : • CI = Intensité sur l'échelle de DVORAK (page 75) (Intensity on DVORAK scale)

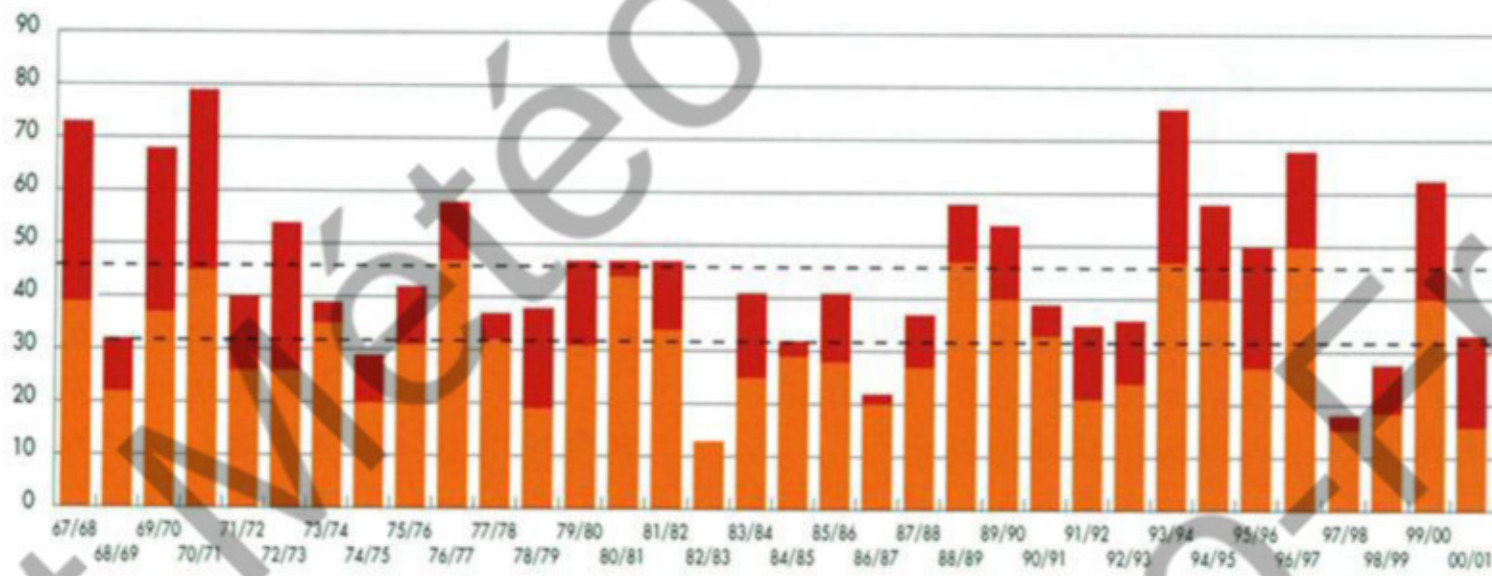
- CI = 2.5 : dépression tropicale (tropical depression)
- CI = 3.0 à 4.0 : tempête tropicale (tropical storm)
- CI = 4.5 à 5.0 : cyclone tropical (tropical cyclone)
- CI = 5.5 à 6.5 : cyclone tropical intense (intense tropical cyclone)
- CI = 7.0 et plus : cyclone tropical très intense (very intense tropical cyclone)

Entre parenthèses, dans le tableau, figure la médiane, calculée sur la période 1967-1968 à 1996-1997. La médiane peut se définir comme la valeur correspondant à une saison normale. Il y a, en effet, autant de saisons où cette valeur est dépassée que de saisons où elle n'est pas atteinte.

Medians for the period 1967-1968 to 1996-1997 are indicated in brackets in the table. The median can be defined as the value corresponding to a standard season, for there are as many seasons above the median as below.

N.B. : Les correspondances entre intensités Dvorak et classification des systèmes dépressionnaires tropicaux ont été modifiées à compter de la saison 1999-2000 (voir explications pages 77-79). Starting from the season 1999-2000, the classification of tropical systems regarding Dvorak intensities has been modified (see explanations pages 78-79).



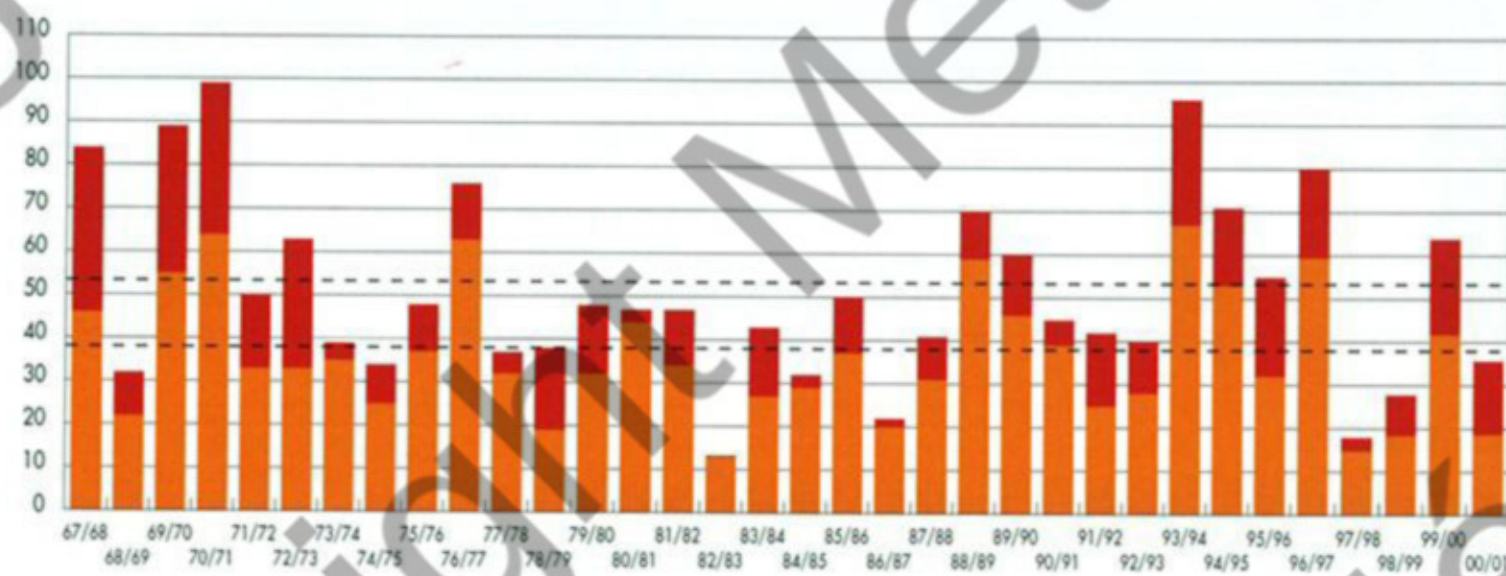


Variation interannuelle du nombre de jours avec activité cyclonique sur le bassin Sud-Ouest de l'Océan Indien et moyenne.

Annual variation in the number of days with cyclonic activity in the South-West Indian Ocean basin and average.

■ Avec tempête(s) tropicale(s) modérée(s) ou forte(s) mais sans cyclone  
With moderate to severe tropical storm(s) but without cyclone

■ Avec au moins un cyclone tropical  
With at least one tropical cyclone



Variation interannuelle de l'activité cyclonique\* sur le bassin Sud-ouest de l'océan Indien et moyenne

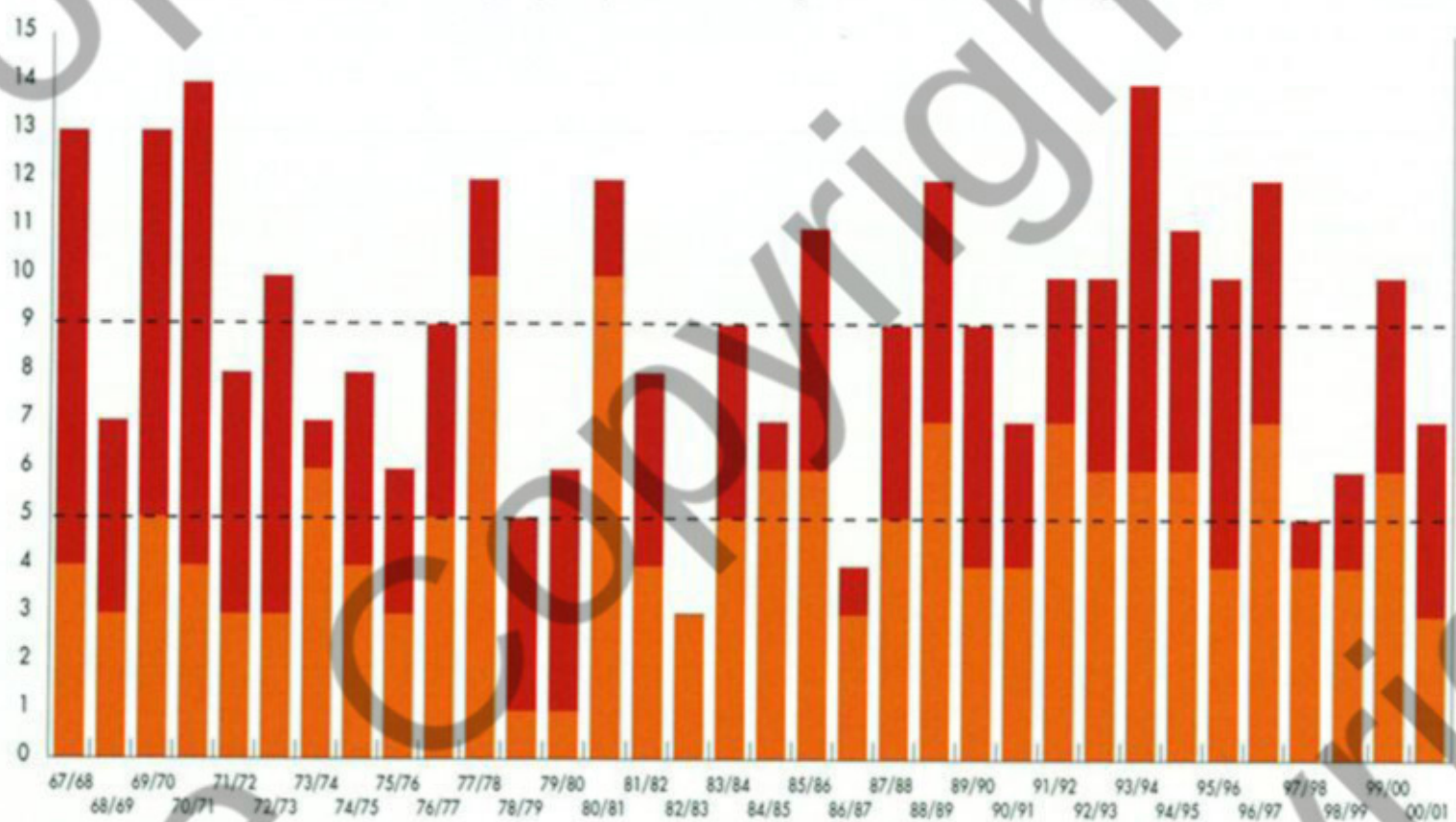
(\* définie comme le cumul pour l'ensemble des perturbations d'une saison du nombre de jours avec présence d'une tempête tropicale ou d'un cyclone).

Annual variation in cyclonic activity\* in the South-West Indian Ocean basin and average

(\* defined as the total number of days in the season on which the disturbances were of tropical storm intensity at least).

■ Cumul pour l'ensemble des perturbations de la saison des jours d'intensité du niveau de la tempête tropicale.  
Total number of days on which the disturbances were of tropical storm intensity

■ Cumul des jours cycloniques (d'intensité supérieure à 4.5 sur l'échelle de Dvorak).  
Total number of days with hurricane intensity (tropical cyclone with intensity above 4.5 on the Dvorak scale)



Variation interannuelle et moyenne du nombre de :

Annual distribution and average of number of:

■ Tempêtes tropicales modérées ou fortes  
Moderate to severe tropical storms

■ Cyclones tropicaux  
Tropical cyclones

NB : La dépression subtropicale n° 11 a été incluse en tant que système d'intensité assimilable à une tempête tropicale.

The subtropical depression n° 11 has been included with tropical storms (considering its intensity).



### 3. INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES (OTHER INDICATIONS)

#### Genèse (Genesis)

- Nord-Est bassin (Northeastern area) (est de 70°E) = 4
- Centre bassin (Central area) (de 60°E à 70°E) = 2
- Nord-Ouest bassin (Northwestern area) (de 50°E à 60°E) = 1
- Canal du MOZAMBIQUE (MOZAMBIQUE Channel) = 1

#### Cyclolyse (Cyclolysis)

- Domaine polaire (polar area) = 4
- Domaine tropical (tropical area) = 4  
 dont [ Sur terre (overland) = 0  
 (among which) [ Sur mer (oversea) = 5

### 4. QUALITE DES PREVISIONS (VERIFICATION OF FORECASTS)

ECHEANCE (HEURES) (FORECAST HOUR)	ECART MOYEN (KM) CI ≥ 2.0 MEAN ERROR (NOMBRE DE CAS) (NUMBER OF CASES)	ECART MOYEN (KM) CI ≥ 3.0 MEAN ERROR (NOMBRE DE CAS) (NUMBER OF CASES)	ECART MOYEN (KM) CI ≥ 5.0 MEAN ERROR (NOMBRE DE CAS) (NUMBER OF CASES)
12	112 (184)	85 (114)	82 (42)
24	186 (175)	142 (111)	152 (40)
48	306 (74)	267 (51)	240 (19)

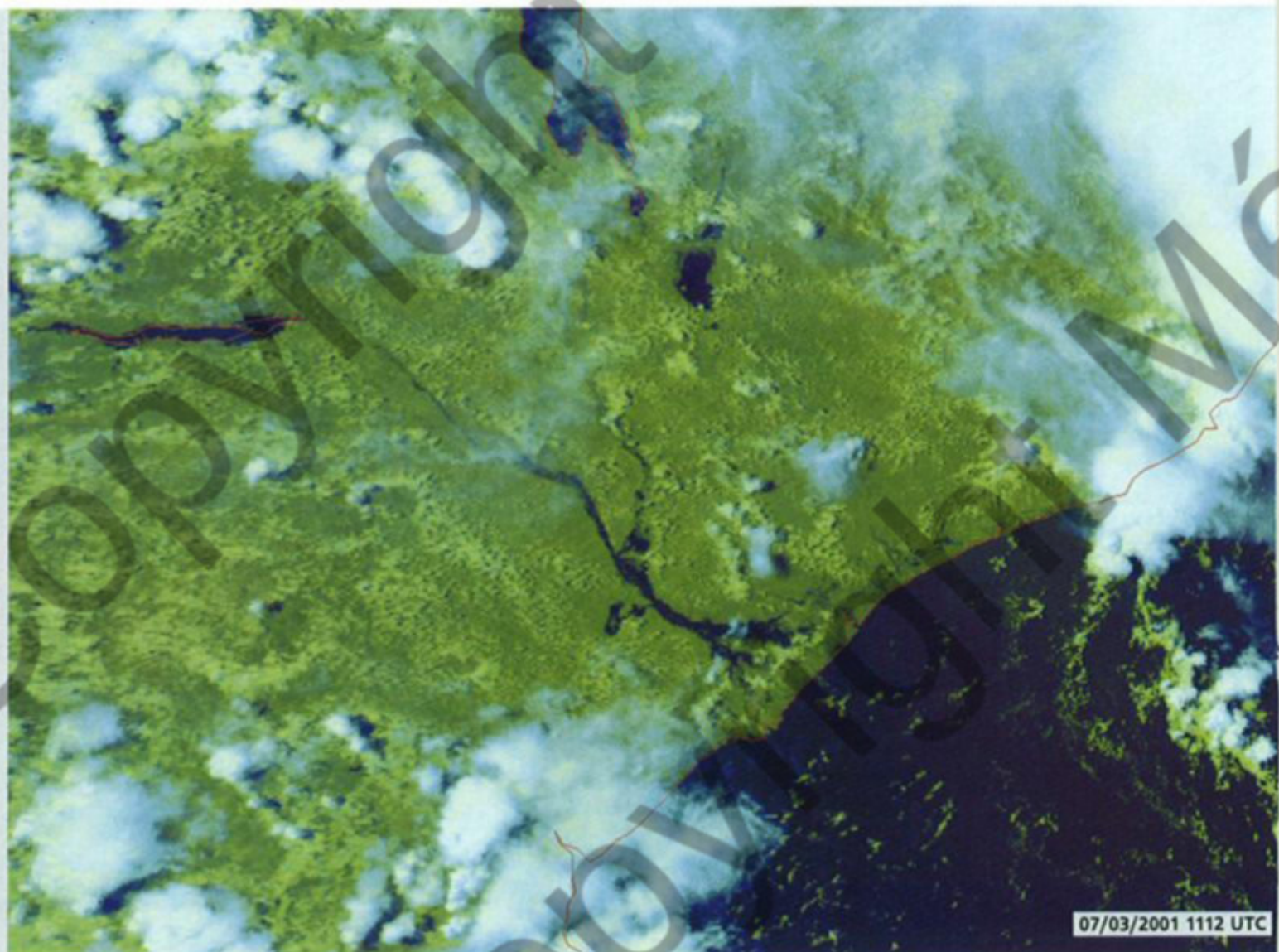
#### REMARQUES (Remarks)

- Le nombre de prévisions diffusées est très variable suivant les perturbations.  
*The number of forecasts that have been issued is very variable from one disturbance to another one.*
- Les valeurs données dans ce tableau sont des moyennes. Les écarts observés sont très différents d'une perturbation à l'autre et, pour une même perturbation, d'un jour à l'autre.  
*The values given in the table are averages. In fact observed errors fluctuate a lot from one system to another one and, for the same disturbance, from day to day.*

Après une saison des pluies productive sur le bassin amont du Zambèze, des lâchers d'eau très importants ont été nécessaires au niveau du barrage de Cabora Bassa pour éviter une montée excessive des eaux du lac de retenue (à gauche). Mais il en est résulté une crue en aval particulièrement sévère, puisque submergeant des centaines de kilomètres carrés de terres très habitées et élargissant le lit du fleuve jusqu'à plus de 20 km de large. Ces inondations catastrophiques ont nécessité l'évacuation de plusieurs centaines de milliers de personnes. Sur cette image satellite, on visualise clairement la crue du Zambèze, impressionnante du confluent avec le fleuve Chire jusqu'au delta (image acquise alors que la perturbation qui deviendra ensuite le cyclone DERA se rapproche des côtes mozambicaines et amène déjà des orages sur la zone côtière de la Province de Nampula, laissant craindre une aggravation des inondations et de la situation déjà critique des populations riveraines du grand fleuve de l'Afrique Australe).

After an active rainy season over the up-river catchment of the Zambezi, huge water release from Cabora Bassa's dam was necessary to prevent an overflowing rising of the waters within the up-stream lake (on the left). But this resulted into severe flooding down stream with induced enlargement up to over 20 km of the Zambezi's river-bed, leading to hundreds of kilometer square of crowded lands being inundated. This catastrophic flooding urged the evacuation of several hundred thousands of people.

On this satellite picture, the flooded Zambezi valley is clearly visible, especially impressive from the junction with the Chire river to the delta and mouth of the river. This picture was acquired while the to-become tropical cyclone DERA, still at weak tropical disturbance stage, was approaching the mozambican shoreline with induced thunderstorm activity on the coastal area of Nampula's Province, thus letting fear a worsening of the already critical flooding situation for the people living near the great Southern AFRICA's river.





**5. NOMBRE DE BULLETINS EMIS PAR LE CENTRE DES CYCLONES TROPICAUX DE LA REUNION**  
**(saison 2000-2001)**  
**NUMBER OF BULLETINS ISSUED BY RSMC / LA REUNION (CYCLONE SEASON 2000-2001)**

N°	PERTURBATIONS TROPICALES TROPICAL DISTURBANCES	BMS					TOTAL	BULLETINS CMRS RSMC BULLETINS	BULLETINS SAT SAT BULLETINS	AVIS CONSULTATIF ICAO ADVISORIES	BEST TRACKS
		AVERTISSEMENTS WARNINGS	AVIS DE GRAND FRAIS NEAR GALE WARNINGS	AVIS DE COUP DE VENT GALE WARNINGS	AVIS DE TEMPETE STORM WARNINGS	AVIS DE CYCLONE TROPICAL HURRICANE WARNINGS					
01	01 2000 2001	10					10	5	0		
02	02 2000 2001	8	7				15	8	0		
03	ANDO	6	1	5	7	18	37	16	2	30	1
04	BINDU	9	6	7	9	18	49	24	4	34	1
05	CHARLY	6	4	5	10	10	35	16	3	25	1
06	06 2000 2001	3	6				9	3	1		
07	07 2000 2001	1	9				10	5	0		1
08	DERA	10	1		3	10	24	11	7	13	1
09	EVARISTE	5	5	4	8		22	10	1	12	1
10	10 2000 2001	4	4				8	3	0		1
11	11 2000 2001	2	3				5	0	0		1
	<b>TOTAUX (TOTALS)</b>	<b>64</b>	<b>46</b>	<b>21</b>	<b>37</b>	<b>56</b>	<b>224</b>	<b>101</b>	<b>18</b>	<b>114</b>	<b>8</b>

On notera, dans le tableau ci-dessus, que des bulletins ont été émis pour des perturbations qui ne sont pas décrites dans le présent ouvrage, car n'ayant pas atteint (ou pas suffisamment longtemps) le stade de dépression tropicale (en général, seules les perturbations ayant atteint pendant au moins 24 heures le stade de dépression tropicale sont décrites).

As it can be noticed in this table, some bulletins have been issued for tropical systems which are not presented in this publication. In fact, we usually include in this report only the tropical systems which have maintained "tropical depression" intensity during at least 24 hours.

**NOTE EXPLICATIVE**

L'étude de chaque perturbation s'attache à décrire les conditions de sa formation puis de son évolution, ainsi que l'influence qu'elle a pu avoir sur les régions habitées de la zone.

Le texte est illustré par un certain nombre de documents de base :

1 - une carte de la trajectoire :

- afin de mieux mettre en valeur chacune des trajectoires, le fond de la carte est variable.
- les positions sont portées de 6 heures en 6 heures (sous forme d'un rond noir à 00 UTC et d'un rond blanc à 06, 12 et 18 UTC) ;
- le tracé de la trajectoire diffère en fonction du stade d'évolution de la perturbation et, pour plus de précision, les changements d'intensité sur l'échelle de DVORAK apparaissent également.

2 - une image satellitaire ou une composition de plusieurs images ;

3 - l'évolution du nombre CI (de DVORAK) et de l'intensité sous forme graphique (de 6 en 6 heures).

**EXPLANATORY NOTE**

The study of each depression aims at describing the conditions during formation and during development as well as its effect on the inhabited regions of the zone.

The text is accompanied by several illustrations.

1. A map showing the trajectory

- In order that the trajectories may come out well the latitude and longitude grids have been made variable.
- The positions are given at 6 hourly intervals (a black dot for 00 UTC and a white dot for 06, 12 and 18 UTC).
- The plotting of the trajectory differs for each stage of development of the disturbance and for better accuracy the changes in intensity as given by the Dvorak Scale are also indicated.

2. A satellite picture or a composite of several images.

3. A graph with the 6-hr CI number (DVORAK) and intensity evolution.



# Activité

## du Centre des Cyclones Tropicaux de LA REUNION

Activities of the RSMC / Tropical Cyclones of LA REUNION



Voici quelques informations sur les différents types de messages diffusés :

- **BULLETINS METEOROLOGIQUES SPECIAUX (BMS) :**

Ces bulletins, actualisés toutes les 6 heures (à 00, 06, 12 et 18 UTC) dès qu'une perturbation a été repérée sur la zone de responsabilité du Centre, sont diffusés, en français et en anglais, à l'intention des bateaux faisant route et des usagers concernés. Ils regroupent les simples "avertissements", les "avis de grand frais", les "avis de coup de vent", les "avis de tempête" et les "avis d'ouragan" (remplaçant les "avis de cyclone tropical" depuis la saison cyclonique 1999/2000). Ils renseignent sur la position actuelle de la perturbation, son intensité et sa pression au centre, son déplacement, la distribution des vents et du temps à grains, ainsi que l'état de la mer. Ils donnent, également, les positions prévues 12 et 24 heures plus tard, de même qu'une indication sur l'évolution de l'intensité à ces échéances.

- **BULLETINS DE PREVISION CYCLONIQUE (CMRS) :**

Ces bulletins, actualisés toutes les 12 heures (à 06 et 18 UTC), sont diffusés, en français et en anglais, à l'intention des pays membres du Comité des Cyclones. Ce sont des bulletins techniques d'analyse et de prévision cycloniques. Les positions et intensités prévues à 12, 24 et 48 heures figurent notamment dans ces bulletins.

- **BULLETINS SATELLITE D'ANALYSE CYCLONIQUE (SAT) :**

Les images satellitaires (des satellites défilant prioritairement) sur lesquelles sont visibles au moins une perturbation, font l'objet de bulletins spéciaux diffusés, de manière aléatoire, en français et en anglais, à l'intention des pays membres du Comité des Cyclones, dans le meilleur délai après réception et exploitation des dites images. Ces bulletins d'analyse renseignent sur la position, l'intensité et le déplacement de la (des) perturbation(s).

- **AVIS CONSULTATIFS :**

Ces bulletins sont élaborés toutes les 6 heures (à 00, 06, 12, 18 UTC) à l'intention des Centres de Veille Météorologique de l'Océan Indien, afin de les aider dans l'élaboration de leurs messages SIGMET/Cyclones Tropicaux.

En effet, à la demande de l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale), le CMRS de LA REUNION joue le rôle de Centre consultatif pour les cyclones tropicaux sur la zone de responsabilité qui lui incombe.

Ces bulletins donnent des informations sur les perturbations d'intensité au moins égale à celle de la tempête tropicale modérée (position, intensité, déplacement, zone de convection profonde associée, prévisions à 12 et 24 heures de la trajectoire et de l'intensité).

- **MESSAGES « BUFR » :**

Ces messages, élaborés toutes les 6 heures (à 00, 06, 12 et 18 UTC) à l'intention des Centres mondiaux de prévision numérique, renseignent sur la position et la structure des perturbations

### NOTE D'INFORMATION

Depuis la saison cyclonique 1999-2000, la dénomination des systèmes dépressionnaires tropicaux du Sud-Ouest de l'océan Indien a subi quelques modifications. La référence principale d'un système dépressionnaire est désormais -outre son nom de baptême- son numéro d'ordre parmi les perturbations retenues au bilan de la saison, la date de genèse déterminant son rang. Pour un système dépressionnaire non baptisé, c'est-à-dire, sauf exception, n'ayant pas été analysé en temps réel en tempête tropicale modérée, les appellations antérieures du type "E3/19981999" n'ont plus cours et sont remplacées par des appellations du type "07/20002001".



Previsionniste cyclone devant sa station de travail Synergie.  
Hurricane specialist and its Meteo-France working station Synergie.



tropicales analysées, dans la perspective d'améliorer la prise en compte de ces systèmes dans les modèles numériques de prévision et donc d'accroître la qualité de leurs prévisions de trajectoire et d'intensité. Ils utilisent un code spécifique (dénommé BUFR).

- **BULLETINS DE TRAJECTOIRE FINALISEE (« BEST TRACK ») :**

Ces bulletins, diffusés dans un délai habituel d'un mois après chaque épisode cyclonique, fournissent des informations précises sur la perturbation analysée avec, toutes les 6 heures, la position et l'intensité retenues par le Centre, ainsi que le vent maximum et la pression au centre du système. Ces trajectoire et intensités "optimales", obtenues par réanalyse a posteriori de tous les éléments disponibles, constituent ensuite le fichier de référence climatologique de la perturbation.

- **BULLETINS MINITEL et WEB :**

Par ailleurs, une page spécifique "cyclone", accessible à tous les usagers, est enregistrée sur les répondeurs téléphoniques kiosqués de Météo-France ainsi que sur le MINITEL et actualisée toutes les 6 heures, voire toutes les 3 heures en cas d'alerte à LA REUNION, lorsqu'une dépression, une tempête ou un cyclone tropical évolue sur zone. Cette page, également disponible depuis la saison cyclonique 1998/1999 -toutes les 6 heures-, sur INTERNET (via le serveur web de Météo-France), renseigne notamment sur la position, l'intensité et le déplacement de la ou des perturbations en question.

#### INFORMATION

Since cyclone season 1999-2000, a new designation system has been adopted in the South-West Indian Ocean for identifying tropical systems. The main reference will now be a numerical label defined by the order of appearance of the system in the cyclone season (the date of genesis determining the rank and label). For unnamed systems that - apart some rare exceptions- were not analysed in real-time at moderate tropical storm stage, former designations such as "E3/19981999" will be replaced by labels like "07/20002001".

Here is some information on the different bulletins issued at the present time by RSMC - LA REUNION :

- **SPECIAL MARINE BULLETINS (« BMS ») :**  
These bulletins are issued every six hours (valid at standard times : 00, 06, 12 and 18 UTC) from the moment a tropical system with a significant organisation has been detected on the RSMC's area of responsibility. They are transmitted both in French and English for the sake of ships at sea and of other interested users. These well-known "Warnings", "Near Gale Warnings", "Gale Warnings", "Storm Warnings" and "Hurricane Warnings" (replacing the former "Tropical Cyclone Warnings" in use prior to cyclone season 1999/2000) include the following information : the current position of the surface centre, the direction and speed of movement, the central pressure, the distribution of the winds and of the squally weather, a description of the state of the sea in and around the system, and also 12 and 24-hours range forecast of position and intensity change.

- **« RSMC-BULLETINS » (OR TROPICAL CYCLONE ADVISORIES) :**  
These bulletins are issued every 12 hours (at 06 and 18 UTC) in French and English to the sake of the Members of the Tropical Cyclones Committee for the South-West Indian Ocean. These bulletins are technical bulletins which provide a comprehensive analysis of the storm and 12-hours, 24-hours and 48-hours positions and intensities forecasts complemented by prognostic reasoning information.

- **SATELLITE BULLETINS :**  
Such bulletins are produced irregularly for satellite pictures (mainly for polar orbiting satellite's data) on which at least a tropical system is visible. These bulletins which contain information on the centre position, the motion and the intensity of the system(s) as well as a description of its (their) organisation, are issued both in French and English. These bulletins are released to the communication networks as soon as possible after the picture's processing.

- **ICAO ADVISORIES :**  
These bulletin are issued at 6 hourly intervals (at 00, 06, 12 and 18 UTC) for the needs of

the Meteorological Watching Centres of the Indian Ocean. They have been introduced in order to provide them with a technical support for preparing the Tropical Cyclone/SIGMET messages.

RSMC LA REUNION has been designated by ICAO (International Civil Aviation Organization) as Advisory Centre for the tropical cyclones over its area of responsibility (South-West Indian Ocean). These bulletins provide informations on tropical storms and cyclones (position, intensity, motion, deep convection area, 12-hours and 24-hours forecast positions and intensities).

- **« BUFR MESSAGES » :**

These messages are issued at 6 hourly intervals (at 00, 06, 12 and 18 UTC) for the needs of NWP Centres which use bogussing techniques to improve the representation of the tropical vortex in their model's analysis and, by way of consequence, the performance of tropical cyclone track forecasting. These messages give detailed information, in a specific code, on the location, motion, intensity and structure of the system.

- **BEST TRACK BULLETINS :**

The "Best Track Bulletins", wich are issued within usually one month after the dissipation of each significant tropical system, give detailed information on the RSMC's final post-analysis of the whole evolution of the storm or tropical cyclone. The 6-hourly positions (standard times : 00, 06, 12, 18 UTC), intensities, max winds and central pressures are provided. It is this information that is transmitted at the end of the season, in WMO format, to the NCDC of ASHEVILLE (USA).

- **WEB AND MINITEL BULLETINS :**

Besides, a specific "cyclone page" is updated every 6 hours on the MINITEL (the french telematic system) and on a specific Audiotel system every time a tropical disturbance is present on the RSMC's area of responsibility. These bulletins are updated every 3 hours when LA REUNION is under the threat of a tropical storm or tropical cyclone. This "cyclone page" can also be found on INTERNET since cyclone season 1998/1999 as also included and updated -every 6 hours- inside the web serveur of Météo-France.



# Ando

## Cyclone Tropical Intense du 30 décembre 2000 au 13 janvier 2001

*Intense Tropical Cyclone « Ando » (30 December 2000 - 13 January 2001)*

### PREAMBULE

**L**e premier système dépressionnaire significatif de cette saison 2000-2001 se forme en fin d'année 2000, inaugurant à nouveau

très tardivement la saison cyclonique et portant ainsi à quatre le nombre de saisons cycloniques consécutives ayant vu leur premier système dépressionnaire significatif apparaître après la date du dernier quintile (rappelons qu'en matière de date de début de saison, le dernier quintile se situe mi-décembre, seulement une saison sur cinq démarrant en moyenne après cette date). Cette saison débute le 30 décembre, soit encore moins précocement que la saison précédente, mais ce fait est toutefois à relativiser car, contrairement à la saison 1999-2000, qui avait été dénuée de la moindre velléité de cyclogenèse avant que les prémices de la future tempête ASTRIDE n'apparaissent, cette saison, deux systèmes dépressionnaires ont été suivis préalablement au futur ANDO.

Ces deux systèmes ont même été classés en dépressions tropicales, mais ce durant moins de 24h, si bien qu'ils n'ont pas été retenus au bilan final de la saison cyclonique.

Le premier était apparu en plein cœur de l'hiver austral, sur l'extrême Nord-Est du bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien, et avait atteint durant quelques heures le stade de dépression tropicale, le 1<sup>er</sup> août 2000.

Le second, formé dans les mêmes parages, avait été légèrement plus conséquent en terme de durée de vie, perdu-

rant notamment près de 24h au même stade de dépression tropicale, le 12 novembre.

### FORMATION

Mais le vrai démarrage de la saison intervient donc le 30 décembre 2000, date à laquelle une circulation dépressionnaire fermée devient identifiable au sud-ouest des CHAGOS, au sein de la Zone de Convergence Intertropicale, à quelque 400 km au sud-ouest de DIEGO-GARCIA et à un peu moins de 2 000 km dans le nord-est de LA REUNION. Lui est associée une activité convective qui montre des signes patents d'organisation la nuit suivante, avec développement d'un petit CDO (Central Dense Overcast) irrégulier. Les données diffusiométriques QuikScat permettent de mieux préciser le positionnement du centre dépressionnaire, en début de journée du 31, ainsi que la structure du champ de vents associé : si ceux-ci sont encore relativement faibles près du centre, les flux convergents apparaissent très affirmés de part et d'autre de la circulation dépressionnaire, avec en particulier un renforcement de l'alimentation de mousson sur la façade nord. Le potentiel de développement de ce système est dès cet instant considéré comme important, l'environnement d'altitude étant notamment favorable.

La suite est cependant plus laborieuse et durant 48h la perturbation tropicale stagne en intensité. Canalisée en bordure d'une vaste cellule anticyclonique subtropicale, qui s'étend jusqu'en moyenne

troposphère de MADAGASCAR jusqu'aux abords de l'AUSTRALIE, elle se décale dans le même temps en direction de l'ouest-sud-ouest, à une vingtaine de km/h, avant de ralentir franchement dans la nuit du 1<sup>er</sup> au 2 janvier 2001.

Au petit matin du 2, l'allure du système n'a encore rien d'impressionnant sur l'imagerie satellitaire. La convection demeure de relativement faible importance et comparativement moindre par rapport aux deux jours précédents, soumise qui plus est à un cisaillement modéré d'est, le centre de la circulation nuageuse de basses couches apparaissant exposé en bordure de la convection.

Mais cette contrainte tend à s'atténuer. A mesure de la progression de la perturbation en direction de l'ouest-sud-ouest, le système se rapproche en effet de l'axe de la dorsale d'altitude, positionné légèrement plus au sud, et le cisaillement diminue, tandis que la divergence d'altitude devient très favorable. La perturbation parvient ainsi à gagner peu à peu en intensité au fil de la journée, ce qui lui vaut d'être classée en dépression tropicale en milieu de journée.

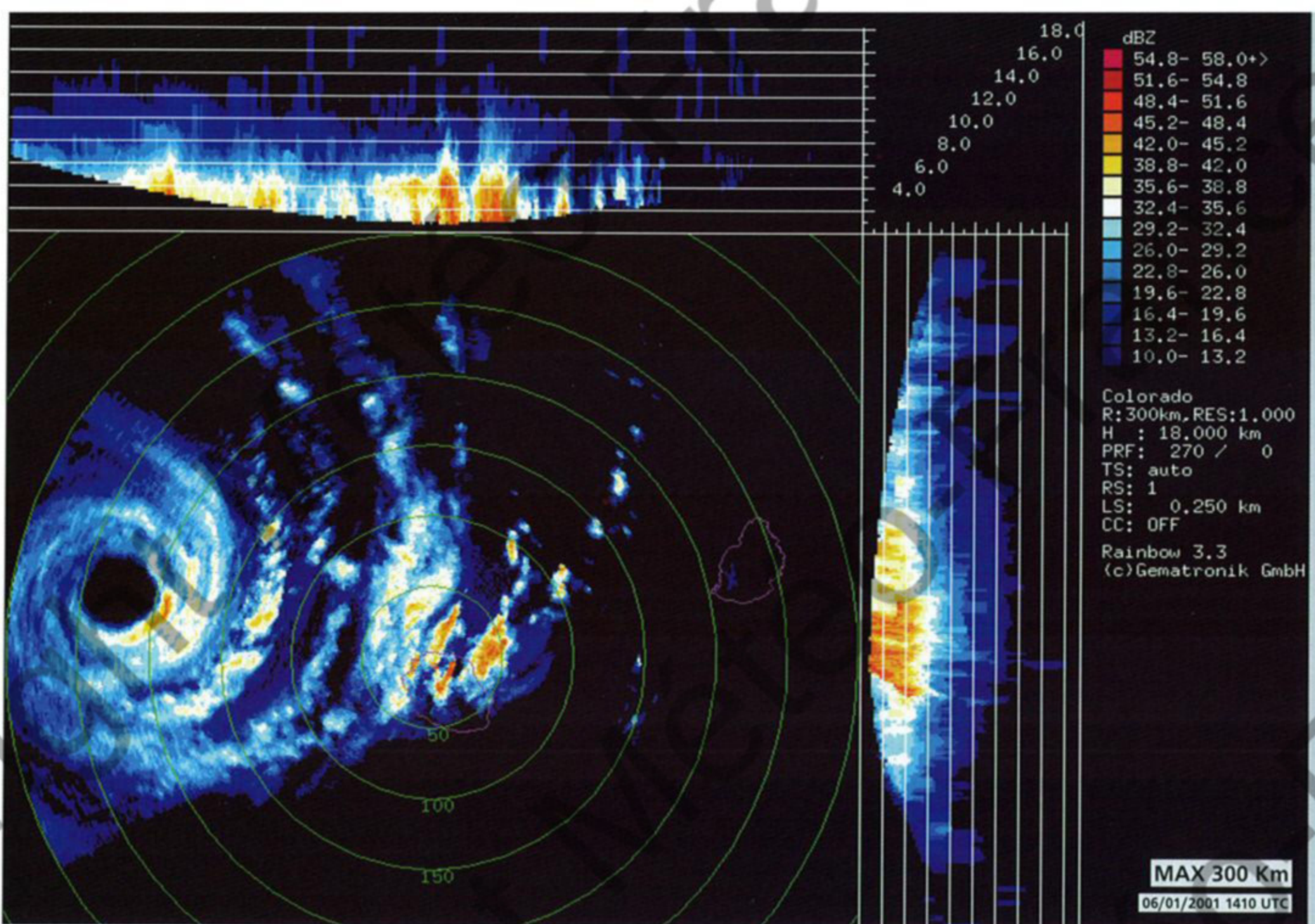
Le seuil de tempête tropicale modérée est ensuite franchi en cours de nuit. ANDO a auparavant été baptisé en soirée de ce 2 janvier par le Service Météorologique de MAURICE, de manière légèrement anticipée.

Une orbite du satellite ERS2 acquise en milieu de nuit confirme bien la présence de coup de vent minimal (35 nœuds), mais uniquement dans le secteur ouest du centre dépressionnaire. Celui-ci se rapproche du 60<sup>e</sup> méridien Est, se situant, à cet instant, à environ 1 200 km dans le nord-est de LA REUNION et à moins de 500 km dans l'est-sud-est d'AGALEGA. Il est désormais venu se placer en phase sous la convection, traduisant de manière effective l'atténuation de la contrainte cisailée d'est. Toutes les conditions semblent dès lors réunies pour une intensification franche du système.

### EVOLUTION

Et de fait, après cette cyclogenèse un peu plus lente que la moyenne, ANDO va rapidement rattraper le temps perdu. Si la reprise de la tendance à l'intensification, amorcée le 2, avait été tenue dans un



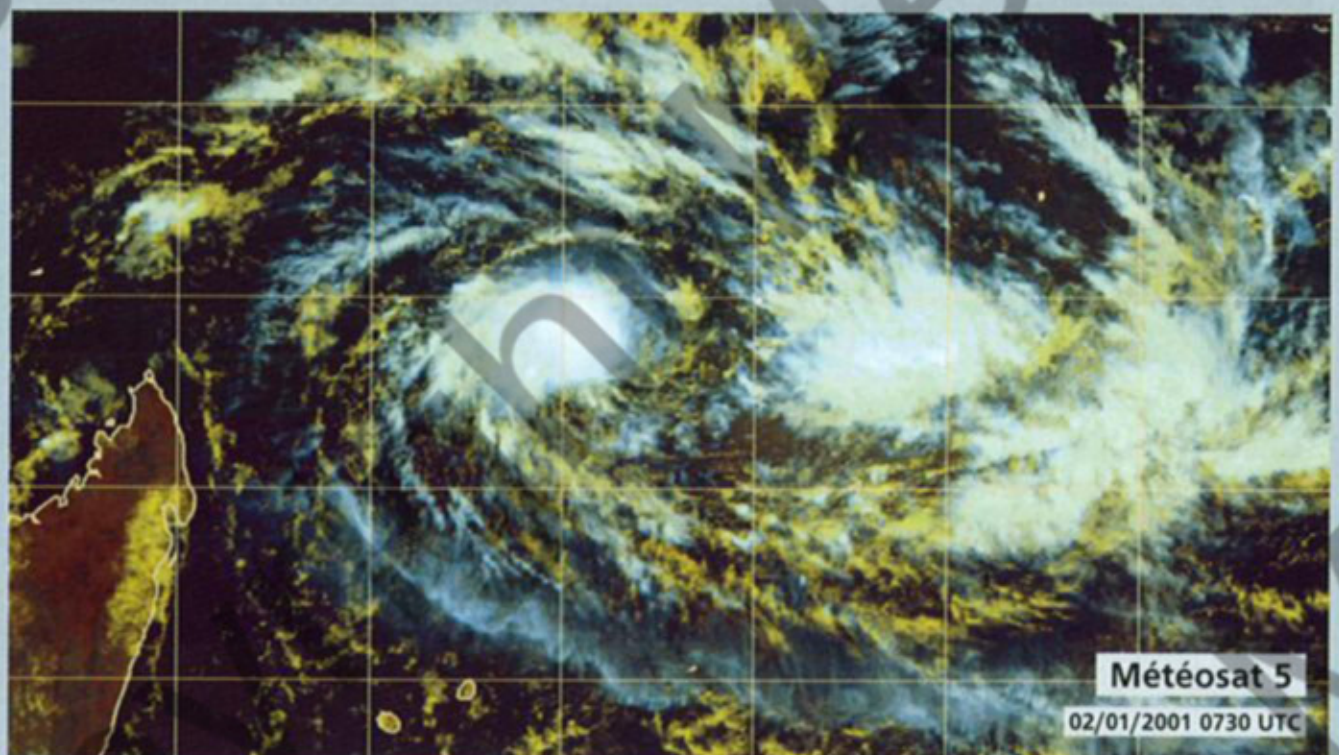


Le cyclone tropical intense ANDO vient de passer au plus près de LA REUNION. Sur l'imagerie du radar du Colorado (Hauts de St-Denis), l'œil du météore est clairement visible avec ses 60 km de diamètre. Spirant autour dans le secteur nord-est de la circulation dépressionnaire, des bandes pluvieuses, étroites mais actives, vont bientôt commencer de balayer l'île, en advection par le nord. Après une pluviométrie jusque-là limitée, ces lignes de grains annoncent une nuit très arrosée pour les habitants de l'île Bourbon.

*The intense tropical cyclone ANDO had just passed closest to LA REUNION. On the radar imagery the 60 km diameter eye was clearly depicted. Spiralling around the centre, in the northeastern sector of the clockwise circulation, narrow yet active cloud bands would soon start to sweep the island in advection via the north. After limited rainfall until then these squall lines were the harbingers of a very rainy night to come for the inhabitants of the island.*

premier temps, les choses vont ensuite s'emballer à compter de cette nuit du 2 au 3 janvier, puisqu'il faudra, à partir de ce moment, à peine plus de 24h à ANDO pour atteindre le stade de cyclone tropical. Le taux d'intensification va excéder un point et demi par 24h sur l'échelle d'intensité de Dvorak. La perturbation va, en particulier, tirer plein profit de conditions divergentes d'altitude de plus en plus propices à mesure de son rapprochement de l'axe de la dorsale d'altitude, situé sur le 15° parallèle sud, tandis qu'au sud de cette dorsale, un talweg de haute troposphère (TUTT) s'installe à l'est des MASCAREIGNES, favorisant l'évacuation du flux sortant d'altitude dans le quadrant sud-est de la perturbation.

Dès le début de journée du 3, la convection a pris de l'ampleur, sous la forme d'un CDO de plus de 300 km de diamètre, au sein duquel un début de cœur chaud apparaît dans l'après-midi. ANDO est finalement classé cyclone tropical en fin de nuit du 3 au 4. Deux jours plus tôt, ce qui allait devenir ANDO n'était encore qu'une simple perturbation tropicale d'apparence malingre...



Cyclogenèse d'ANDO au nord des MASCAREIGNES. La perturbation n'a pas encore atteint le stade de dépression tropicale, mais présente un potentiel de développement important. Le centre dépressionnaire est décelable en bordure orientale de l'amas de convection situé le plus à l'ouest.

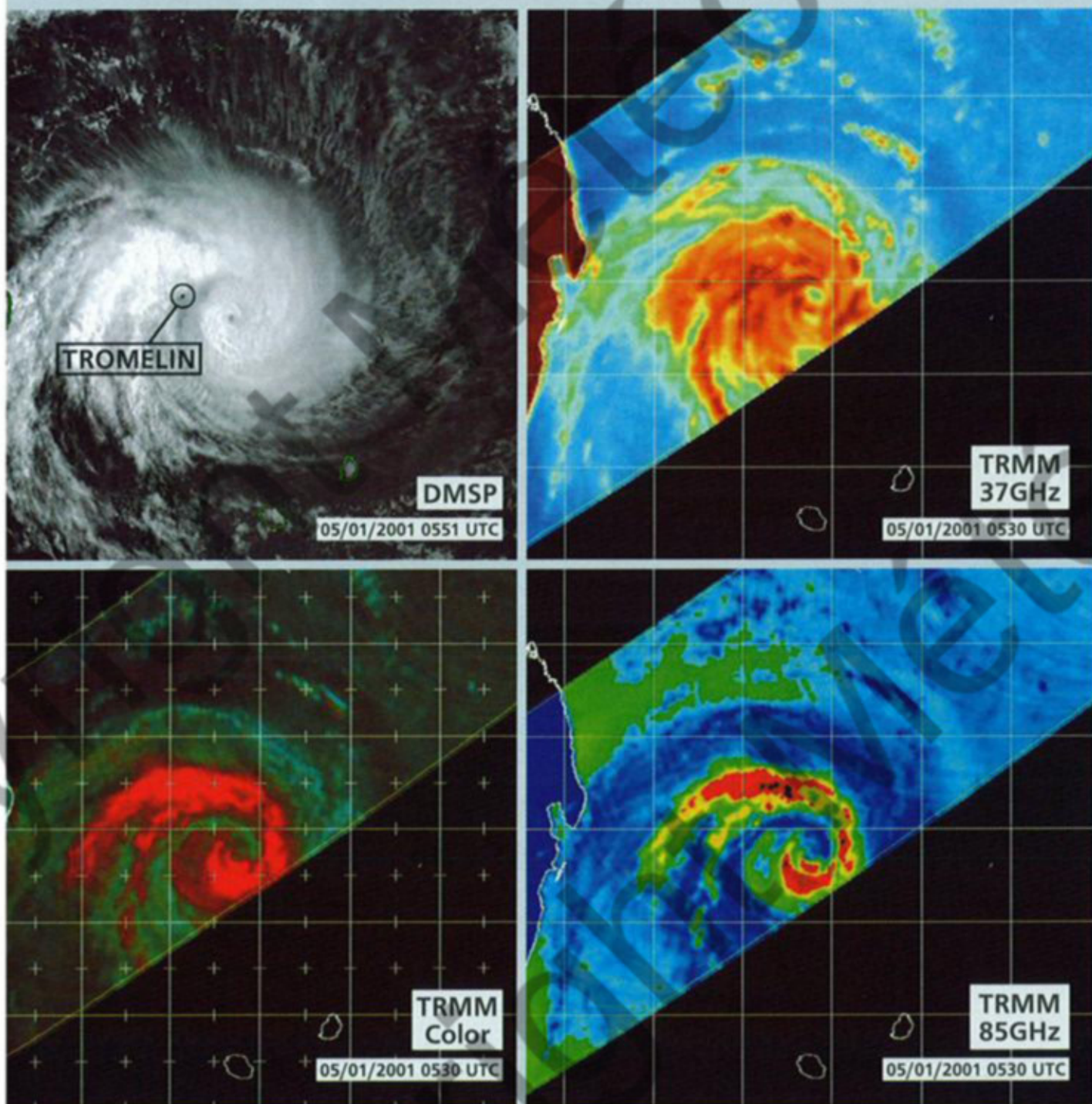
*Cyclogenesis of ANDO to the north of the MASCARENES Archipelago. The disturbance was still laying within the monsoon trough and had not yet reached the tropical depression stage, but presented an important potential for development. The low level centre was discernible on the eastern edge of the westernmost convective cloud cluster.*

#### PREAMBLE

The first significant tropical system of the 2000-2001 season formed at the end of 2000, inaugurating once again a very late starter cyclone season and bringing to four the number of consecutive cyclone seasons with their first

significant system appearing after the last quintile (as a reminder to starting dates of the cyclone season, the last quintile is around mid-December, with only one out of five seasons starting after that date in average). This season started on 30 December, i.e. even less precociously than the preceding season but this



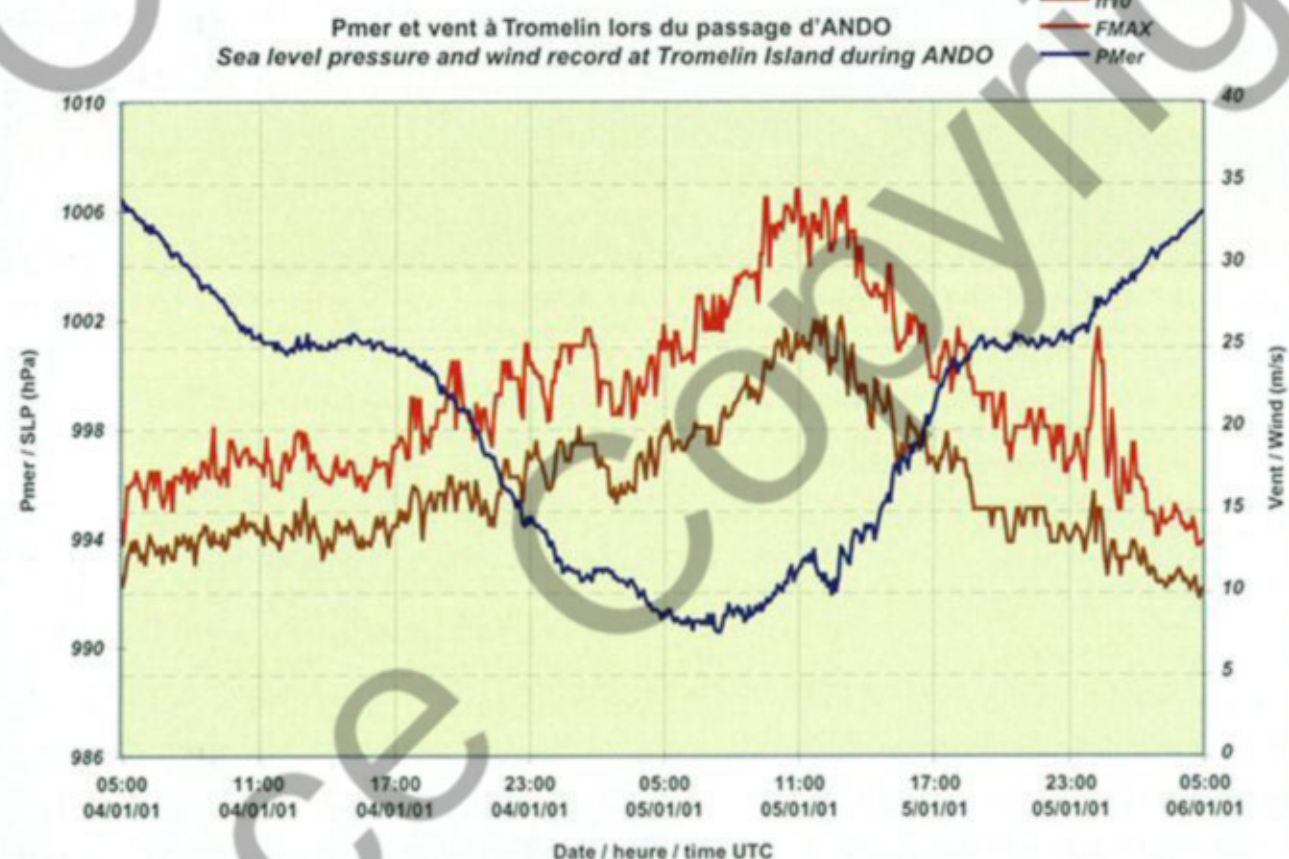


ANDO passe au plus près de TROMELIN (petit œil à environ 120 km au sud-est). L'îlot se situe en bordure de la bande de convection qui va l'affecter ensuite, s'accompagnant de vents de la force de la tempête.

Sur les enregistrements de vent (vent moyen sur 10 mn et vents maxi instantanés) et de pression ci-dessous, on constate, en effet, que le maximum de vent s'est produit après le passage au plus près (repéré par le minimum de pression), quand l'île s'est retrouvée dans le quadrant nord-ouest du cyclone.

*ANDO's passage to the closest point to Tromelin Island (small eye pinpointed 120 km to the southeast). The islet was situated on the boundary of the convective band that would affect it later on with related storm force winds.*

*As asserted by the wind (10-min average and gusts) and pressure records below, the strongest wind were indeed observed after the nearest passage (the minimum of pressure mark) when TROMELIN was concerned by the northwestern quadrant of the cyclone.*



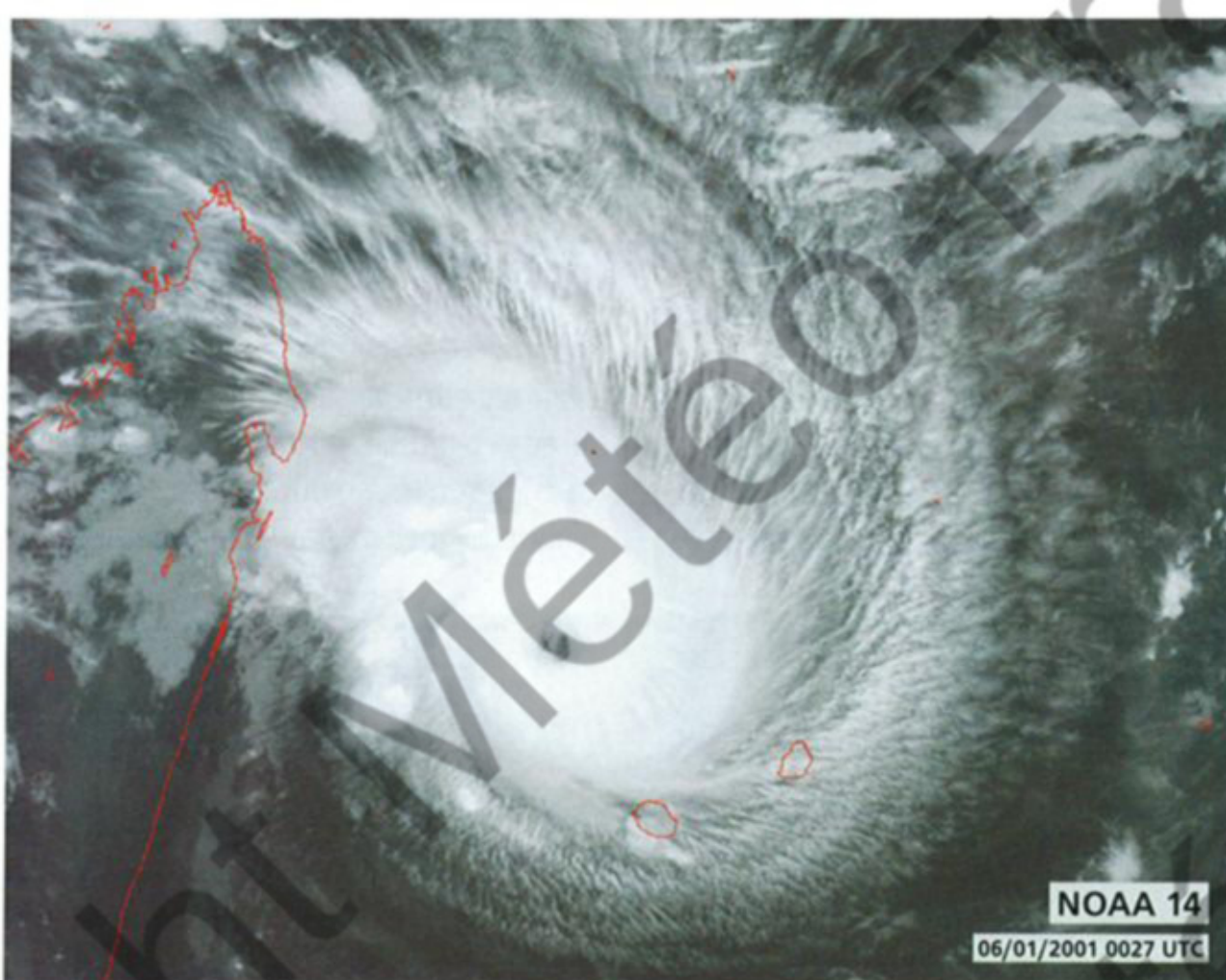
Le météore adopte, à peu près au même moment, un cap plus franchement en direction du sud-ouest, commençant d'être attiré par l'importante faiblesse dans le champ de pression, associée à la présence, depuis plusieurs jours déjà, d'une dépression sur le Sud du canal de MOZAMBIQUE. Les prévisions de trajectoire disponibles, en particulier celles des différents modèles numériques, envisagent déjà un passage d'ANDO, soit au voisinage proche de LA REUNION, soit, de manière plus privilégiée, dans son secteur nord-ouest, à une échéance et à une distance plus ou moins lointaine, mais qui laissent planer sans équivoque une menace potentielle réelle pour l'île.

L'œil d'ANDO, encore relativement mal défini, se situe en matinée du 4 janvier à quelque 400 km dans le nord-est de l'îlot de TROMELIN, à proximité immédiate duquel la trajectoire plein sud-ouest du météore semble devoir, à cet instant, le diriger tout droit. Mais le cyclone est prévu évoluer à terme selon un cap progressivement plus sud que sud-ouest, le degré d'inflexion de la trajectoire et la chronologie associée, étant en l'occurrence les deux éléments cruciaux devant décider de la distance finale de passage au plus près de LA REUNION.

Cette inflexion attendue de la trajectoire intervient en fait en soirée de ce 4 janvier et se concrétise, finalement, sous la forme d'une rupture de cap franche d'une vingtaine de degrés. La vitesse de déplacement d'ANDO s'est dans le même temps accrue, pour se stabiliser légèrement sous les 20 km/h. ANDO a, par ailleurs, continué de s'intensifier. Désormais classé cyclone tropical intense, il vient en fait d'atteindre un premier pic d'intensité.

A la faveur du nouveau cap adopté, établi au sud-sud-ouest, TROMELIN va éviter la partie centrale du phénomène, l'îlot étant qui plus est situé dans le bon demi-cercle de la perturbation – le demi-cercle maniable des marins. Le centre d'ANDO passe au plus près en fin de matinée du 5, à un peu moins de 120 km au sud-est. La pression minimale mesurée à cet instant est de 990,5 hPa. Mais, c'est après le passage au plus près que la station synoptique de Météo-France, basée sur l'île, enregistre les vents les plus forts, ceux-ci soufflant finalement plus vigou-





ANDO, peu avant l'entrée en vigueur de l'alerte rouge à LA REUNION. Sur cette image infrarouge, la divergence d'altitude est superbement matérialisée par l'épanchement des nuages d'altitude autour du météore.  
Nice infra-red image of ANDO with a magnificent blow-off of the upper level clouds around the meteor materialising into a good upper divergence aloft.

reusement dans le quadrant nord-ouest que dans le quadrant sud-ouest de la perturbation. Cette configuration, peu habituelle, s'explique par la présence persistante d'une bande de convection profonde importante, rattachée, dans ce quadrant, à la masse nuageuse dense associée au cyclone, s'accompagnant d'une extension supérieure des vents forts dans ce secteur. Le vent souffle en tempête tout l'après-midi, les rafales culminant à 125 km/h (96 km/h pour les vents moyens sur 10 mn). De fortes précipitations s'abattent vers le moment du passage au plus près et l'on relèvera un cumul de 141 mm en 24h.

ANDO s'affaiblit légèrement en journée du 5, son intensité redescendant temporairement à la limite du seuil de cyclone tropical intense. Son œil s'est élargi et apparaît plus grossièrement défini sur l'imagerie satellitaire de l'après-midi. ANDO est un phénomène concentré, qui se caractérise par, hormis dans le quadrant nord-ouest, la quasi absence de masses nuageuses actives autour de la masse nuageuse principale d'environ 400 km de diamètre.

De sorte qu'au soir de ce 5 janvier, alors que le centre d'ANDO n'est plus distant que de quelque 380 km de LA REUNION et est passé en fin de matinée plein nord de l'île, celle-ci n'a pas encore eu à subir de dégradation spectaculaire des conditions. Seule l'arrivée, en cours d'après-midi, de la houle cyclonique liée à ANDO, qui s'est, comme c'est souvent le cas, pro-

pagée plus vite que le météore, constitue le premier signe avant-coureur tangible de la présence d'un cyclone dans les parages de l'île.

Car sinon, rien de bien remarquable : les vents n'ont à ce moment pas encore atteint les 70 km/h en pointe sur les zones côtières, excédant tout juste les 80 km/h en haute altitude, tandis que les précipitations sont demeurées pour l'heure faibles à modérées, même sur les zones "au vent", seul le sommet du volcan enregistrant des lames d'eau significatives (supérieures à 100 mm sur les dernières 24h) et connaissant des conditions pluvieuses rendues classiquement nettement plus marquées par le soulèvement orographique.

Si la prévision initiale d'un passage à l'ouest de LA REUNION semble désormais devoir se confirmer de manière plus que probable, reste à préciser la distance finale de passage au plus près. Bien que les projections sur la trajectoire à venir du phénomène, permettent d'envisager raisonnablement que cette distance soit suffisante pour permettre à l'île d'échapper aux vents les plus dévastateurs présents autour de l'œil d'ANDO, un léger changement de cap, modifiant, ne serait-ce que de quelques dizaines de kilomètres, la distance de passage au plus près, pourrait influencer très sensiblement sur les conséquences ressenties sur l'île. C'est plus particulièrement vrai pour ce qui est des précipitations, en raison de l'activité nuageuse très concentrée du météore. Et si la trajectoire du cyclone demeure orientée sur un cap entre le sud-ouest

fact still needs to be relativized since unlike the 1999-2000 season, which was devoid of any vague impulse of a cyclogenesis prior to the pre-genesis of the future storm ASTRIDE, during this season though, two depression systems were monitored before to-be ANDO's time.

These two systems were even classified as tropical depressions, but for less than 24h though and so they were not included in the final cyclone season report. The first system had appeared in the depth of the southern hemisphere winter, on the extreme northeastern boundary of the South-West Indian Ocean, and had maintained at the tropical depression stage for a few hours on 1st August 2000. The second system, which had formed in the same area, lasted a little longer perduring for about 24h at the tropical depression stage on 12 November.

#### FORMATION

So the cyclone season actually really took off on 30 December 2000, when a closed low circulation became identifiable southwest to the CHAGOS Archipelago, within the Intertropical Convergence Zone, some 400 km to the southwest of DIEGO-GARCIA and a little less than 2000 km northeast of LA REUNION. With it came some convective activity that showed some obvious signs of organisation on the following night with the development of a small irregular CDO (Central Dense Overcast). The QuikScat scatterometer data allowed to pinpoint more precisely the low centre in the early hours of the 31st as well as the related wind field structure. Even though the winds were still relatively weak near the centre, the converging flows appeared fairly strong on either side of the clockwise circulation, with namely a monsoon surge on the northern side. The potential for the development of the system was from that moment considered as important with particularly favourable upper-level environment.

However, what followed was to be more laborious and for 48h long, the intensity of the tropical disturbance remained static. Funnelling on the edge of a vast subtropical high that spread up to the middle troposphere from MADAGASCAR as far as the AUSTRALIAN border, it simultaneously shifted towards the west-southwest at about 20 km/h, before slowing down altogether during the night of the 1st of January 2001.

In the early hours of 2nd January, the system did not look impressive on the satellite picture yet. The convection remained relatively restrained and comparatively less extensive than the previous days, as it was moreover hampered by a moderate easterly shear, the low-level cloud circulation



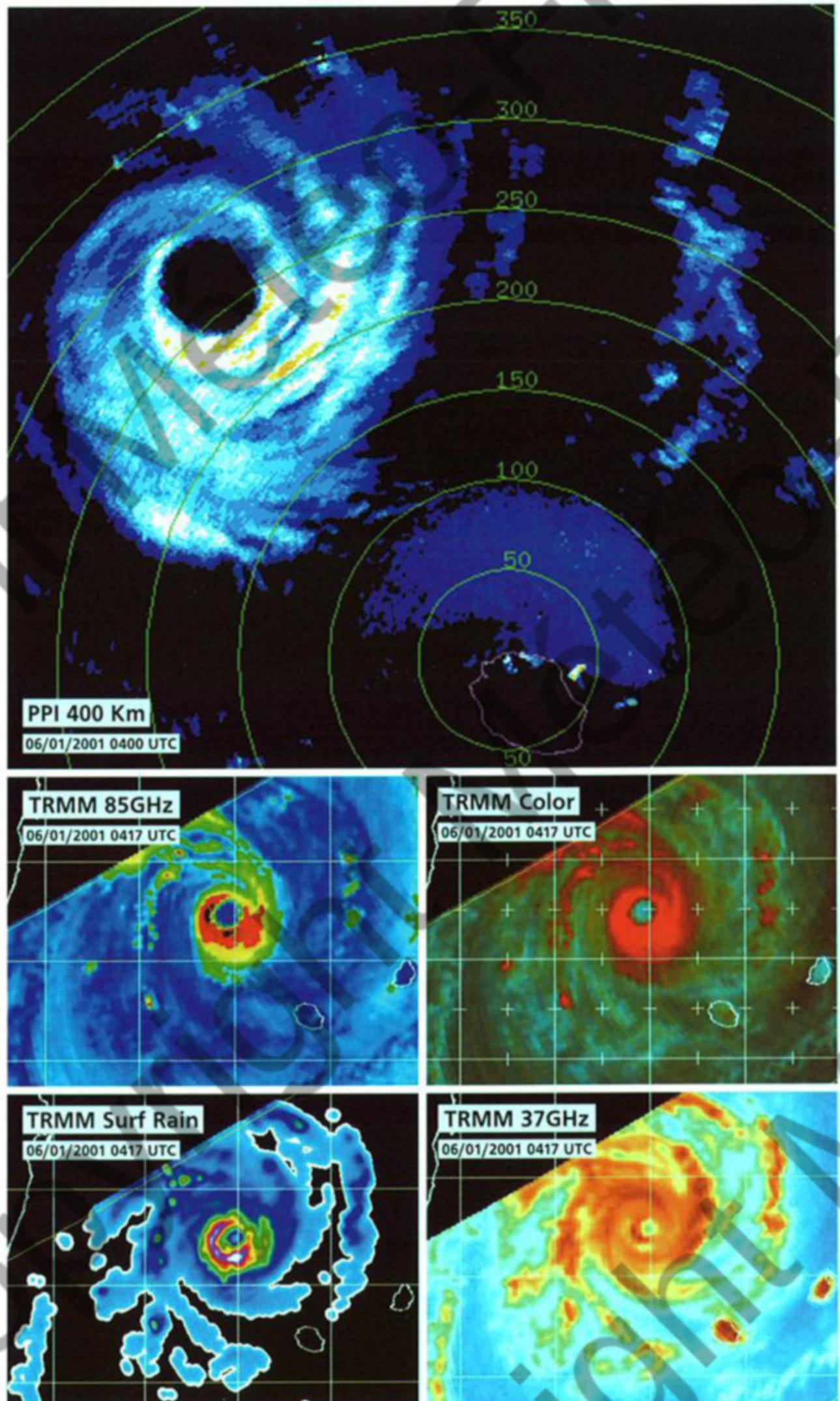
centre appearing exposed on the edge of the convection. However, the shear constraint was on a relaxing trend. As the disturbance moved west-southwestward, the system was getting closer from the upper ridge axis (positioned slightly more to the south) and the shear kept lessening while the upper divergence became more favourable. Thus, the disturbance managed to gradually gain some intensity throughout the day, which earned it to be classified as a tropical depression in the middle of the day. The moderate tropical storm threshold was then crossed during the night. ANDO had been previously named so with a little anticipation by the Meteorological Services of Mauritius in the evening of 2nd January. An ERS2 pass acquired in the middle of the night confirmed the presence of minimum gale force winds (35 knots) but only in the western area of the depression centre, which was approaching Longitude 60°E, thus sitting at about 1200 km northeast of LA REUNION and less than 500 km east-southeast of AGALEGA. It was now set underneath the convection, this adjustment in phase thus implying the effective lessening of the easterly sheared constraint. All the required conditions for a free intensification of the system seemed now to be there.

EVOLUTION

Indeed, after this rather slower than average cyclogenesis, ANDO would rapidly catch up on wasted time. If the resumption of the intensification trend had started off rather gently on the 2nd, things would kick off from the night of 2nd January as it took ANDO only 24h to reach the tropical cyclone stage from that point. The intensification rate exceeded one and a half point per day on the Dvorak intensity scale. The disturbance would particularly benefit from upper-level divergence conditions that were becoming more favourable as it approached the upper ridge axis fixed on latitude 15°South, while south to the ridge, a tropical upper tropospheric trough (TUTT) was settling east to the MASCARENES, thus boosting the upper outflow in the southeastern quadrant of the disturbance. In the early hours of the 3rd, the areal extent of the convection expanded assuming the shape of a CDO of over 300 km in diameter and within which an incipient warm spot started to form in the afternoon. ANDO was finally upgraded into a tropical cyclone in the late night of the 3rd. Two days earlier, what was to become ANDO was still a mere puny-looking tropical disturbance. At about the same time, the meteor headed more

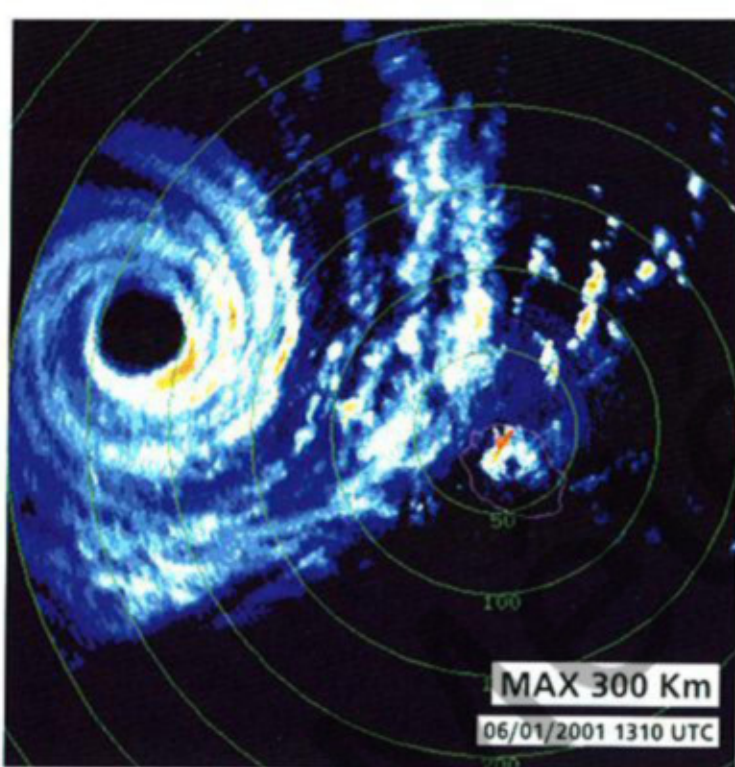
et le sud-sud-ouest, elle connaît, outre les habituelles oscillations trochoïdales de petite échelle, des oscillations de plus grande longueur d'onde, dont la plus notable va intervenir durant cette pre-

mière partie de nuit du 5 au 6. ANDO se déplace alors plusieurs heures durant sur un cap plus sud, pouvant laisser craindre un début d'incurvation de la trajectoire, avant de finalement reprendre le cap pré-



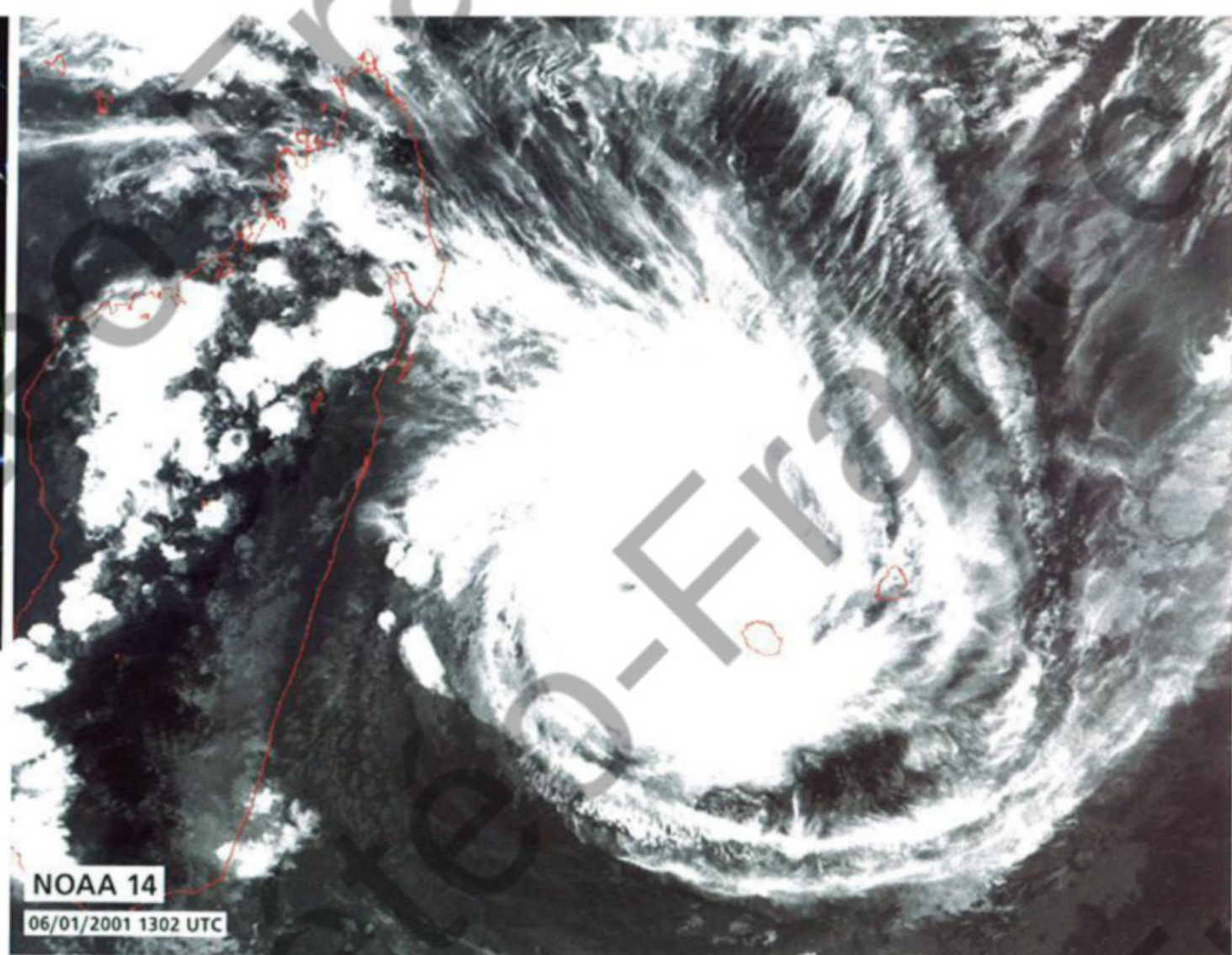
ANDO centré à un peu plus de 250 km au nord-ouest de LA REUNION : le cyclone se caractérise alors par la quasi absence de bandes pluvieuses périphériques dans les secteurs sud et est du système. Les pluies significatives sont concentrées dans un rayon de 120 à 150 km autour du centre et sont pour l'essentiel d'origine stratiforme, les pluies réellement intenses étant localisées elles au voisinage du mur de l'œil, comme le montre bien l'image TRMM "pluies en surface". Les fortes pluies qui affectent déjà le relief de LA REUNION sont générées par le forçage du soulèvement orographique. ANDO centred at a little more than 250 km to the northwest of LA REUNION. The cyclone was almost devoid of any outer rain band in the eastern and western sectors at that time. The extension of the significant rain was limited to a radius of 120 to 150 km from the centre and was mostly of stratiform origin, the really intense convective rainfall being concentrated in the eyewall region, as clearly shown by the TRMM Surface Rain. The heavy rain that was already affecting the hinterland of LA REUNION was mainly due to orographically forced uplift.





**ANDO passe au plus près de LA REUNION.** La masse nuageuse centrale associée au météore effleure l'île par l'ouest, mais la partie pluvieuse la plus active du cœur du phénomène passe à plus de 100 km au large, au vu de l'imagerie radar. Seules les bandes pluvieuses périphériques vont concerner l'île la nuit suivante.

**ANDO at the time of its closest distance from LA REUNION.** The western side of the island was brushed past by the central cloud mass of the meteor but avoided the very active rain core of the cyclone which passed more than 100 km offshore, as showed on the radar imagery. However, outer rain bands would concern the island on the following night.



cèdent plus sud-ouest. Il ne s'agit là que d'une simple modification de cap d'une vingtaine de degrés, mais pour bien prendre conscience de l'impact potentiel qu'un tel changement de cap peut représenter, il suffit de rappeler que pour un cyclone se déplaçant à une vitesse normale de 10 nœuds, un écart de 20° signifie, à 24h d'échéance, 150 km de différence sur la position du centre (ce qui correspond à peu de chose près à l'erreur moyenne de prévision à cette échéance).

A l'aube du 6 janvier, l'alerte rouge, dont le déclenchement avait été annoncé de manière anticipée dès la veille au soir par le préfet, entre en vigueur à LA REUNION. A cette heure, les vents n'ont encore quasiment nulle part atteint les 100 km/h (97 km/h à La Plaine des Cafres, où les vents de nord-est ont commencé de s'engouffrer, canalisés par l'axe des Plaines), sauf ponctuellement en altitude, puisqu'on a déjà enregistré une rafale à 150 km/h au Maïdo (à 2 200 m d'altitude). Les précipitations, généralement faibles sur les zones côtières, ont toutefois commencé de monter en puissance depuis quelques heures dans les Hauts, où les seuils de fortes pluies sont localement dépassés. Mais les conditions demeurent globalement praticables sur l'île, avec même certains secteurs logiquement très peu concernés, comme le Sud protégé par le relief.

Le centre d'ANDO ne se situe pourtant plus à cet instant qu'à 285 km dans le nord-nord-ouest de l'île et s'apprête à franchir le 54° méridien est. C'est tou-

definitely for the southwest, beginning to feel the attraction of the important weakness in the pressure field related to the presence -already a few days long- of a low over the south MOZAMBIQUE Channel. Some of the available track predictions, and more specifically those from the various numerical models, already envisaged that ANDO could pass close to LA REUNION, but most of them privileged a track passing to the northwest of the island within more or less faraway times and distance but which obviously meant the likelihood of a real potential threat for the island.

On 4 January, ANDO's eye, still relatively poorly defined in the morning, was centred some 400 km northeast to TROMELIN Islet, right next to which the due southwest course of the meteor seemed to be heading for at that very moment. However, the cyclone was expected to end up evolving along a progressively more south than southwestward track, given that the degree of the trajectory swerving and its related chronology would be the two crucial elements determining the final distance of the closest passage to LA REUNION.

The expected bending of the trajectory actually occurred in the late evening of 4 January and finally took on the form of a definite shift of heading of about 20 degrees. ANDO's speed of movement had increased in the meantime though, and steadied slightly at under 20 km/h. Otherwise, ANDO had kept on intensifying. Classified as an intense tropical cyclone from then on, it had actually just reached a first peak of intensity.

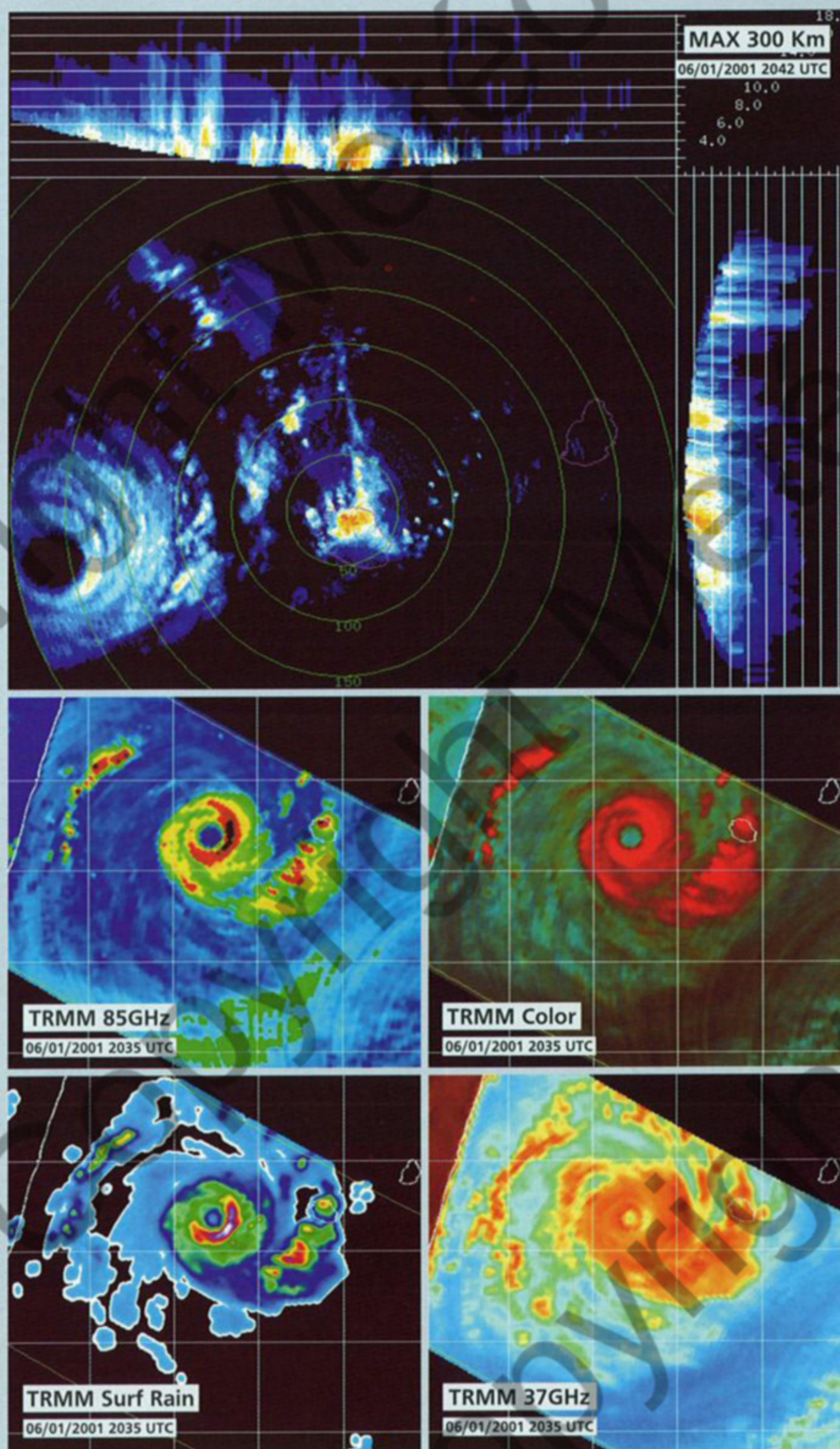
Benefiting from the newly adopted south-southwestward heading of the cyclone, TROMELIN avoided the central core of the phenomenon as the islet was moreover situated

in the good semi-circle of the disturbance -i.e. the navigable semi-circle. The closest passage of ANDO's centre to TROMELIN occurred in the late morning of the 5th, less than 120 km to the southeast. The minimal sea level pressure measured at that instant was 990.5 hPa. Yet, it was after the closest passage of the system that Meteo-France synoptic station based on the island recorded the strongest winds that actually blew more vigorously in the northwest quadrant than in the southwest one. This rather unusual configuration can be explained by the presence of a persistent broad band of deep convection linked, in this quadrant, to the dense cloud mass related to the cyclone together and inducing a greater extension of the strong winds in this sector. Storm force winds blew all afternoon, gusts culminating at 125 km/h (96 km/h on 10 min average). Heavy rainfall was observed around the time of the closest passage of the meteor and a cumulated amount of 141 mm rainfall was eventually recorded.

ANDO weakened slightly during the day of the 5th, its intensity lowering temporarily to the threshold limit of intense tropical cyclone. Its eye had enlarged and looked more roughly defined on the satellite imagery acquired in the afternoon. ANDO was a concentrated phenomenon characterised, except for the northwestern quadrant, by the quasi absence of active cloud bands around the main cloud mass of the system of about 400 km in diameter. So much so that in the evening of the 5th, while ANDO's centre was only some 380 km away from LA REUNION and had passed due north of the island in the late morning, the latter had not yet been affected by any spectacular worsening of the weather conditions.

Only the arrival in the course of the afternoon of





Alors qu'ANDO a commencé de s'éloigner de LA REUNION, l'île subit de très fortes pluies (noter la présence du noyau d'intenses précipitations centré sur le Nord de l'île).

While ANDO had started to shove off southward, very heavy rain poured down over LA REUNION (you can notice the presence of the nucleus of intense rainfall being centred over the northern part of the island).

the ANDO-related cyclonic swell that -as is often the case- had spread out quicker than the meteor, was the first tangible indication of the presence of a cyclone in the island's surroundings. Otherwise, there was nothing really noteworthy: the wind gusts had not yet

reached 70 km/h in the coastal areas, barely exceeding 80 km/h at high elevation, while rainfall remained slight to moderate at that point even in the windward areas; only the volcano summit did receive significant rain (more than 100 mm over the last 24h) due to

jours un phénomène intense, qui a même repris de la vigueur durant la nuit. Cette réintensification, amorcée en fin de journée du 5, s'est rapidement concrétisée sur l'imagerie micro-onde SSMI ou TRMM, par la formation d'un anneau de convection se refermant complètement autour de l'œil et associé à de la convection devenant de plus en plus intense. Sur l'imagerie satellitaire infrarouge de la fin de nuit, le cyclone présente une structure nuageuse magnifique. L'épanchement des nuages d'altitude autour de la perturbation est particulièrement spectaculaire et esthétique, visualisant superbement la divergence d'altitude au-dessus du système, désormais positionné quasiment en phase avec une cellule de hauts géopotentiels qui s'est constituée à l'arrière du talweg de haute troposphère mentionné précédemment.

A la faveur de ces conditions d'altitude propices, la tendance à l'intensification se prolonge durant encore quelques heures, avant de plafonner, ANDO atteignant alors ce qui constituera son maximum d'intensité. Autour de l'œil de 60 km de diamètre, désormais parfaitement visible sur le scope du radar du Colorado (dans les Hauts de St-Denis), les vents maximaux sont estimés atteindre les 180 km/h en vents moyens sur 10 minutes, avec des rafales de l'ordre de 260 km/h. Depuis le début de journée, la trajectoire d'ANDO s'est à nouveau infléchi légèrement plus sud. Mais cette fois le météore ne déviara plus de ce cap sud-sud-ouest, pour évoluer sur une trajectoire quasiment rectiligne durant les 36h suivantes, en bordure de la dorsale de moyenne troposphère présente à l'est des MASCAREIGNES et toujours attiré par la faiblesse dans le champ de pression quasi stationnaire sur le Sud du canal de MOZAMBIQUE. La vitesse de déplacement demeure pour sa part extrêmement régulière, excédant légèrement les 15 km/h. ANDO est toujours un système très concentré, dont l'extension de la masse nuageuse active demeure la plus restreinte dans le secteur sud de la perturbation (bordure du CDO à environ 180 km du centre). Il apparaît que LA REUNION va être effleurée par cette masse nuageuse principale, dont elle se situe pour l'heure toujours hors de la zone d'influence.



A 10h locales (06 UTC) décision est prise de lever l'alerte rouge. LA REUNION retourne en situation d'alerte orange. Le centre d'ANDO est alors positionné à 245 km dans le nord-ouest de l'île et continue de se rapprocher. Malgré le fait que le centre d'ANDO ne soit pas encore passé au plus près - ce passage au plus près étant dorénavant attendu pour la fin d'après-midi-, et que les conditions n'aient pas encore atteint leur niveau de dégradation maximale, il a été jugé que le degré de confiance était désormais suffisant pour considérer que le risque de voir des conditions réellement cycloniques affecter l'île était désormais écarté, le centre du cyclone étant amené devoir passer à une distance telle que le département échappe au cœur du phénomène.

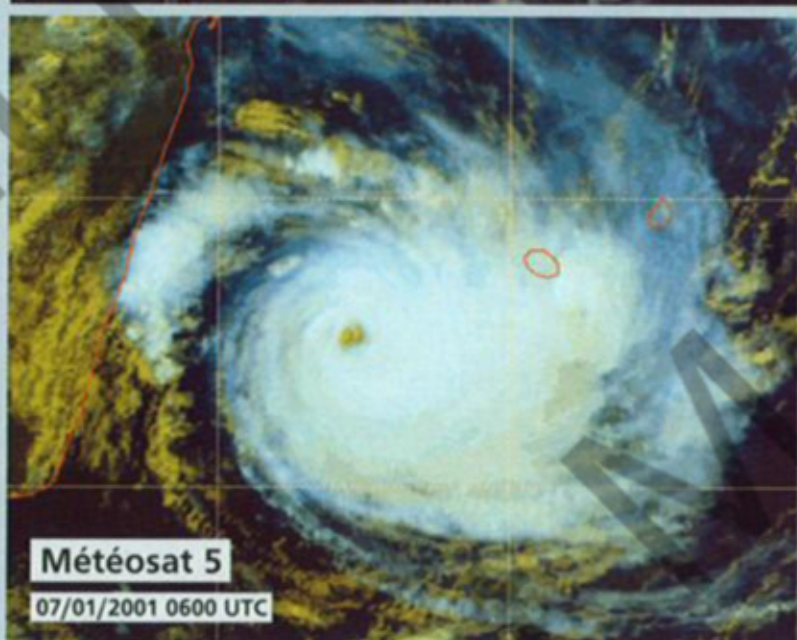
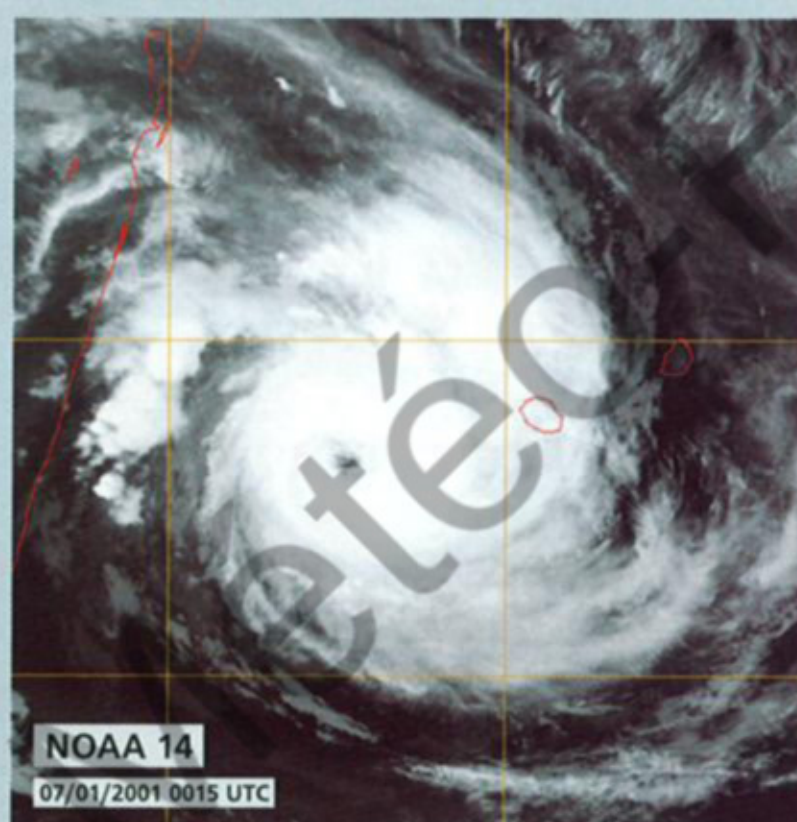
Cela ne signifie bien sûr pas que l'île ne va pas ressentir l'influence du météore, influence qu'elle ressent d'ailleurs déjà localement de manière sensible en ce courant de matinée et aucune amélioration significative n'est d'ailleurs prévue avant le lendemain. Ceci dit, les conditions sont en fait très contrastées suivant les secteurs. Les régions côtières du Sud, ou même celles du Nord et de l'Est, connaissent par exemple un temps faiblement pluvieux et des vents ne présentant aucun caractère remarquable, alors que le temps est franchement mauvais sur la majeure partie des Hauts de l'île, où de fortes pluies se produisent, notamment sur les Plaines et le volcan, tandis que les vents de nord-est continuent de se renforcer et ont déjà approché ou dépassé les 100 km/h dans les régions exposées du Nord-Ouest ou des Plaines (112 km/h à La Plaine des Cafres). Au cours des heures suivantes les conditions poursuivent logiquement leur dégradation. Les vents se renforcent encore un peu, puis plafonnent et se stabilisent ensuite assez rapidement, demeurant ainsi dans les limites raisonnables attendues. Les valeurs maximales de vents observées à la mi-journée sur le réseau de stations automatiques (par exemple les 133 km/h mesurés à 11h locales à La Plaine des Cafres), ne seront ainsi surpassées par la suite qu'en de rares points de mesure et pour des écarts supplémentaires minimes.

L'état de la mer continue de se dégrader et la houle de grandir. Elle atteindra son maximum à peu près au moment du passage au plus près, avec 5,4 m en hauteur significative maximale (H1/3) en baie de La Possession. Avant cela elle aura manqué de peu faire ses premières victimes. Des personnes ont ainsi été blessées en allant observer la houle cyclonique au plus près, tandis que des maîtres-nageurs, venus prêter assistance à des bodyboarders partis surfer sur les vagues de la houle cyclonique, en étaient quittes pour revenir, avec les pires difficultés, à la nage, après que leur embarcation eut été retournée par les vagues...

Dans les Hauts, les fortes précipitations ont continué de gagner légèrement en intensité à mesure du rapprochement final du centre d'ANDO, et l'on enregistre ainsi des intensités de l'ordre de 100 mm en 6h désormais.

En fin d'après-midi, alors que le centre d'ANDO passe au plus près, à environ 205 km au large de la côte ouest, les cumuls de pluie n'ont cependant encore rien d'exceptionnel - 150 à 350 mm en 24h- et se situent alors nettement en deçà des valeurs d'un épisode cyclonique normal. Mais le plus remarquable est à rechercher au niveau des zones côtières, qui elles n'ont pour l'heure reçu qu'une pluviométrie négligeable, voire insignifiante, de quelques mm à une quarantaine de mm tout au plus. Conformément à la structure très concentrée d'ANDO et à la quasi absence d'activité pluvieuse autour de la masse nuageuse centrale dense du météore (absence confirmée sans ambiguïté par l'imagerie radar), il ne pleut effectivement quasiment pas sur le littoral. Et si l'île était plate, il en irait de même partout. Les fortes pluies qui se produisent dans l'intérieur de l'île résultent du pur effet de forçage dû au relief. Cet effet, en l'occurrence particulièrement spectaculaire, génère des contrastes exacerbés, et parfois extrêmes, entre les zones littorales et les Hauts, avec des écarts de pluviométrie fréquemment supérieurs à un facteur 10, approchant même un facteur 100 dans les zones "sous le vent" (comme entre St-Pierre et La Plaine des Cafres).

classically enhanced rainfall through orographically forced uplift. Although initial predictions of a passage of the system west to LA REUNION seemed now more than likely to verify, its nearest passage to the island still needed to be specified. While predictions on the future track of the phenomenon allowed to reasonably assume that the distance should be far enough to enable the island to escape the most devastating winds present around ANDO's eye, a slight change of trajectory altering the distance of the passage by only a few tens of kilometres could considerably modify the influence felt on the island. It could be more so as regards



Après une nuit particulièrement pluvieuse, les fortes précipitations se prolongent à LA REUNION. La bande nuageuse active qui s'était durablement maintenue dans le quadrant nord-ouest de la perturbation les jours précédents, a pivoté de 90°, se retrouvant désormais dans le quadrant nord-est du cyclone et affectant du coup "l'île intense". Il faudra en fait attendre la fin de matinée pour observer un réel début d'amélioration, avant que l'île ne commence à sortir des masses nuageuses directement associées à ANDO à la mi-journée.

After a very wet night the heavy rainfall was to keep going in LA REUNION. The active outer cloud band, which had been settled during the previous days within ANDO's northwestern quadrant, had made a 90° turn and was now in the cyclone's northeastern quadrant, thereby affecting the "intense island". One had to wait until late morning for a real improvement to take place, the island thereafter beginning to come out of the cloud mass directly related to ANDO in the middle of the day.



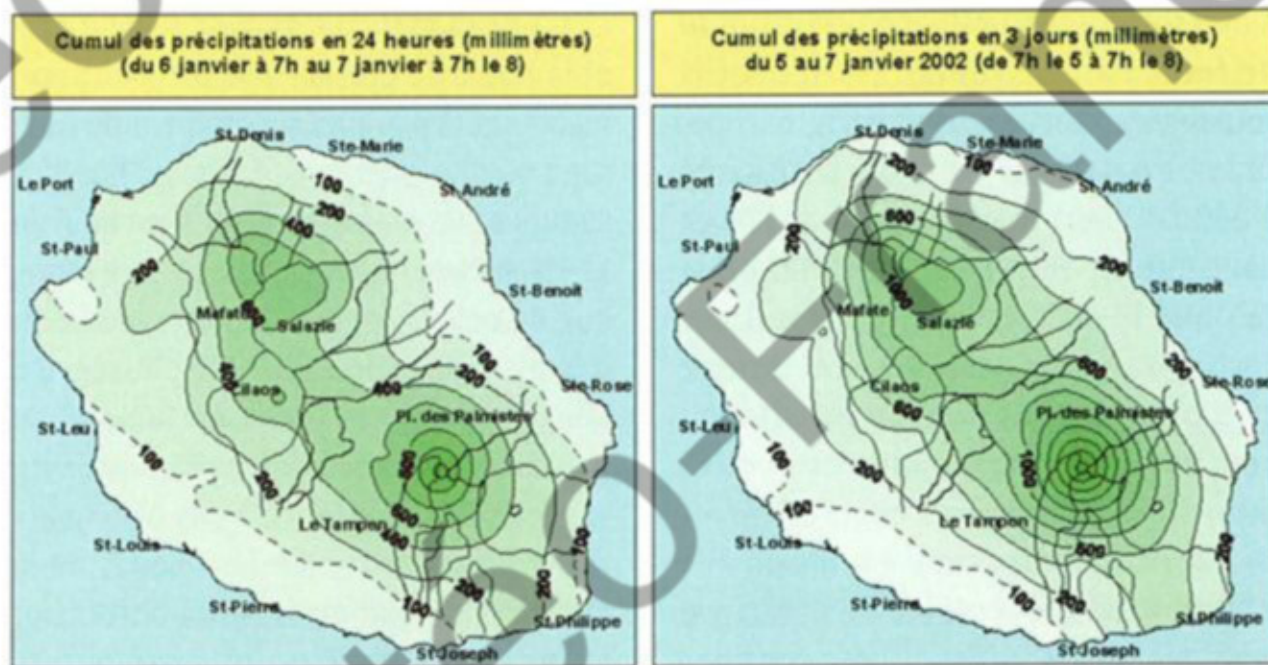
rainfall due to the very concentrated cloud activity of the meteor.

And while the cyclone kept bearing towards a track between the southwest and the south-southwest, it went through -beside the usual small-scale trochoidal oscillations- longer wave oscillations whose most notable one occurred during the first part of the night of the 5th. ANDO then moved more southward for a few hours, letting one fear the track would start recurving, before finally assuming again the previous more southwestward heading.

On 6th January at dawn, the red state of alert already announced by the local authorities anticipatively the previous evening, was made effective. At that time, winds had nowhere reached 100 km/h as yet (97 km/h at Plaine des Cafres where northeasterly winds had started to rush in, canalised by the Plaines'funnel) except very locally at high elevation, since a 150 km/h gust had already been recorded at Maïdo (at 2 200 m elevation). Even though showers were generally light on the coastal areas, they had started to get heavier since a few hours in the upper reaches where heavy rain thresholds were crossed locally. However, conditions remained globally practicable on the island, with some sectors being logically unaffected, as was the case for the South being protected by the mountains.

Yet at that very instant, ANDO's centre was only just 285 km off the island's north-northwest coast and about to cross Longitude 54° East. It was still an intense phenomenon which had even gained on some further intensity throughout the night. The re-intensification that had initiated at the end of the day of the 5th, had quickly materialised on the SSML and TRMM microwave imagery into the formation of a ring of convection that closed in completely around the eye with the convection becoming more intense within this eyewall. On the late night infra-red satellite picture, the cyclone showed a splendid cloud structure. The blow-off of the upper-level clouds around the disturbance was most spectacular and esthetic, nicely depicting the superb upper divergence above the system, which from now on, was practically positioned beneath the high geopotential cell which had built at the rear of the previously mentioned upper tropospheric trough.

With these favourable upper conditions, the intensification trend lasted for another few hours before reaching its ceiling, whereupon ANDO reached its maximum of intensity. Around the eye of 60 km diameter now perfectly visible on the Colorado radarscope (in Saint-Denis' upper reaches), maximum winds were estimated to



Cartes d'isohyètes de précipitations (en mm) associées à l'épisode ANDO à LA REUNION (pluies sur 24h - à gauche, le 06 janvier 2001, et sur 72h - à droite, du 05 au 07 janvier 2001). Les fortes précipitations ont essentiellement concerné les Hauts.

24h and 72h rainfall amounts recorded in LA REUNION during ANDO's episode (isohyets maps in mm for 06 January 2001 - left, and for the period 05 to 07 January 2001 - right). The heavy rainfall mostly concerned the hinterland upper reaches.

Mais la deuxième partie de l'épisode perturbé va rétablir une distribution des précipitations plus habituelle entre les Hauts et les Bas. C'est en effet en soirée, alors que le centre d'ANDO poursuit son déplacement en direction du sud-sud-ouest et commence de s'éloigner lentement, que les conditions pluvieuses vont prendre une dimension supérieure. Au radar, le désert d'échos pluvieux, hormis ceux associés au cœur d'ANDO (toujours d'extension réduite autour de l'œil -pour sa part remarquablement stable avec ses 60 km de diamètre), va laisser place aux premières bandes pluvieuses, étroites mais actives, en advection par le nord. Spiralant autour du centre dans le secteur nord-est de la circulation dépressionnaire, elles vont commencer de balayer l'île. Ces lignes de grains qui vont se succéder, affichent d'emblée un caractère instable affirmé, la première d'entre elles se signalant par de l'orage, en soirée. La dégradation pluvieuse va alors se faire sentir à la fois dans les Hauts, mais également sur le littoral, et c'est une nuit très arrosée que vont devoir notamment affronter les habitants des Cirques et des Plaines.

Pour le reste, les éléments ont commencé de s'apaiser lentement, la houle tout d'abord, qui s'atténue progressivement depuis la fin d'après-midi, avec cependant encore quelques accès de "mauvaise humeur" à ne pas négliger. La vague la plus haute est ainsi observée postérieurement au passage au plus

près, en début de nuit, avec un maximum absolu (Hmax) de 10,8 m. Pour ce qui est des vents, leur affaiblissement se fera de manière encore plus lente, des rafales supérieures à 100 km/h sévissant encore toute la nuit dans les zones exposées, les Plaines tout particulièrement.

A l'aube du 7 janvier, c'est toujours un temps fortement pluvieux qui règne dans tout l'intérieur de l'île. Et après une nuit déjà très humide, avec de 250 à plus de 500 mm de précipitations recueillies en 12h, les fortes pluies vont se prolonger, malgré la poursuite de l'éloignement du centre d'ANDO. L'amélioration n'est, en effet, pas pour tout de suite, car, durant la nuit, la bande nuageuse active rattachée à la masse nuageuse principale d'ANDO, qui jusqu'à s'était durablement maintenue dans le quadrant nord-ouest de la perturbation, a pivoté de 90°, se retrouvant désormais dans le quadrant nord-est du cyclone. Et tandis qu'à l'île MAURICE le soleil brille, LA REUNION continue de subir l'influence perturbée de ce quadrant arrière de la circulation dépressionnaire d'ANDO. Les précipitations les plus intenses enregistrées au cours de cet épisode cyclonique vont d'ailleurs se produire au cours des heures suivantes, en cours de matinée, au Baril dans le Sud sauvage (intensité maximale approchant les 100 mm/h).

Il faudra en fait attendre la fin de matinée pour observer un réel début d'amélioration. Les précipitations cessent qua-



siment sur le littoral et amorcent leur atténuation dans les Hauts. Et à la mi-journée, l'île commence à sortir des masses nuageuses directement associées à ANDO. L'alerte orange est levée dans la foulée. ANDO, qui est à cet instant centré à 360 km au sud-ouest de LA REUNION, s'éloigne définitivement.

Toujours classé en cyclone tropical intense et encore quasiment au maximum de sa puissance (les données AMSU-A pouvant même laisser penser que le maximum d'intensité ait été atteint en début de journée), il commence cependant à montrer ses premiers signes d'affaiblissement. Les sommets de la masse nuageuse se sont quelque peu réchauffés et l'évolution

reach 180 km/h in 10 min average with peak gusts of about 260 km/h.

Since the beginning of the day, ANDO's track had once again slightly turned more to the south. But this time the meteor would not shift from that south-southwest trajectory and would track on a nearly rectilinear path for the next 36h, along the boundary of the mid-tropospheric ridge laying east to the MASCARENES and being still attracted by the quasi stationary weakness in the pressure field positioned over the South Mozambique Channel. The speed of movement remained for its part very steady, slightly exceeding 15 km/h. ANDO was still a very compact system with the expansion of its active cloud mass remaining more restrained in the southern sector of the disturbance (the edge of the CDO being clear-cut about 180 km off the centre). It looked like LA REUNION would be

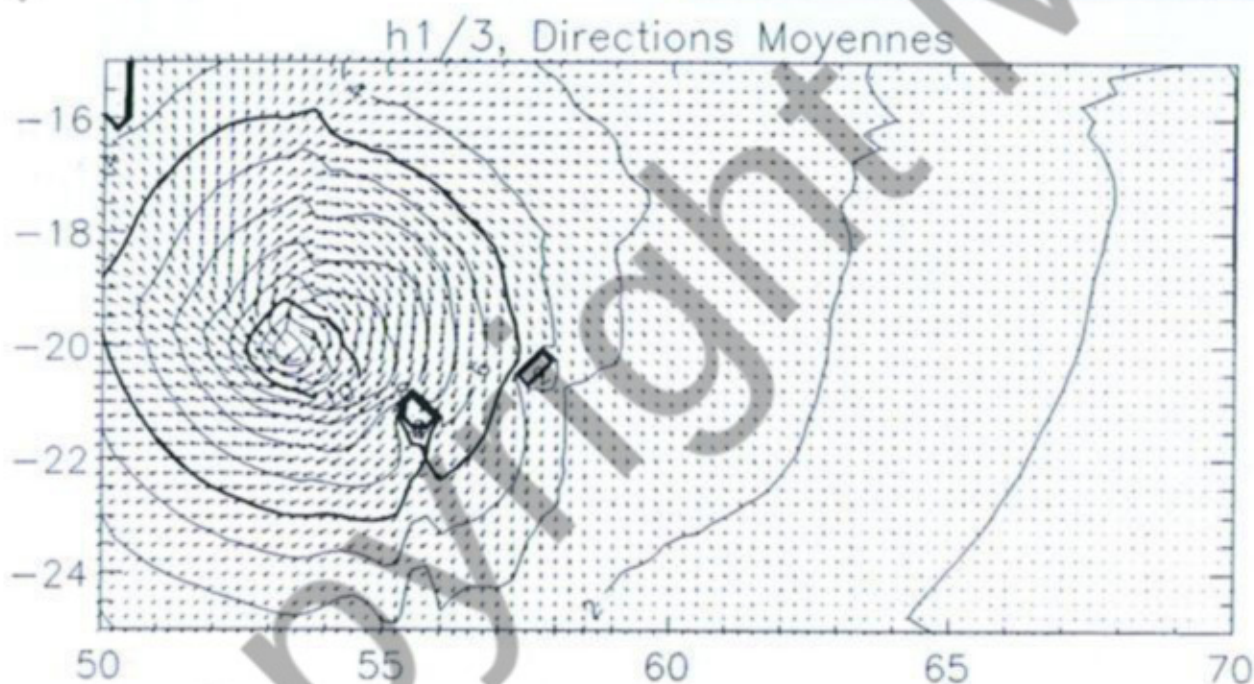
brushed by this main cloud mass, while still outside the area of influence at the time.

At 10am local time (06 UTC), it was decided to lift the red state of alert and put REUNION back to an orange state of alert. ANDO's centre was then spotted 245 km off the island's northwest coast and kept getting closer. Despite the fact that the closest passage of ANDO's centre had not yet occurred - this was now being expected for the late afternoon -, and that conditions had not yet utterly degraded, it was warrantably deemed that the risk of the island being affected by true cyclone adverse conditions was warded off, as the cyclone's centre was now forced to pass at such a faraway distance that the island would avoid the core of the phenomenon.

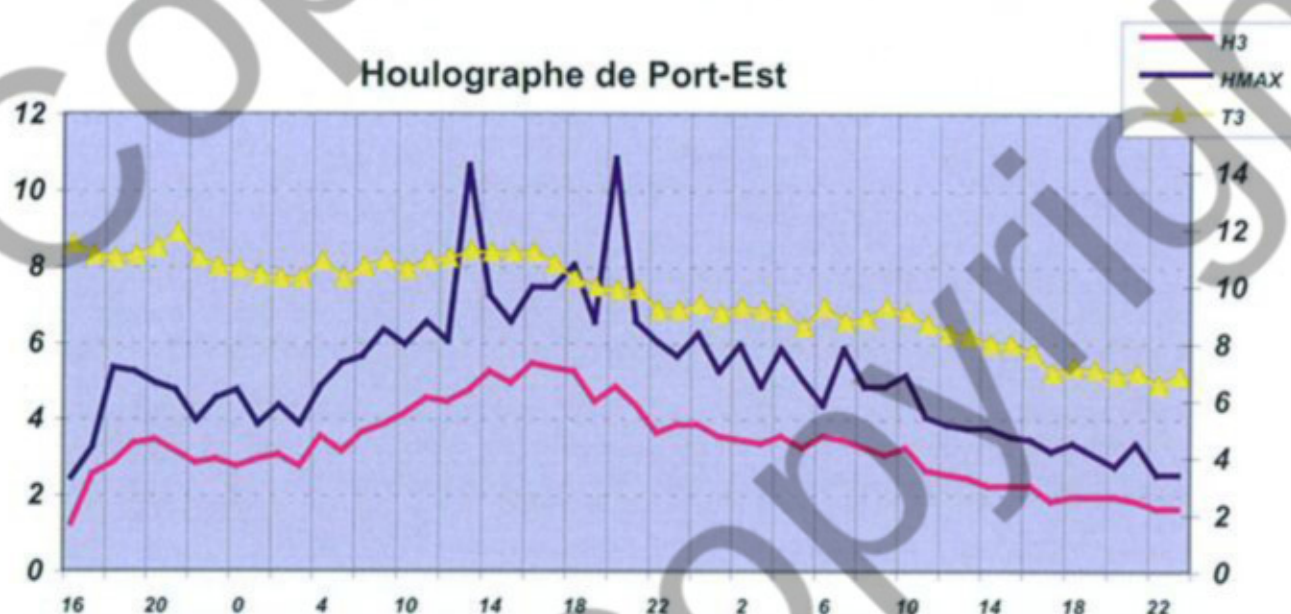
Naturally, this did not mean that the island would not feel the influence of the meteor which it actually did feel already and locally significantly in this morning and no bettering of the conditions was to be expected until the following day. Nonetheless, conditions were actually very contrasted depending on the area. For instance the southern coastal areas and even the north and eastern ones experienced only slight rain and unremarkable winds while on the other hand, the weather was really bad in most parts of the highlands where there was heavy rain namely over the Plains and the volcano, while northeasterly winds kept strengthening, approaching or crossing the 100 km/h mark in the exposed regions of the North-West and of the Plains.

In the course of the following hours, conditions logically kept on worsening. Winds strengthened a little more, reached their maximum speed and then stabilised fairly rapidly, thus remaining in the reasonable expected limits. The winds' maximum values observed by the middle of the day on the automatic weather stations network (e.g. 133 km/h were measured at 11am local time at Plaine des Cafres), would only be exceeded later on by a few stations and with trifling additional differences.

The sea state went on degrading and the swell went on growing. It would reach its maximum height at about the same time as the system's closest passage to the island, with a 5.4 m maximum significant height (H1/3) in La Possession's Bay. Before that, it only just avoided causing disaster victims. Indeed, some people were injured as they were observing the cyclonic swell from too close, while life-savers who had come to help out the body-boarders having a go at surfing on the gigantic swell had



Houlographe de Port-Est



Ci-dessus : évolution temporelle de la houle cyclonique observée au Port-Est (Baie de La Possession, côte nord-ouest de LA REUNION) à l'occasion de l'épisode ANDO (hauteurs significatives H1/3 en rouge, hauteurs maximales en bleu, période en jaune). En haut : la houle (H1/3) simulée par le modèle de houle cyclonique de Météo-France pour ANDO (isoligne 5 m en gras). Pour pouvoir prévoir correctement la houle, les paramètres d'entrée doivent être initialisés avec un grand réalisme. Outre la trajectoire et l'intensité, ce sont surtout les extensions des zones de vents forts dans les différents quadrants de la perturbation qui doivent être calibrées au mieux, d'où l'intérêt de bénéficier de données d'observations telles que les données diffusiométriques QuikScat (pour mieux appréhender l'extension du coup de vent en particulier).

Above : the time evolution of the cyclone swell observed in immediate vicinity of the northwestern shoreline of LA REUNION during ANDO's event (significant height H1/3 in red, maximum height in blue, period in yellow). Up : significant swell (H1/3) simulated by the Météo-France cyclone swell model for ANDO (5 m isoline in thick). In order to correctly predict the swell, initial conditions fed into the model need to be as realistic as possible. In addition to the track and intensity of the cyclone, the main parameter to which the model will be especially sensitive is the extension of the strong winds in the different quadrants of the disturbance; hence the interest of getting observed data like QuikScat scatterometer derived wind field to make the best initialisation of a critical parameter like the radius of gale force winds.



to swim back to the shore in extremely difficult conditions after their boat overturned in the waves....

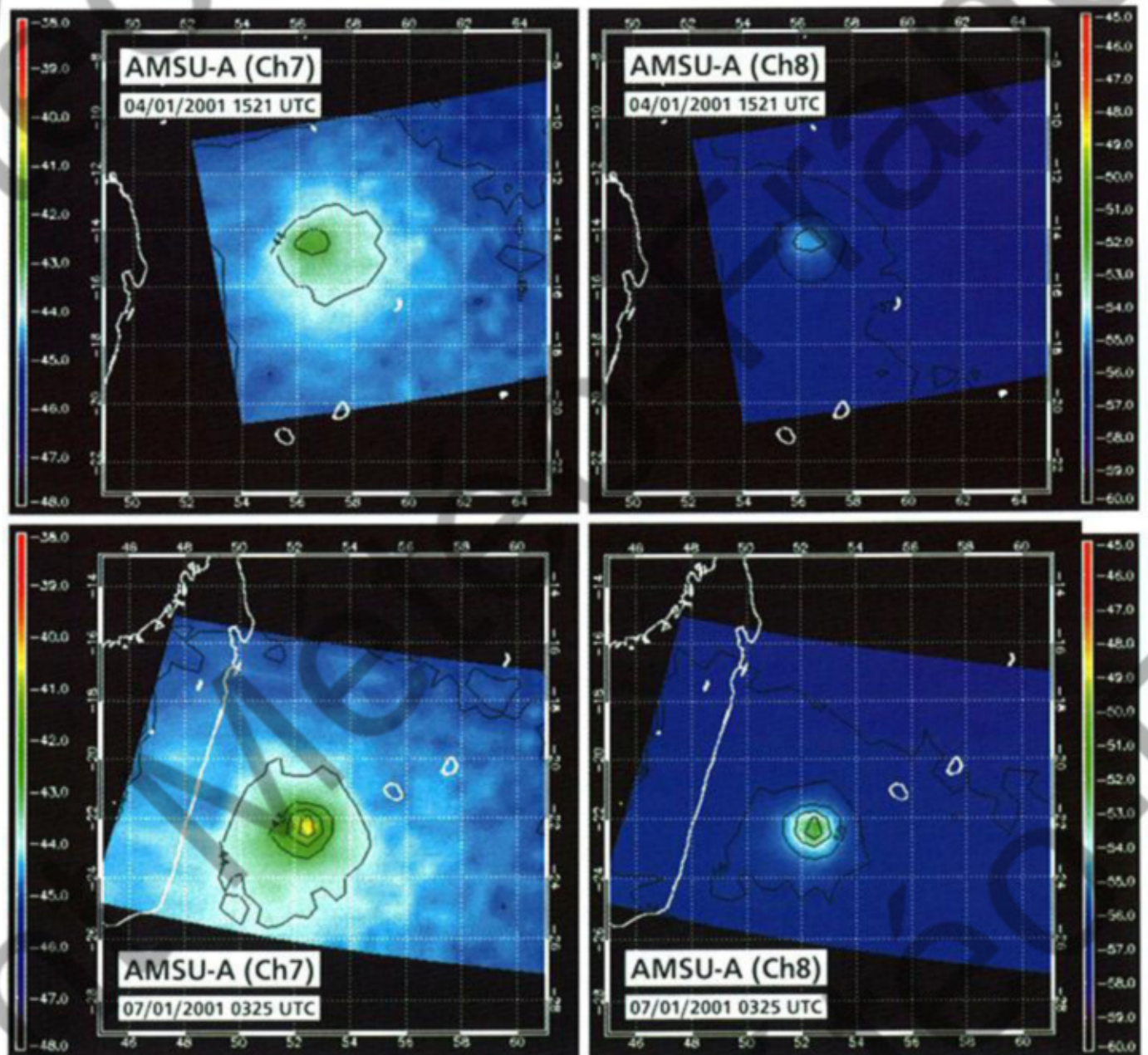
In the highlands, the heavy rainfall continued to slightly intensify as ANDO's centre was coming closest to the island; rainfall intensity peaks of 100 mm in 6h were recorded.

In the late afternoon, while ANDO's centre was at its nearest distance, some 205 km off the west coast, the cumulated amount of rainfall was of no exception yet (150 mm to 350 mm in 24h) being well under the norm of a normal cyclone episode. But still, the most remarkable was to be found on the coastal areas which for the time being had received very little or insignificant rain, from a couple of mm to about 40 mm at best. Indeed, in accordance with ANDO's very dense structure and quasi inexistent rain around the meteor's central dense overcast (absence which was definitely confirmed by the radar imagery), it hardly rained on the coastline. And if the island had been flat, such would have been the case everywhere. The heavy rain that fell in the hinterland purely resulted from the impact of the orography. This impact, which by the way was quite spectacular, caused exacerbated -at times extreme- contrasts between the coastal areas and the highlands, with difference in rainfall often exceeding factor 10, and getting close to factor 100 in the "leeward" areas (like between Saint-Pierre and Plaine des Cafres).

However, the second part of the cyclone episode would redistribute more evenly the rainfall between the highlands and the lowlands. It was indeed in the evening while ANDO's centre kept moving towards the south-southwest and started to slowly move away that rain conditions really worsened. On the radar, the absence of rain echoes -except for those related to ANDO's core (with still a reduced extension around the eye -which for its part was remarkably stable considering its 60 km diameter) would make room for the first -narrow yet active- cloud bands in advection via the north.

Spiralling around the centre in the northeastern sector of the clockwise circulation, they started to sweep the island. The succeeding squall lines displayed a very unstable pattern from the start, the first one showing up with thunderstorm in the evening. Adverse rain conditions would then be felt both in the highlands and on the coast and it was a very wet night that inhabitants of the Cirques and the Plains would have to face.

As for the rest, the elements started to calm



Parmi les nouveaux outils apparus récemment avec l'avènement de l'imagerie micro-onde, figurent en bonne place les données AMSU A et B (Advanced Microwave Sounding Unit). Les nouvelles gammes de fréquence utilisées notamment par l'AMSU-A, se sont révélées particulièrement intéressantes dans l'analyse satellitaire de l'intensité des cyclones tropicaux.

Le radiomètre AMSU-A fonctionne avec l'énergie émise par les molécules d'oxygène, ce qui présente l'avantage de s'affranchir des problèmes de contamination nuageuse. Suivant la fréquence utilisée (entre 53 et 55 GHz), l'énergie reçue sera sélective d'une couche spécifique de l'atmosphère (en fonction de la température et de la densité en oxygène), de sorte que l'on peut discriminer par ce biais d'éventuelles anomalies de température à un niveau donné de l'atmosphère.

Cette propriété a été appliquée aux cyclones tropicaux, dont la structure présente la caractéristique de présenter une anomalie chaude en haute troposphère, le maximum de réchauffement troposphérique se produisant vers le niveau 250 hPa (soit à environ 12 km d'altitude) et son amplitude étant directement reliée à l'intensité du cyclone. Des algorithmes ont dès lors été développés pour déduire l'intensité des cyclones (i.e. le minimum de pression en surface) à partir des observations AMSU-A d'anomalies de températures. Ces nouvelles techniques sont prometteuses (avec a priori une meilleure estimation de l'intensité réelle des cyclones que celle fournie par la technique de Dvorak par exemple), mais demandent encore à être validées par des observations réelles dans des bassins comme celui du Sud-Ouest de l'océan Indien.

Sur les images ci-dessus figurent des images AMSU-A dans les canaux 7 (54.94 GHz) et 8 (55.5 GHz) d'ANDO au stade de cyclone tropical mature. Ces canaux sont représentatifs des niveaux 250 hPa et 100 hPa respectivement. On constate bien la différence significative d'amplitude de l'anomalie chaude de température entre le 4 et le 7 janvier (les pressions centrales en surface d'ANDO étant alors respectivement estimées à 950 et 925 hPa).

Amongst the new tools that have recently come up together with the advent of microwave imagery, AMSU A and B (Advanced Microwave Sounding Unit) data are especially worth mentioning. Namely the specific set of frequencies used for AMSU-A proved to be of great interest for tropical cyclone intensity analysis. The main interest comes from the fact that the AMSU-A radiometer detects energy emitted by atmospheric molecular oxygen and is thus largely unaffected by the presence of clouds. Different frequencies are used each one being radiatively selective as detecting microwave radiation from specific discrete layers within the atmosphere (depending on the temperature and abundance of molecular oxygen). Hence this capability enables the detection of local temperature anomalies within a tropospheric layer.

This has been applied to tropical cyclones since the warm core structure of the cyclone is associated to upper tropospheric warming, the magnitude and the spatial coverage of the warming being correlated to the sea level pressure drop. Thus observing the storm-related warming at carefully chosen frequencies is a good way to monitor the intensity changes of tropical cyclones. The most valuable channels (frequencies) are those selective at upper levels since the maximum warming generally occurs at about 250 hPa in a tropical cyclone. Algorithms have been developed to estimate tropical cyclone intensities (central pressure) from AMSU observed brightness temperature anomalies. Their results look promising (providing better intensity estimates than those derived from the Dvorak intensity analysis technique for instance) but still need to be validated with real ground-truth observations in a cyclone basin like the SouthWest Indian Ocean.

The above images show AMSU-A images of mature tropical cyclone ANDO in channel 7 (54.94 GHz) and 8 (55.5 GHz) (with maximum respective sensitivity at 250 hPa and 100 hPa). The significant differences in brightness temperature anomalies is obvious between 4 and 7 January (the surface central pressure of ANDO being estimated at 950 and 925 hPa respectively).

down slowly, the swell first which progressively eased from the late afternoon, with still a couple of non-negligible erratic bouts though. Thus, the highest wave to be observed occurred after the closest passage of the cyclone in the early night with an absolute maximum (Hmax) of 10.8 m. As for the winds, they abated even

de la structure nuageuse laisse, en outre, entrevoir les prémices d'une contrainte cisailée de nord-ouest.

L'œil d'ANDO est cependant encore bien visible, en soirée du 7. ANDO vient toutefois de perdre son statut de cyclone tropical intense à ce moment et son



déplacement s'est infléchi en direction du sud-ouest à une vitesse ralentie (environ 10 km/h). Trois heures plus tard, ANDO a totalement changé d'allure sur l'imagerie satellitaire. La structure nuageuse s'est en grande partie disloquée et présente tous les traits habituels d'un système cisailé. Passé le 23<sup>e</sup> parallèle sud, ANDO vient en fait de se retrouver brutalement confronté au courant perturbé d'ouest d'altitude associé au jet subtropical, prenant en l'occurrence la forme d'un flux de nord-ouest assez rapide.

A LA REUNION, avec l'humidité résiduelle et le soulèvement orographique, il continue de pleuvoir dans les Hauts et ces précipitations vont perdurer jusqu'au matin du 8, moment où l'épisode pluvieux prend réellement fin. On peut alors dresser un bilan du passage d'ANDO.

L'influence du météore se sera surtout faite sentir au niveau de la pluviométrie. Si sur les zones côtières, les précipitations n'ont pas été particulièrement remarquables, elles ont par contre été abondantes dans les Hauts, où les très fortes pluies générées dans la partie arrière de la circulation dépressionnaire d'ANDO, ont compensé la relative faiblesse des précipitations dans la partie avant du système. Au total, les lames d'eau recueillies sont dans la norme d'un vrai épisode cyclonique, comparables, voire même supérieures par endroits, aux cumuls pluviométriques observés par exemple lors du passage du cyclone CONNIE en janvier 2000, dernier cyclone tropical à avoir circulé à proximité de LA REUNION.

Les vents sont demeurés dans des limites raisonnables, compte tenu du passage suffisamment éloigné du centre (plus de 200 km). LA REUNION se situait en limite d'influence de la zone du coup de vent de la circulation cyclonique, d'où des vents excédant légèrement les 100 km/h très localement sur le littoral (rafale maximale observée de 108 km/h au Port), avec des valeurs supérieures dans les Hauts (115 km/h à La Petite France dans les Hauts de l'Ouest, 133 km/h à La Plaine des Cafres pour les zones habitées). Au niveau humain, on déplore les décès de deux personnes, toutes deux emportées par les eaux dans des ravines en

crue de l'Ouest, l'une en tentant de traverser un radier submergé avec sa voiture, l'autre en portant assistance à un proche en difficulté dans le lit d'une ravine.

Au niveau matériel, il n'y a pas eu de dégâts majeurs, même si le réseau routier a subi, comme à l'accoutumée, quelques menus dommages suite aux fortes pluies. Quelques éboulements ou glissements de terrain, généralement mineurs, ont été observés, le plus notable ayant toutefois failli ensevelir une case et ses occupants dans le cirque de Salazie (à Bé Cabot).

Les dégâts les plus conséquents ont concerné l'agriculture : serres et cultures maraîchères ont souffert, ainsi que la filière fruits, la Plaine des Cafres et la région Nord-Ouest étant les zones les plus touchées. Du bétail, demeuré exposé aux intempéries, est mort sous les eaux à La Plaine des Cafres, rappelant que la consigne de ramasser ses animaux en alerte orange n'est pas un vain mot.

Evoluant assez loin au large des côtes sud-est de MADAGASCAR, ANDO, sur le point d'être déclassé en forte tempête tropicale, a mis le cap en direction des latitudes sud au matin du 8 janvier, reprenant un déplacement à un rythme plus soutenu, en direction d'un col barométrique qui transite loin au sud. La contrainte cisailée est franche, mais demeure cependant dans des limites suffisamment raisonnables pour permettre à la structure nuageuse d'ANDO de résister relativement bien, du moins jusqu'en début de journée du 9. A ce moment-là, bien qu'affaibli, le système est encore classé en forte tempête tropicale.

Mais, au sud de 26°S, le cisaillement se fait plus virulent et la circulation dépressionnaire ne tarde pas à se désolidariser de la convection résiduelle. Dans l'après-midi, le vortex de basses couches devient totalement apparent et ANDO entame la nuit suivante sa phase de transition extratropicale.

Il franchit le 30<sup>e</sup> parallèle sud en début de journée du 10 janvier. Le tourbillon résiduel de basses couches demeurera ensuite visible plusieurs jours. S'évacuant dans un premier temps en direction du grand sud, il manquera de peu

more slowly, gusts of over 100 km/h raging throughout the night in the exposed areas, and especially the Plains.

On 7 January at dawn, very rainy weather was still drenching the hinterland. And following a very wet night with 250 to more than 500 mm rainfall within 12h, heavy rain would lengthen despite the fact ANDO's centre kept on shoving off. Indeed, there wasn't going to be any improvement for now on as during the night, the active cloud band linked to ANDO's main cloud mass, which had been set till now within the disturbance's northwestern quadrant, had made a 90° turn and was now in the cyclone's northeastern quadrant. And while the sun was shining in MAURITIUS, LA REUNION Island kept undergoing the disturbed influence of the rear quadrant of ANDO's clockwise circulation. The heaviest rain recorded throughout that cyclone event would in fact occur in the following hours (in the morning of 7th), at Baril in the Wild South (intensity peak close to 100 mm/h).

One had to wait until late morning for a real improvement to take place. Rainfall practically ceased on the coast and started to lessen in the highland. In the middle of the day, the island began to come out of the cloud mass directly related to ANDO and the orange state of alert was lifted at once. ANDO, which at that time was centred 360 km to the southwest of LA REUNION, was leaving definitively.

Still classified as an intense tropical cyclone and still almost at peak intensity (AMSU-A data could even let one think that the maximum of intensity had actually been reached in the early day), ANDO started to display its first weakening signs.

The cloud tops had warmed up somewhat and the evolution of the cloud structure showed a glimpse of the early beginnings of a northwesterly sheared constraint. But in the evening of the 7th, ANDO's eye was still visible. However ANDO had just lost its intense tropical cyclone status and its motion had shifted towards the southwest at slower speed (around 10 km/h). Three hours later, ANDO looked totally different on the satellite imagery. The cloud structure had dispersed for the most part and displayed all the usual features of a sheared system. Having crossed Latitude 23°S, ANDO had actually just impinged on the upper level westerlies associated to the subtropical jetstream, assuming in this case the shape of a fairly rapid northwesterly flow.

In REUNION, due to the residual humidity and the orographic upheaval, rain kept falling in the highlands and lasted until the morning of the



8th, at which time the rainy episode finally ceased altogether. It was now possible to take stock of ANDO's passage.

The meteor's influence was mostly felt rainfall wise. While precipitation wasn't really noteworthy in the coastal areas, it was particularly abundant in the highland where heavy rainfall generated in the rear part of ANDO's clockwise circulation made up for the relatively weak rainfall in the front part of the system. Total cumulated rainfall actually matched the usual norms of a true cyclone episode, and was at times superior in some places to that observed for instance during Cyclone CONNIE's event in January 2000, the last tropical cyclone that had passed close to LA REUNION.

Winds remained reasonable given the rather faraway passage of the cyclone's centre (over 200 km). LA REUNION was situated on the borderline of influence of the gale zone of the clockwise circulation, hence the slightly over 100 km/h winds felt locally on the coastline (maximum gust observed at Le Port was 108 km/h), with higher values in the highland (115 km/h at Petite France in the western upper reaches, 133 km/h in Plaine des Cafres, for the inhabited areas).

Human-wise, two people died, both swept away by the western ravines' floods, one while driving across a flooded passage, and the other while trying to rescue a relative in the ravine bed.

Equipment-wise, there was no major damage except for the road network which as usual underwent minor damage due to the heavy rain. A few -generally minor- rock falls and landslides were observed, the most important one however nearly swept a house away with its residents inside at Salazie Cirque (at Bé Cabot).

The most consequential damage concerned agriculture : greenhouses and market garden produces suffered a lot, as well as the fruit sector, Plaine des Cafres and the North-West region being the most affected. Some cattle left exposed to the bad weather conditions died in Plaine des Cafres's floods, a reminder that it is essential to gather one's animals during the orange state of alert.

As ANDO, now about to be downgraded to severe tropical storm, was moving far off the southeast coast of MADAGASCAR, it shifted its course towards the southern latitudes in the morning of 8 January, resuming motion at a faster pace towards a barometric col which was

transiting faraway in the south. While the sheared constraint was clear-cut, it remained within reasonable limits to enable ANDO's cloud structure to resist quite well, or at least until the early hours of the 9th. At that time, the system was still graded as a severe tropical storm though it had weakened.

However, south to 26°S, the shear increased and the clockwise circulation soon split from the residual convection. In the afternoon, the lower-layer vortex became fully exposed and ANDO began its extratropical transition phase the following night.

It crossed latitude 30°S early in the day of 10 January. The residual vortex of low clouds then remained visible for another few days. Shoving off first towards the Great South, it nearly got sucked ahead of a polar trough. Halted by the arrival of the rear anticyclone cell, the residual low was drawn up in the southeasterly trade wind flow and turned back towards the northwest to finally end up filling far off the South of MADAGASCAR on 13 January.

The first named system of the season (and of the new millennium...), ANDO was also the most intense one. While being the only system of the season with significant influence on the inhabited areas in the region, it nonetheless spared LA REUNION and just as well since the meteor was at its peak of intensity at the time of its closest passage. The rain it left behind was even beneficial to the island as the following months were plagued with persistent -locally severe- drought. ANDO's cyclone episode turned out to be insufficient though to make up for the rain shortage throughout those extremely dry months as, despite the important showers it generated, the yearly pluviometry for the year 2001 approached records of dryness.

Finally, just for trivia sake, it is interesting to note that it was the first time that the first named depression of the season (hence starting with "A") threatened LA REUNION, and so much so at the cyclone stage. In fact, in a little more than 40 years of naming systems, a "A" system had already concerned LA REUNION, but purely artificially and accidentally. Tropical Cyclone ALIX, historically the first system to be named in the South-West basin of the Indian Ocean, had indeed affected LA REUNION in January 1960 but that was by mere chance since ALIX was not the first depression of the 1959-1960 cyclone season and was named in "A" due to the simple reason that the naming system of disturbances only came into force in January 1960, in the course of the season.

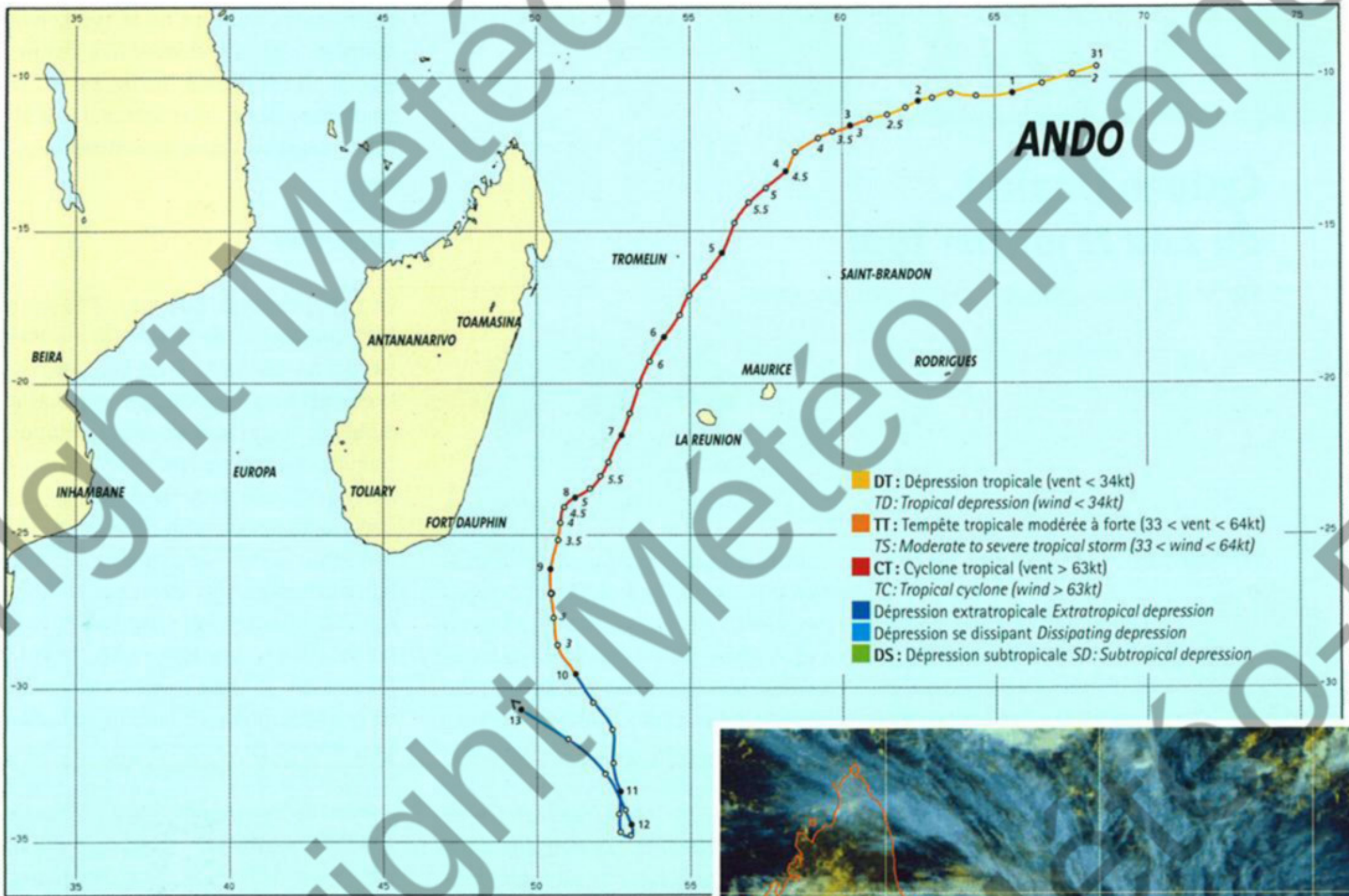
d'être aspiré à l'avant d'un talweg polaire. Bloqué par l'arrivée de la cellule anticyclonique postérieure, le minimum dépressionnaire résiduel sera repris dans le flux d'alizé de sud-est et rebrousse-ra chemin en direction du nord-ouest, pour finalement achever de se combler, loin au sud de MADAGASCAR, le 13 janvier.

Premier système baptisé de la saison (et du nouveau millénaire...), ANDO s'avèrera également le plus intense. Seul système de la saison à avoir par ailleurs eu une influence significative sur les terres habitées de la zone, il a, toutefois, épargné LA REUNION, et c'est heureux car le météore était au maximum de sa puissance au moment de son passage au plus près. Les précipitations qu'il a laissées se sont même révélées providentielles pour l'île, tant les mois qui suivront seront marqués par une sécheresse persistante et localement sévère. L'épisode cyclonique ANDO se révélera d'ailleurs insuffisant pour compenser les déficits pluviométriques de ces mois excessivement secs, puisque, malgré les lames d'eau conséquentes apportées, la pluviométrie annuelle de l'année 2001 se situera au niveau des records de sécheresse.

On notera enfin, pour l'anecdote, que c'est la première fois que le premier système dépressionnaire baptisé de la saison (en "A" donc), vient menacer LA REUNION, qui plus est au stade cyclonique. En fait, en un peu plus de 40 ans de baptêmes, un système en "A" avait déjà intéressé LA REUNION, mais de manière purement artificielle et fortuite.

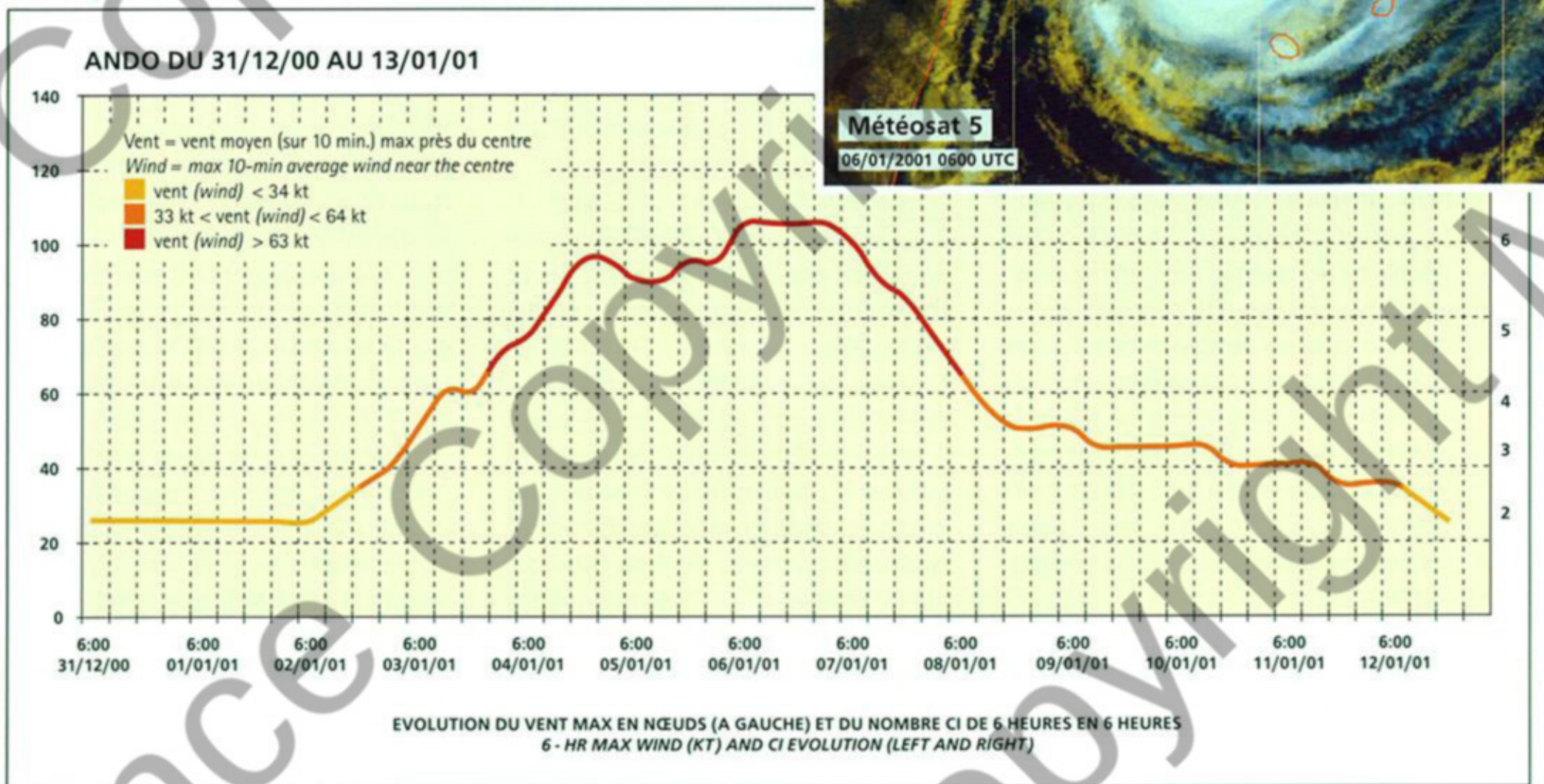
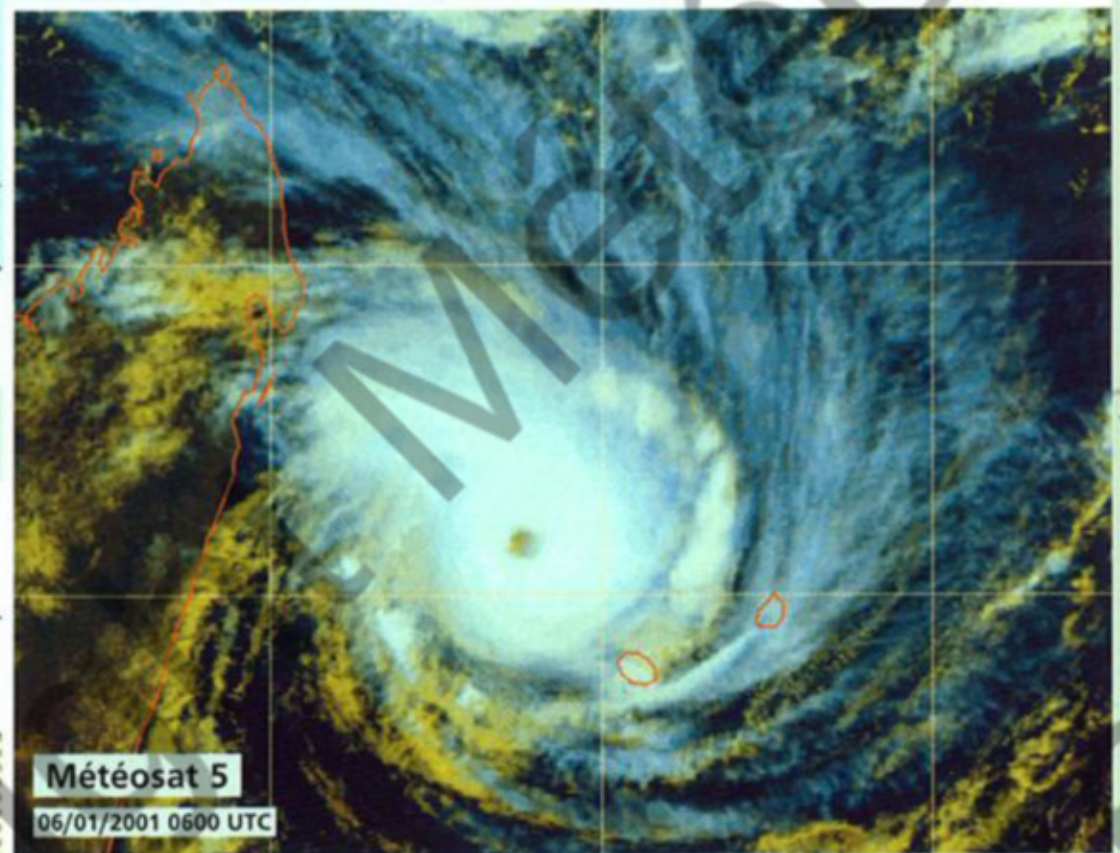
Le cyclone tropical ALIX, historiquement le premier système dépressionnaire à avoir été nommé dans le bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien, avait, en effet, affecté LA REUNION en janvier 1960, mais il s'agit là d'un simple hasard circonstanciel. Car ALIX ne constituait en fait pas le premier système dépressionnaire de la saison cyclonique 1959-1960, et n'a porté son prénom en "A" que par le fait que le système de baptême des perturbations n'est entré en vigueur qu'au mois de janvier 1960, en cours de saison.





Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

ANDO au nord-ouest de LA RÉUNION.  
ANDO to the northwest of LA REUNION.





# Bindu

## Cyclone Tropical du 2 au 22 janvier 2001

Tropical Cyclone « Bindu » (02-22 January 2001)

### FORMATION

**L**e 2 janvier, tandis que la perturbation suivie depuis déjà plusieurs jours amorce la phase d'intensification qui l'amènera à être nommée ANDO en soirée, une zone de convection persistante est repérée quelque 3 500 km plus à l'est, dans la branche de ZCIT présente du nord au nord-ouest de l'île COCOS. L'axe du talweg de mousson est intersecté opportunément la nuit suivante, au niveau du 9<sup>e</sup> parallèle sud, par un bateau faisant route dans ce secteur. Ses observations attestent qu'une circulation dépressionnaire fermée est désormais isolée au sein du talweg, avec des vents associés de 25 nœuds soufflant de part et d'autre du centre de basses pressions, que l'on peut alors estimer à 1004 hPa, et ce avec un très bon degré de confiance, compte tenu du fait que le bateau a transité à proximité immédiate. Une orbite ERS2, acquise quelques heures plus tard, décrit un champ de vents dérivés en parfaite cohérence avec les données précédentes. Cette circulation dépressionnaire encore faible, et associée à des masses nuageuses et convectives inorganisées, se décale en direction de l'ouest-sud-ouest et franchit, dans l'après-midi du 3 janvier, le 90<sup>e</sup> méridien est, pénétrant ainsi dans la zone de responsabilité du CMRS de LA REUNION. Après ce premier pic d'activité, la convection végète durant les 48h suivantes, malgré quelques bouffées temporaires. Dans la nuit du 5 au 6, un amas de convection profonde plus important et concentré se

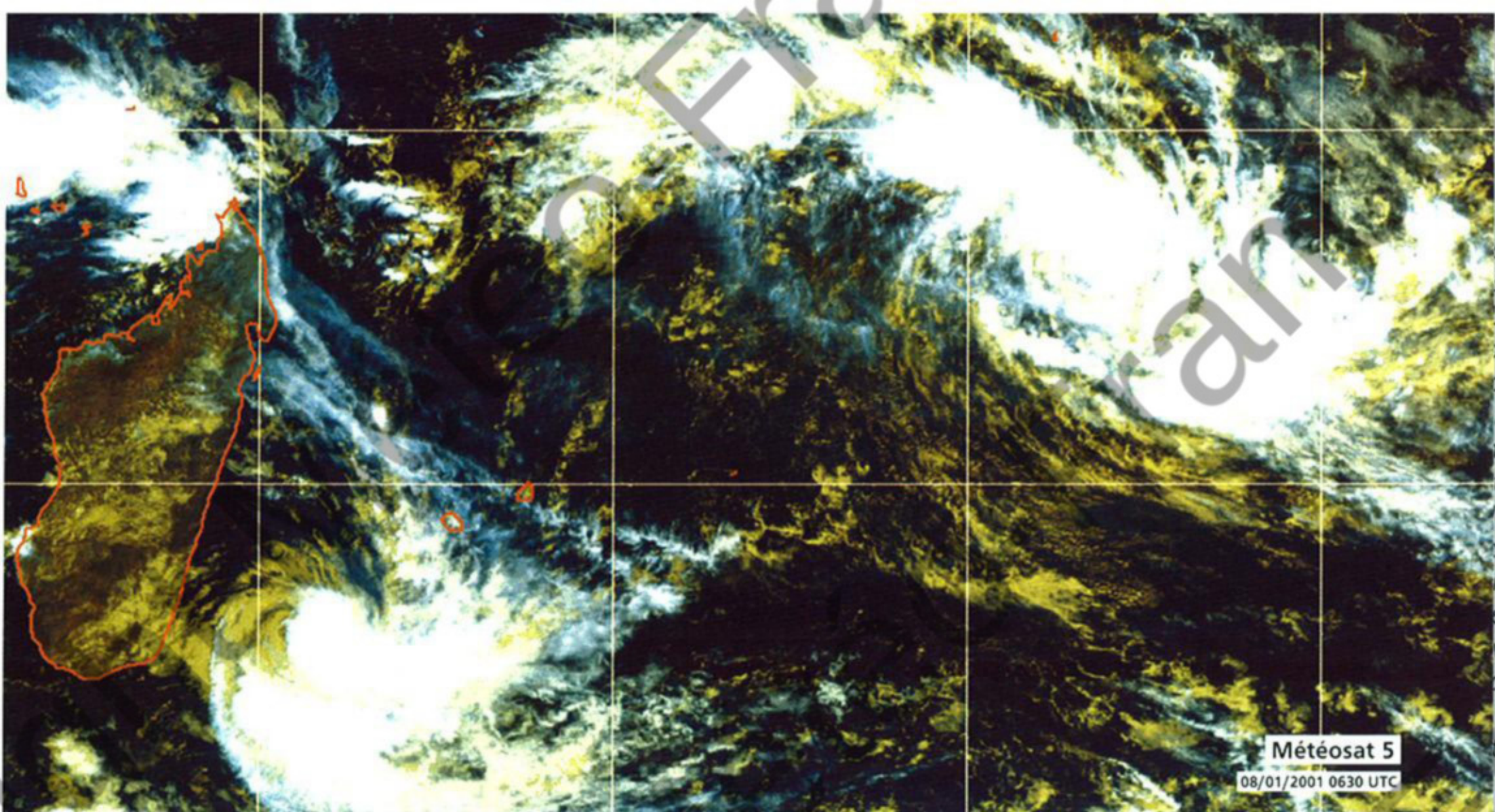
constitue à proximité du centre dépressionnaire. Une nouvelle orbite ERS2 acquise en milieu de nuit, ne détecte toutefois aucun renforcement significatif de la circulation dépressionnaire, qui apparaît très élongée. Mais si cette velléité prometteuse ne se concrétise pas, elle ne restera cependant pas sans suite, et le creusement de la perturbation, bien qu'extrêmement lent, se poursuit, amenant à classer le système au stade minimal de la dépression tropicale en début de nuit du 6 au 7. Une orbite SSMI (Special Sensor Microwave Imager) acquise peu avant, avait montré que le centre de la circulation dépressionnaire était décalé à bonne distance à l'est de la convection et que la perturbation demeurait donc sous la contrainte d'un cisaillement vertical de vent modéré d'est, conformément à sa position la situant sur la façade équatoriale de la dorsale d'altitude présente au sud. Après avoir parcouru déjà plus de 1 500 km depuis sa zone d'origine, sur une trajectoire en direction générale de l'ouest, la perturbation a accéléré en cours de journée et vient de franchir le 10<sup>e</sup> parallèle sud, mettant le cap progressivement plus en direction du sud-ouest. A la faveur de cette inflexion de la trajectoire, le cisaillement de vent diminue, la dépression se rapprochant de l'axe de la dorsale d'altitude, situé au voisinage du 15<sup>e</sup> parallèle sud. Cette atténuation du cisaillement se matérialise, sur les images micro-ondes successives, par un rapprochement progressif du centre dépressionnaire de la convection, la mise en phase intervenant en fin de journée

du 7 janvier, moment où le seuil de la tempête tropicale est considéré comme franchi. A cet instant, ANDO est sur le point de passer au plus près de LA REUNION au maximum de son intensité.

### EVOLUTION

Le baptême de BINDU par le Service Météorologique de MAURICE n'interviendra lui qu'à l'aube du 8. Entre-temps, la convection a encore gagné en ampleur durant la nuit et surtout en organisation tourbillonnaire. Une orbite ERS2 du courant de nuit, pile sur la tempête, a confirmé la présence de coup de vent près du centre sur la majeure partie de la circulation, avec les vents les plus forts situés dans le quadrant nord-est, où ils sont même estimés atteindre les 40 nœuds. Après avoir décéléré assez brutalement en première partie de nuit, la perturbation change de cap au même moment, obliquant quasiment plein sud, ce changement de trajectoire semblant répondre à la faiblesse dans le champ de pression induite par la présence au sud d'un talweg de moyenne et haute troposphère. A la faveur de ce déplacement méridien, BINDU ne tarde pas à se rapprocher du 15<sup>e</sup> parallèle sud et bénéficie de conditions de plus en plus favorables, notamment au niveau de la divergence d'altitude. L'intensification est franche en journée du 8 (1,5 point de gain en 24h sur l'échelle de Dvorak) et un point chaud se dessine au sein du CDO d'environ 250 km de diamètre l'après-midi. L'amorce d'œil gagne ensuite en définition en cours de nuit suivante et, au matin du 9 janvier, BINDU est devenu un cyclone tropical mature, présentant sur l'imagerie micro-onde un œil d'environ 25 km de diamètre, au sein d'un CDO central d'une centaine de km de diamètre seulement. BINDU est alors un système de très petite taille, sans qu'on puisse aller jusqu'à parler de système nain ("midget"), la circulation dépressionnaire, et en particulier l'extension du grand frais, ayant des diamètres nettement plus conséquents. L'intensification de BINDU est ensuite stoppée. L'œil devient moins bien défini, tant sur l'imagerie micro-onde, où le mur de l'œil apparaît érodé dans sa partie sud-est sur l'imagerie TRMM du début de nuit





**BINDU au stade de forte tempête tropicale**, présente une structure de type CDO et vient d'entamer la phase d'intensification rapide qui l'amènera au stade de cyclone tropical la nuit suivante. Pendant ce temps, ANDO est sur le point d'être déclassé en forte tempête tropicale au sud-est de MADAGASCAR et est au contraire en phase de dégénérescence par cisaillement de vent d'ouest.  
**CDO pattern for BINDU at severe tropical storm stage.** It had started to rapidly intensify and would cross the threshold of tropical cyclone stage on the following night. At the same time, ANDO was about to be downgraded to severe tropical storm stage and was on the contrary in a decaying phase through westerly shear southeast of MADAGASCAR.

du 9 au 10, que sur l'imagerie classique, où l'œil se comble peu après. L'imagerie micro-onde du début de journée du 10 confirme la dégénérescence de l'œil, qui a disparu sur l'imagerie SSMI, et donc la tendance à l'affaiblissement de la perturbation, qui est déclassée en forte tempête tropicale dans l'après-midi. Outre la présence temporaire de vents d'est-sud-est en altitude ayant affecté le système (d'où l'érosion de l'œil par ce secteur), l'explication de cet affaiblissement de BINDU tient probablement pour bonne part dans la trajectoire suivie par le phénomène. Au cours des 24h précédentes, le système a, en effet, progressé très lentement, sud à sud-est, avant de quasiment stationner sur place en journée du 10. Cette stagnation sur place, due au fait que BINDU se retrouve alors en panne de flux directeur, immobilisé en plein dans le col barométrique de moyenne troposphère situé au nord du talweg mentionné ci-avant, a probablement abouti à une surconsommation énergétique et à une baisse de plusieurs degrés de la température de surface de l'océan sous-jacent, provoquant une défaillance dans l'alimentation énergétique du météore. Abondant dans le sens de cette explication, le système repart en intensification en soirée du 10, ce renouveau coïncidant avec un redémarrage de la tempête, qui, désormais au contact avec la bordure sep-

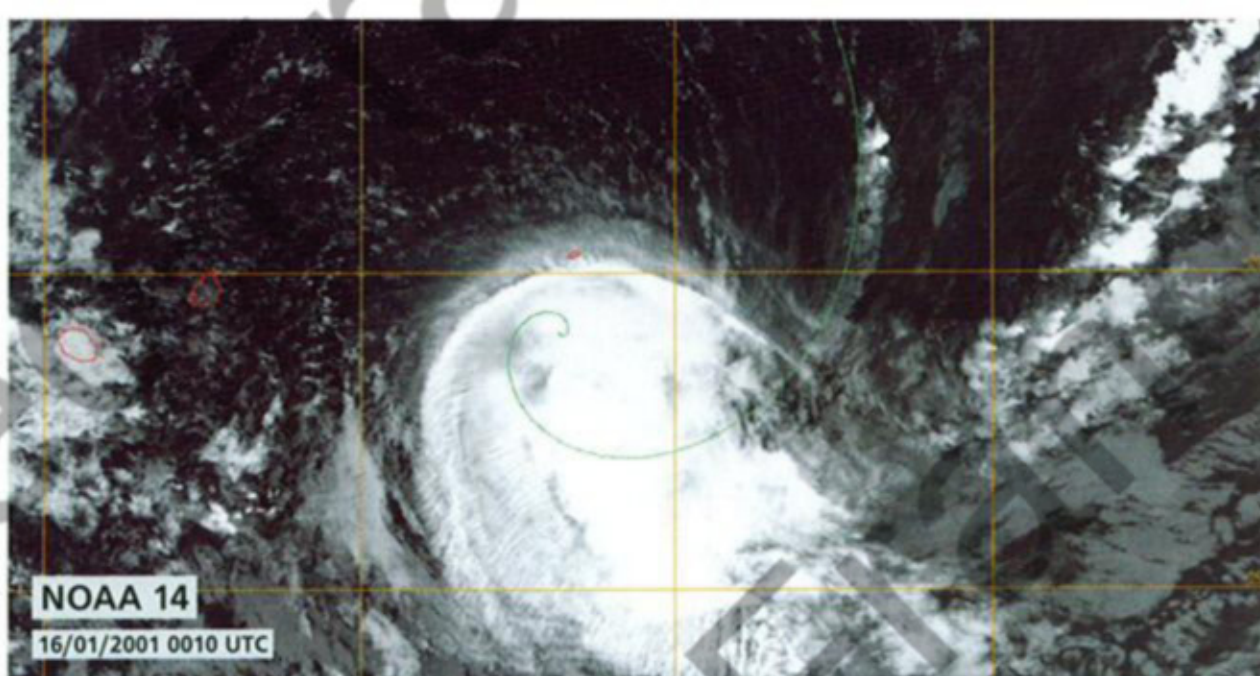
#### FORMATION

On 2nd January, while the disturbance which had been monitored for the last few days began its intensification stage, which would earn it to be named ANDO by the evening, an area of persistent convection started to be followed some 3 500 km to the east within the portion of the ITCZ located north to northwest of COCOS Island. The monsoon trough was intersected opportunely on the following night at the level of latitude 9°South by a vessel sailing through this area. The ship observations confirmed that a closed clockwise circulation was now isolated inside the trough, with related winds of 25 knots blowing on either side of the low pressure centre that could then confidently be estimated around 1004 hPa, inasmuch as the ship had been transiting right next to it. An ERS2 swath acquired a few hours later, displayed a derived wind field consistent with the previous data. This still weak clockwise circulation associated to disorganised cloud and convective masses was drifting toward the west-southwest and crossed longitude 90°East in the afternoon of 3rd January, thus entering the area of responsibility of LA REUNION'S RSMC. After this early convective maximum, the convection vegetated throughout the next 48h despite some temporary flare-ups. In the course of the night of the 5th, a more important and more concentrated cluster of deep convection developed near the low centre. However, another ERS2 swath acquired in the middle of

the night failed to detect any significant strengthening of the clockwise circulation which looked elongated. Even though this promising impulse did not materialise soon, it would not end there, and the deepening of the disturbance, though quite slow, kept on going leading to upgrade the system to the minimal stage of tropical depression in the early night of the 6th. A SSMI pass (Special Sensor Microwave Imager) acquired a little while earlier, had shown that the low-level circulation centre had shifted quite far to the east of the convection, and that the disturbance thus remained under the constraint of a moderate easterly vertical wind shear in accordance with its position equatorward of the upper ridge present in the south. After travelling over a distance of more than 1 500 km from its genesis area, on a general westerly track, the disturbance sped up during the day and crossed latitude 10°S, heading progressively more for the southwest. Benefiting from this slight change of trajectory, the wind shear abated as the depression was now moving closer to the upper ridge axis situated near latitude 15°S. On the successive microwave images, the weakening shear materialised by the low centre getting progressively closer from the convection, the coupling phase occurring in the evening of 7 January when the threshold of tropical storm stage was considered as having been crossed. At the same time, ANDO was about to pass closest to LA REUNION at peak intensity.



quadrant of the low. However, on the 17th at dawn, the depression ex-BINDU went through yet another brutal shift of track, dipping down suddenly almost due south, quite far ahead a polar trough which was approaching from the South of MADAGASCAR. Speeding up to over 30 km/h in the night of the 17th, the low now having begun extratropical transition phase, crossed latitude 30°S in the morning of the 18th. Some fairly strong winds were still present up to a great distance from the centre in the southeastern quadrant of the circulation, in the area of strong pressure gradient with the subtropical ridge. However, the residual low would not have enough time to merge with the weakening polar trough which was transiting south to 35°South. In the late afternoon of the 18th, the extratropical depression ex-BINDU was shoved back eastward at the level of longitude 60°East by the new subtropical high cell which was spreading behind the trough. The high cell subsequently slipped to the south and the low, now caught by the easterly steering current blowing on its northern side, turned back towards the west on the 20th, thus coming back to longitude 60°East where it recurved once again abruptly towards the south on the 21st. The vortex of clouds which had remained well-formed up till now, vanished on the 22nd and the associated low ended its life-cycle on the same date filling up in front of another polar trough.



NOAA 14  
16/01/2001 0010 UTC

**BINDU** peu après son passage au plus près de RODRIGUES (image en canal proche infrarouge). Le météore, désormais classé en tempête tropicale modérée, subit les effets d'un cisaillement vertical de vent de nord-ouest croissant. La structure nuageuse, avec un épanchement des nuages d'altitude caractéristique donnant au système l'allure d'une méduse, est typique de ce genre de configuration cisailée. En l'absence d'image micro-onde permettant de "voir" à travers la couverture de nuages d'altitude, l'utilisation des "anciennes" méthodes consistant à appliquer des spirales logarithmiques sur les alignements de nuages bas visibles, peuvent encore rendre service pour la localisation du centre dépressionnaire.

**BINDU** a short while after its nearest passage to the south of RODRIGUES (near infra-red channel). The meteor from then on downgraded to moderate tropical storm status was undergoing the detrimental effects of increasing northwesterly vertical wind shear. The cloud configuration, with a characteristic blow-off of upper level clouds making the system look like a jelly-fish, had a typical shear pattern signature. When micro-wave imagery enabling to investigate through the upper level cloud shield is lacking, the use of "old-fashioned" techniques like the one consisting in the superimposition of log spirals over the visible low level cloud lines or bands may still be very efficient in order to locate the low centre.

sionnaire. Celui-ci redémarre à peu près au même moment, à environ 15 km/h, en direction de l'ouest-sud-ouest, sur une trajectoire désormais gouvernée par le flux directeur des couches inférieures. Le cisaillement demeure modéré jusqu'en cours de nuit du 15 au 16, mais l'arc de cirrus qui apparaît alors, du côté "au vent" du flux d'altitude de nord-ouest, annonce l'accentuation de la contrainte cisailée. La convection résiduelle est cette fois rejetée loin au sud-est et le vortex de basses couches devient entièrement visible. Les bandes spiralées de nuages bas, encore très affirmées, témoignent de la force des vents encore présents au sein de la circulation. Mais, du fait de la vitesse de déplacement du système, qui a accéléré à une vingtaine de km/h, la structure du champ de vents est très dissymétrique. Les vents réellement forts, atteignant encore le coup de vent d'après les données ERS et QuikScat confortées par une observation de bateau, ne sont plus présents que dans le secteur sud de la circulation dépressionnaire. L'île RODRIGUES, située dans le "bon" demi-cercle, ne ressent ainsi que l'influence marginale du passage de la tempête tropicale (dont le centre passe à 115 km au sud), avec des rafales maximales de l'ordre de 80 km/h et de faibles précipitations. Poursuivant son déplacement régulier, et contournant désormais la bordure nord-ouest de la cellule anticyclonique subtropicale assez puissante qui la canalise depuis 36h, la perturbation adopte un cap progressivement plus sud-ouest, tout en continuant de s'aff-

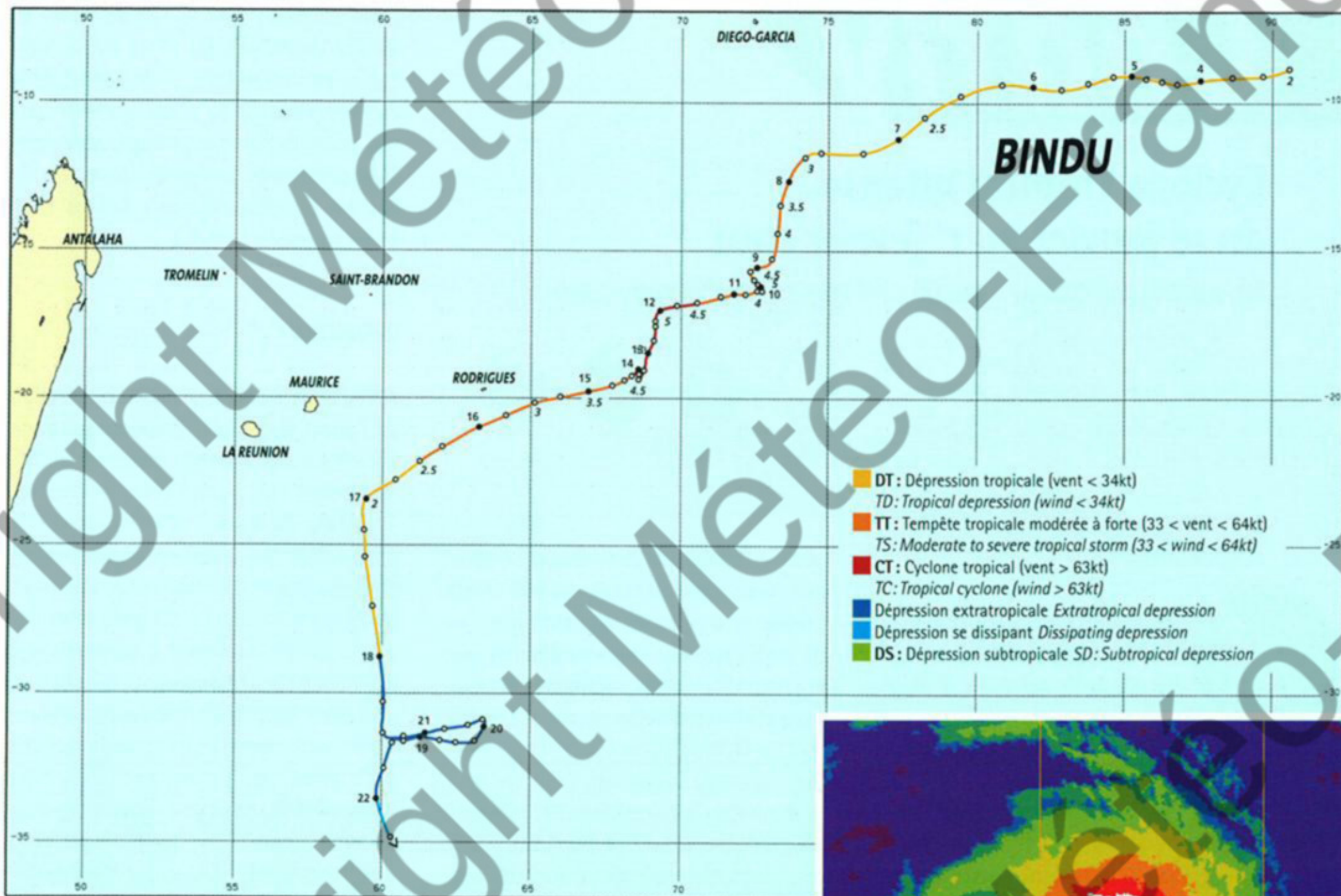
faiblir, malgré la reconstitution, dans la nuit du 16 au 17, d'un solide bloc de convection dans le quadrant sud-est du minimum. Mais à l'aube du 17, la dépression ex-BINDU va connaître un nouveau décrochage brutal de trajectoire, plongeant brusquement quasiment plein sud, assez loin à l'avant d'un talweg polaire qui se rapproche depuis le sud de MADAGASCAR. Accélérant à plus de 30 km/h dans la nuit du 17 au 18, le minimum dépressionnaire, désormais entré en phase de transition extratropicale, franchit le 30° parallèle sud en matinée du 18. Des vents assez forts sont encore présents, jusqu'à une grande distance du centre, dans le quadrant sud-est de la circulation, dans la zone de fort gradient avec la dorsale subtropicale. La dépression résiduelle n'aura cependant pas le temps d'être absorbée par le talweg polaire qui transite, atténué, au sud de 35°S. Refoulée en fin de journée du 18, au niveau du 60° méridien est, par la nouvelle cellule anticyclonique subtropicale qui gagne à l'arrière, la dépression extratropicale ex-BINDU reflue dans un premier temps vers l'est. Puis la cellule glisse au sud et le minimum, repris par le courant d'est circulant sur sa façade nord, rebrousse chemin vers l'ouest le 20, avant de retrouver le 60° méridien est et d'incurver à nouveau abruptement vers le sud à ce niveau, le 21. Le tourbillon nuageux, demeuré jusque-là bien formé, devient évanescent le 22, date à laquelle le minimum achève de se combler à l'avant d'un nouveau talweg polaire.

Météosat 5 + ERS2  
16/01/2001 0547 UTC

**BINDU** est passé quelques heures plus tôt au sud de RODRIGUES. Alors au stade de tempête tropicale modérée, le météore s'affaiblit rapidement sous l'impact d'un cisaillement de vent de nord-ouest. La convection a presque disparu et le vortex de nuages bas se dévoile à travers le fin voile de nuages élevés (cirrus en bleu). La circulation dépressionnaire, très dissymétrique, a été parfaitement appréhendée par une orbite ERS2 concomitante, avec du coup de vent encore présent dans le demi-cercle sud. Malheureusement, le diffusiomètre d'ERS2 tombera définitivement en panne quelques jours plus tard, ne permettant plus de délivrer ses précieuses informations...

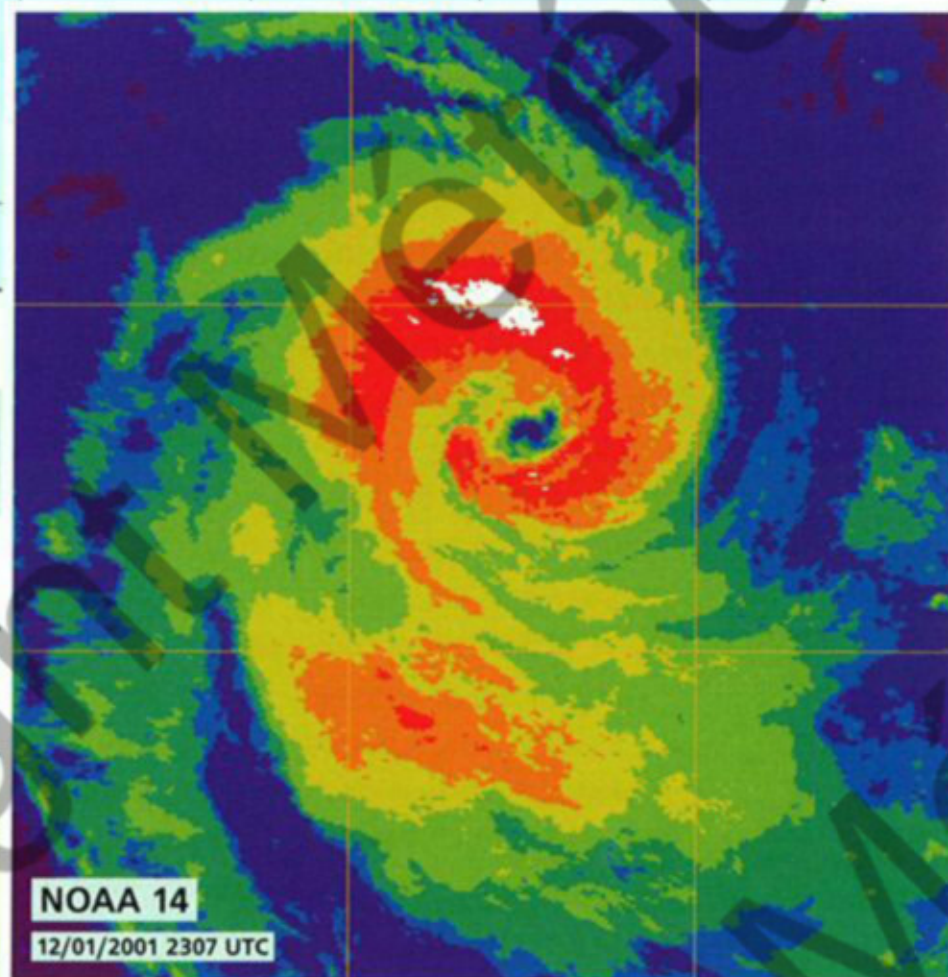
**BINDU** a few hours after its closest passage to the south of RODRIGUES Island. Still at the stage of moderate tropical storm, the meteor was weakening rapidly under the relentless blow of a northwesterly wind shear. The convection had nearly vanished while the low level vortex unveiled across the thin upper level cloud shield (cirrus in blue). The clockwise circulation was nicely captured by an ERS2 swath and exhibited a fairly asymmetrical pattern, with gale force winds only remaining within the southern semi-circle. Unfortunately, the ERS2 scatterometer would undergo a major breakdown a few days later, thus disrupting its most valuable data dissemination.



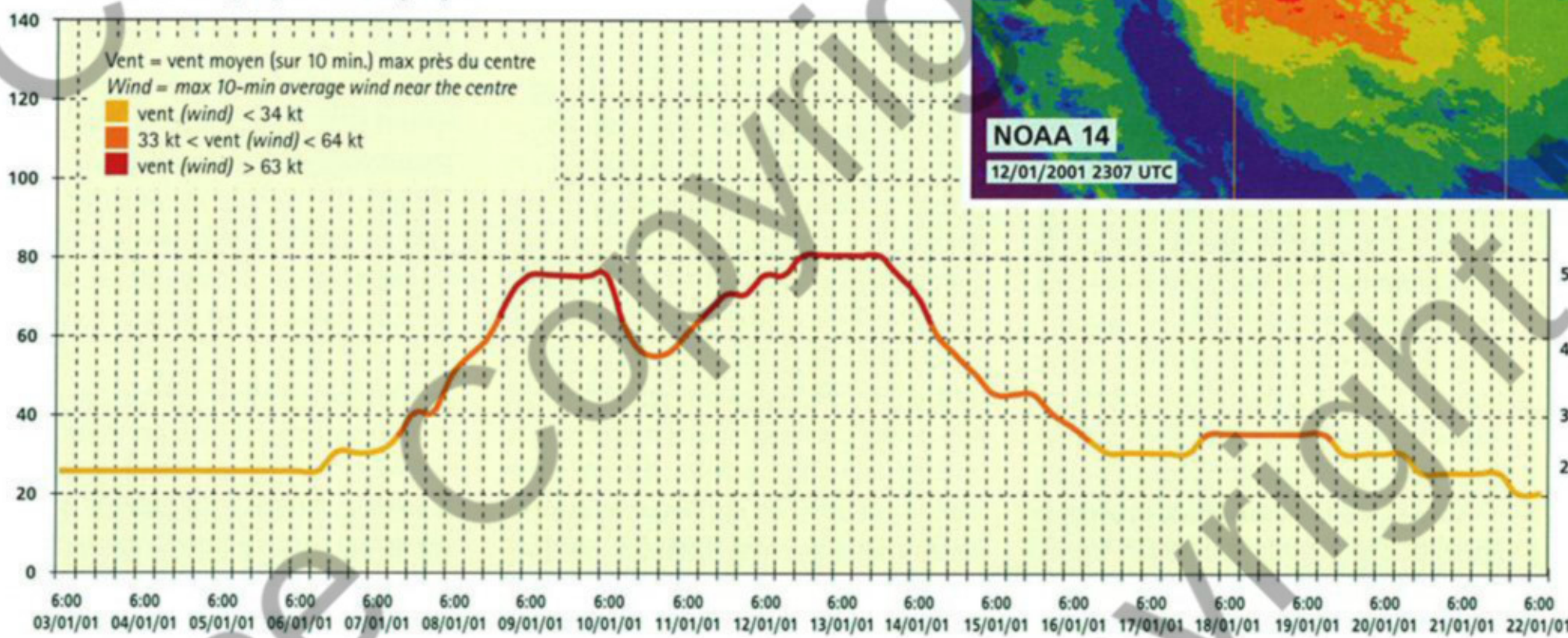


Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

Image en infrarouge renforcé du cyclone tropical BINDU au maximum de son intensité (palette de couleurs par gammes de températures utilisée pour l'analyse d'intensité).  
Enhanced infra-red image of tropical cyclone BINDU at its maximum of intensity (colour set of temperatures used for intensity analysis).



**BINDU DU 03/01/01 AU 22/01/01**



EVOLUTION DU VENT MAX EN NŒUDS (A GAUCHE) ET DU NOMBRE CI DE 6 HEURES EN 6 HEURES  
6 - HR MAX WIND (KT) AND CI EVOLUTION (LEFT AND RIGHT)



# Charly

## Cyclone Tropical Intense du 16 janvier au 1<sup>er</sup> février 2001

*Intense Tropical Cyclone « Charly » (16 January - 01 February 2001)*

### FORMATION

**A**près s'être fait attendre, le démarrage de la saison cyclonique avait été plutôt brutal, avec le développement du cyclone tropical intense ANDO, puis, enchaînant dans la foulée, la formation d'un second cyclone tropical, BINDU. Mais après ce départ en fanfare, mi-janvier, aucune pause n'est en vue. Bien au contraire, l'activité ne se dément pas et un troisième cyclone va voir le jour en moins de trois semaines, se formant, comme le précédent, sur l'Est du bassin cyclonique. En effet, tandis que BINDU, en phase d'affaiblissement rapide dans les parages de l'île RODRIGUES, subit les effets d'un cisaillement vertical de vent de nord-ouest croissant, un nouveau minimum dépressionnaire va commencer d'être suivi attentivement en limite nord-est de la zone de responsabilité du CMRS de LA REUNION, à compter du 16 janvier. Mais pour remonter aux origines de cette circulation dépressionnaire, il faut revenir plus d'une semaine en arrière, car le futur cyclone CHARLY est en fait né bien avant cette date, quasiment sur les mêmes eaux qui avaient vu la genèse de BINDU, c'est-à-dire dans le secteur nord de l'île de COCOS, ses prémices apparaissant même un peu plus au nord-est, puisque, dès le 8 janvier, les données diffusiométriques QuikScat décelaient la présence d'une petite circulation fermée au sein du talweg proche-équatorial, à quelque 600 km au sud-ouest de l'île indonésienne de SUMATRA.

Aucun développement significatif n'interviendra cependant durant la semaine

suivante, tandis que le minimum se déplacera en direction générale du sud-ouest. Il demeure à un stade végétatif jusqu'au 16, date à laquelle une nouvelle poussée de convection, cette fois moins inorganisée et plus prometteuse que les précédentes, se développe dans les secteurs ouest à sud du minimum. Ce même jour, ce minimum dépressionnaire, estimé à 1002 hPa, a franchi le méridien 90°E, pénétrant officiellement dans le Sud-Ouest de l'océan Indien.

Les données diffusiométriques (orbites ERS et QuikScat) s'accordent pour afficher des champs de vents dérivés présentant une circulation assez large et élongée, avec des vents de l'ordre de 10 à 15 nœuds près du centre, atteignant tout au plus 25 nœuds assez loin du centre au sein des flux convergents de mousson et d'alizé.

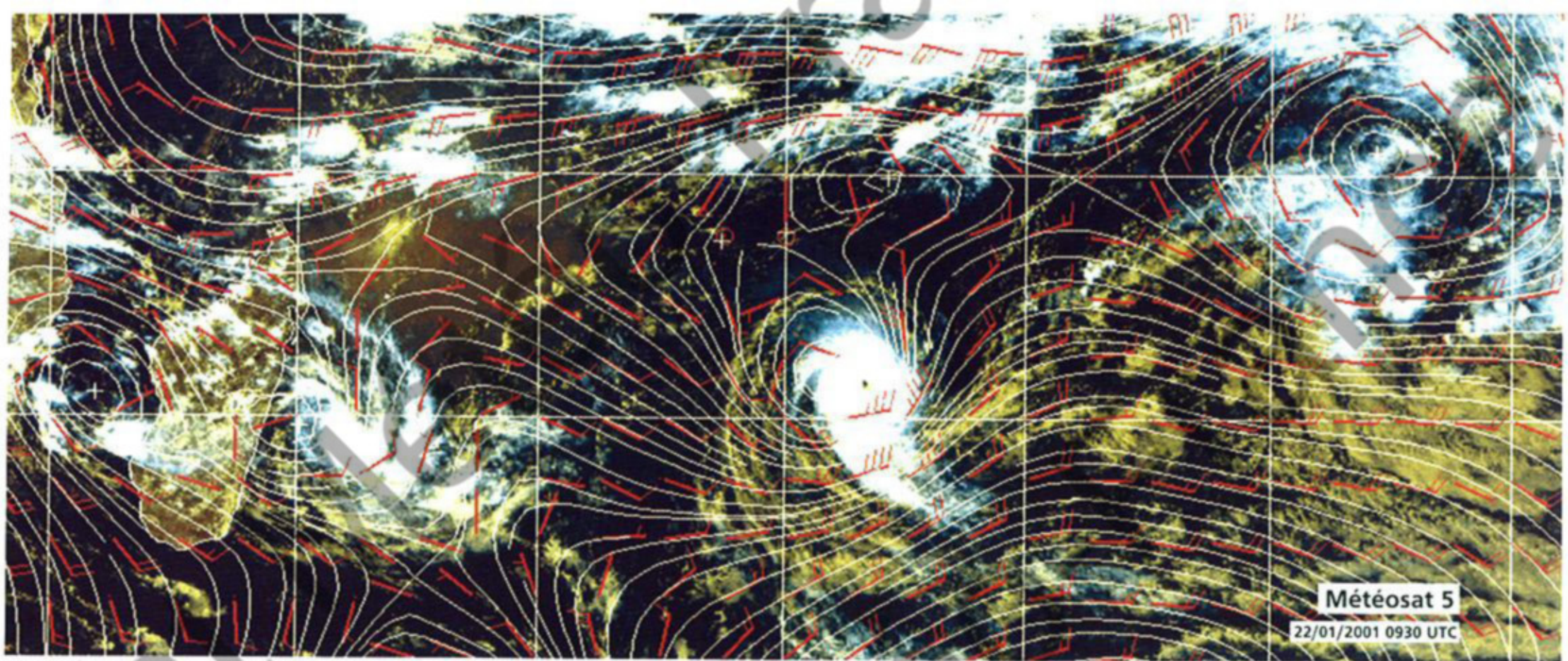
La convection associée demeure assez fluctuante, avec un cycle diurne logiquement assez prononcé à ce stade encore faible. La contrainte cisailée d'est encore présente le 16, faiblit le 17, tandis que la convection peut mieux s'organiser autour d'un petit CDO irrégulier (Central Dense Overcast), qui évolue désormais plus proche de l'axe de la dorsale d'altitude. Au vu de l'épanchement des cirrus, la divergence d'altitude apparaît également plus favorable, de sorte que le potentiel de cyclogénèse devient désormais important. Classé en perturbation tropicale depuis le début de nuit du 17 au 18, le minimum dépressionnaire ne se creuse cependant que très lentement, et il faut attendre encore plus de 24h avant de voir le système prendre

enfin son essor, dans la nuit du 18 au 19 janvier. En journée du 19, la convection gagne en importance et devient également plus intense au niveau du CDO central, dont les sommets nuageux deviennent plus froids. La dépression tropicale devient tempête tropicale l'après-midi et est nommée CHARLY.

### EVOLUTION

Après s'être décalée la veille en direction de l'ouest-sud-ouest, la perturbation a adopté un déplacement méridien, quasiment plein sud, durant cette journée du 19, avant d'entamer une trajectoire en direction du sud-ouest en fin de journée, à vitesse progressivement plus soutenue, devenant supérieure à 15 km/h le lendemain. CHARLY accélère ensuite encore légèrement (à un peu plus de 20 km/h de vitesse moyenne), tout en redressant ouest-sud-ouest, le long de la dorsale subtropicale, qui tend à se reconsolider à l'avant de la tempête, à mesure du complètement progressif de la dépression résiduelle de l'ex-BINDU au sud des Mascareignes. CHARLY évolue durant toute cette période en phase avec l'axe de la dorsale d'altitude, en marge occidentale de celle-ci, dans un environnement où le cisaillement vertical de vent demeure faible. Le flux sortant d'altitude est favorisé du côté polaire par la présence, au sud-ouest de la tempête, d'un courant jet de nord-ouest circulant à l'avant d'un talweg d'altitude atténué. Mettant à profit ces conditions de développement favorables, la perturbation s'intensifie à un rythme proche du taux de développement climatologique (soit un point par jour sur l'échelle de Dvorak), temporairement un peu plus rapide dans la nuit du 19 au 20. Un œil en bande déchiqueté se constitue ainsi au matin du 20 janvier. Il demeure assez mal défini sur l'imagerie satellitaire classique jusqu'au lendemain, l'intensité du système se stabilisant au stade supérieur de la forte tempête tropicale durant cet intervalle. Le système nuageux est de petite taille (moins de 250 km de diamètre pour la partie centrale, à laquelle est rattachée une bande externe s'enroulant depuis les secteurs sud à ouest) et la convection à la fois peu profonde et représentée en quantité limitée.





L'image large du bassin, sur laquelle a été superposée la circulation de vent en basses couches analysée par un modèle numérique (ici champ de vent et flux à 850 hPa du modèle anglais du UKMO), montre l'enchaînement de circulations dépressionnaires présentes au sein des basses pressions associées à l'équateur météorologique. Quasiment tous les stades de développement possibles sont représentés, de la circulation cyclonique mature de CHARLY aux circulations les plus embryonnaires, telles que celles esquissées sur l'Est du bassin ou le canal de MOZAMBIQUE, en passant par la perturbation tropicale n°6.

*On this large image displaying the low-level circulation superimposed to the cloud activity over the whole basin (here the 850 hPa windfield and streamline analysis of the British model of the UKMO), the chain of multiple clockwise circulations existing along the ITCZ low pressure area is shown. Almost all the possible development stages are represented, from the mature cyclone CHARLY to the weakest ones, like the embryonic circulations drawn in the eastern part of the basin or in the MOZAMBIQUE Channel, via the tropical disturbance n°6.*

Mais après cette pause relative d'une demi-journée, l'intensification reprend vigoureusement à compter de l'après-midi du 21, et en l'espace de 24h c'est un gain de 1,5 point sur l'échelle de Dvorak qui va être mis au crédit de la perturbation. Franchissant le seuil de cyclone tropical après la mi-journée du 21, CHARLY devient cyclone tropical intense le lendemain en milieu de journée, puis atteint dans la foulée son maximum d'intensité en fin d'après-midi du 22 janvier, après un creusement estimé à 35 hPa au cours des 24h précédentes. L'œil déchiqueté visible la veille, a entre-temps gagné en définition, tandis que la convection alentour se densifiait et devenait plus intense. Sur l'imagerie micro-onde, l'œil en bande assez large (120 à 150 km de diamètre) s'est entièrement refermé, puis l'œil ainsi constitué s'est contracté, pour présenter à l'arrivée un diamètre moyen légèrement inférieur à 60 km. Autour de cet œil, les vents sont estimés culminer à 185 km/h (100 nœuds) en vents moyens sur 10 mn, pour des rafales maximales de l'ordre de 260 km/h.

Au moment de ce pic d'intensité, CHARLY évolue en bout de dorsale d'altitude, à l'avant d'un talweg polaire, plus profond que précédemment, qui vient doper le flux sortant d'altitude via son quadrant sud-ouest. Mais cette situation divergente d'altitude optimale ne sera qu'éphémère. Le météore, qui depuis le matin se déplace plus en direction du sud-ouest (la cellule anticyclonique de basse et moyenne troposphère étant désormais positionnée dans le sud-est

#### FORMATION

*After having been delayed, the cyclone season had started rather abruptly and vigorously with the development of intense tropical cyclone ANDO, and immediately after that, with the formation of another tropical cyclone, BINDU. But after this tumultuous start, in mid January there was no lull in prospect. Quite the opposite! The activity did not ease and a third cyclone sprang up in less than three weeks, its genesis taking place, like the previous one, in the East of the cyclone basin. Indeed, while BINDU was rapidly weakening in the vicinity of RODRIGUES Island, and was subdued to the detrimental effects of an increasing northwesterly vertical wind shear, another low centre was closely monitored from 16 January on the northeastern boundary of the area of responsibility of LA REUNION'S RSMC. However, to find the origin of this clockwise circulation, one needs to go back one week before that, since to-be Cyclone CHARLY appeared well before that date, practically on the same waters where BINDU had formed, that is in the northern sector of COCOS Island, its early point of origin being traced back slightly northeastward thanks to the QuikScat's scatterometer data which had revealed the presence from 8 January of a small closed circulation within the near equatorial trough some 600 km southwest to the Indonesian island of SUMATRA.*

*Yet, there was no significant development during the following week, while the low drifted towards the southwest. It remained in a vegetative state until the 16th, when a new convection blow up -better organised and more promising than the preceding ones- developed*

*in the western and southern sectors of the low centre. On the same day, this 1002 hPa low crossed longitude 90°E and officially entered the SouthWest Indian Ocean.*

*Scatterometer data (ERS and QuikScat swaths) displayed derived wind fields with a similar rather broad and elongated circulation and winds of 10 to 15 knots near the centre, reaching a maximum of 25 knots quite far from the centre within the converging monsoon and trade wind flows.*

*The related convection remained quite fluctuating undergoing an expected fairly marked diurnal cycle at that initial stage. The easterly shear hindrance still present on the 16th abated on the 17th, while the convection managed to get organised around an irregular CDO (Central Dense Overcast) which from then on evolved closer to the upper ridge axis. Considering the cirrus blow-off, the upper divergence looked moreover improved so that the cyclogenesis potential was now considered good.*

*Although classified as a tropical disturbance since the early night of the 17th, the low deepened very slowly and one had to wait for another 24h before the system really took off in the night of 18 January. During the day of the 19th, the convection gained in areal extent and also in deepness within the central CDO whose cloud tops became colder. In the afternoon, the tropical depression intensified into a tropical storm and was named CHARLY.*

#### EVOLUTION

*After shifting towards the west-southwest on the previous day, the disturbance took on a meridian-like trajectory, almost due south,*



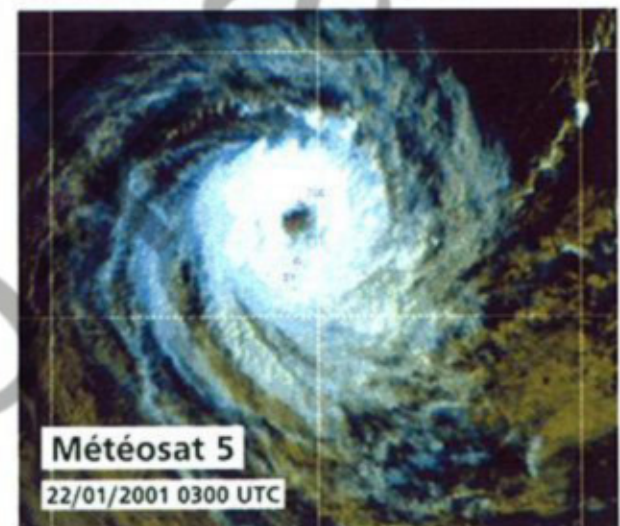
during the day of the 19th, before it started to head southwestward in the late afternoon, at a gradually faster pace getting above 15 km/h on the next day. Then CHARLY accelerated a little more (average speed slightly over 20 km/h), while heading set up west-southwestward, along the subtropical ridge which was consolidating ahead the path of the storm, as the residual depression of ex-BINDU was progressively filling up in the south of the MASCARENES.

During this whole period, CHARLY remained beneath the western periphery of the upper ridge axis, embedded in an environment of weak vertical windshear. The upper outflow was favoured poleward thanks to the presence southwest of the storm of a northwesterly jet stream moving ahead of a weak upper trough. Taking advantage of these favourable conditions, the disturbance intensified at a pace close to the climatological development rate (i.e. 1 point per day on the Dvorak scale), and temporarily a little quicker during the night of 19 January. And so, a ragged banding eye formed in the morning of 20 January. It remained rather poorly defined on the classical satellite imagery until the following day, whilst in the interval the system's intensity had stabilised at the upper level of severe tropical storm stage. The cloud system was small-sized (less than 250 km in diameter for its central part to which an outer band was connected wrapping in from the south-to-west sectors) and the convection both rather shallow and relatively scantily represented.

But after this half-day break, the intensification resumed vigorously from the afternoon of the 21st, and within a 24h spell intensity bumped an extra 1.5 point on the Dvorak scale. Crossing the threshold of tropical cyclone in the early afternoon of the 21st, CHARLY became an intense tropical cyclone in the middle of the following day and soon after, reached its intensity peak in the late afternoon of 22 January, a 35 hPa central pressure fall being assessed during the previous 24h. The ragged eye visible on the previous day, had become better defined in the meantime, while surrounding convection had become denser and more intense. On the microwave imagery, the rather large banding eye (120 km to 150 km diameter) had completely closed up. The eye thereby built subsequently shrank to end up with an average diameter of a little less than 60 km. Around this eye, maximum winds were estimated to 185 km/h (100 knots) on 10-min average with maximum gusts of about 260

km/h. At the time of this peak of intensity, CHARLY was evolving on the boundary of the upper ridge ahead of a polar trough which was now dipping deeper into the low latitudes and thus boosted the upper outflow in the southwestern quadrant of the cyclone. But this optimal upper divergence situation would not last long. The meteor which since morning had been moving more southwestward (the anticyclone cell of low and mid troposphere being from now on located southeast of the system), was approaching latitude 20°S and soon toppled over poleward of the upper ridge; it would hence be facing now an increasing vertical windshear northerly to northwesterly oriented. Though initially moderate (around 20 knots according to the CIMSS data of the University of Madison), it was strong enough to immediately affect the system that started to show weakening signs from the night of 22 January. This initial still flimsy de-structuring - the eye remaining still visible on that night - worsened drastically in the early morning of the 23rd. The eye then promptly disappeared on the visible imagery, while microwave imagery depicted eyewall erosion from its northern side. As at the same time some dry air was injected into the system via the southwestern part of the clockwise circulation and as the phenomenon was moreover arriving over cooler waters (25°C to 26°C sea surface temperature south of 20°S), all these adverse factors contributed to CHARLY's rapid weakening which lost its status of tropical cyclone in the middle of the night of the 23rd, i.e. only about 30h after reaching its peak intensity. Simultaneously, its track bent back more west-southwestward. With the withdrawal of the aforementioned trough, the weakness in the pressure field that previously attracted the meteor towards the southwest had no more influence, being replaced by a new subtropical high spreading south of the system. It was in the typical cloud configuration of a moderately sheared system that CHARLY passed south of RODRIGUES Island in the morning of 24 January, less than 8 days after BINDU, but this time with practically no influence given its greater remoteness (CHARLY's centre at more than 320 km offshore at its nearest point of passage).

A few hours later, CHARLY was downgraded to moderate tropical storm. The low-level centre was now fully exposed outside the residual convection which was shoved quite far away into the southeastern quadrant on the following night. The residual vortex of low clouds, now totally visible and still well formed at dawn on



Sur ces deux images, acquises alors que le cyclone tropical CHARLY était encore en phase d'intensification (pression centrale estimée à environ 955 hPa), ont été superposées, outre des mesures de températures de la mer par satellite, des données issues de bouées dérivantes. Un important programme international de bouées dérivantes (PIBOI) a été initié il y a quelques années dans l'océan Indien, dans le but de combler le manque de données observées dans ce vaste désert d'observations météorologiques. Météo-France y participe activement, pour les largages (effectués avant la saison cyclonique) et l'implémentation de capteurs de pression. Dans le cas de CHARLY, une de ces bouées s'est retrouvée dans les secteurs ouest, puis, 4h plus tard, nord, du mur de l'œil. Mais, à quelques km près, les deux observations affichent une différence de pression de près de 20 hPa, car cette zone du cyclone est le siège de gradients de pression impressionnants (pouvant excéder 1 hPa/km pour les cyclones matures). On these two satellite pictures, acquired while Tropical Cyclone CHARLY was still intensifying (central pressure estimated at about 955 hPa), were superimposed both satellite based sea surface temperature measures and drifting buoy data. An important international buoy program for the Indian Ocean (IBPIO) was initiated a few years ago aiming to enhance the availability of data within this huge meteorological data void territory. Meteo-France is actively participating to this program for deployment (before the cyclone season) and equipment of the drifters with barometers. In the case of CHARLY, one of these drifters experienced the western and then -4h later- the northern part of the eyewall. For just a few km slight difference of situation, a pressure drop of almost 20 hPa was recorded between the two observations, as a consequence of the impressive pressure gradient existing within this eyewall area of the cyclone (for mature cyclones pressure gradient may easily exceed 1 hPa/km).

du système), se rapproche en effet du 20° parallèle sud et bascule du côté polaire de la dorsale d'altitude, se retrouvant dès lors confronté à un accroissement du cisaillement vertical de vent, orienté nord à nord-ouest. Bien qu'initialement modéré (environ 20 nœuds, d'après les données du CIMSS de l'université de Madison), il est suffisant pour affecter d'emblée le système, qui commence à montrer des signes d'affaiblissement dès la nuit du 22 au 23 janvier. Cette amorce de déstructuration encore ténue, l'œil demeurant visible cette nuit-là, s'accélère brutalement en début de journée du 23.



L'œil disparaît rapidement sur l'imagerie visible, s'érodant par le nord sur l'imagerie micro-onde.

Comme dans le même temps, de l'air sec est injecté dans le système via le sud-ouest de sa circulation dépressionnaire et que le phénomène arrive, qui plus est, sur des eaux plus froides (de l'ordre de 25 à 26°C en surface au sud de 20°Sud) tous ces éléments défavorables se conjuguent pour provoquer un affaiblissement dès lors rapide de CHARLY, qui perd son statut de cyclone tropical dès le milieu de nuit du 23 au 24, soit une trentaine d'heures seulement après avoir atteint son maximum d'intensité. Simultanément, la trajectoire s'infléchit de nouveau plus ouest-sud-ouest. Le talweg polaire désormais passé, la faiblesse dans le champ de pression jusque-là responsable de l'attraction du météore plus en direction du sud-ouest a cessé de l'influencer, tandis qu'une nouvelle cellule anticyclonique subtropicale gagne au sud.

C'est avec une configuration caractéristique de système modérément cisailé, que CHARLY passe au sud de l'île RODRIGUES en matinée du 24 janvier, moins de huit jours après BINDU, mais cette fois quasiment sans influence sur la possession mauricienne, compte tenu de la distance de passage nettement supérieure (centre à plus de 320 km au plus près). Quelques heures plus tard, CHARLY est déclassé en tempête tropicale modérée. Le centre dépressionnaire est désormais exposé hors de la convection résiduelle, qui se voit rejetée assez loin dans le quadrant sud-est la nuit suivante. Le tourbillon résiduel de basses couches, dorénavant entièrement visible et encore bien affirmé à l'aube du 25, perd rapidement en vortacité, malgré une reprise temporaire de la convection à proximité sud-est du centre en journée. Déclassé en simple dépression tropicale dans l'après-midi de ce 25 janvier, les vents forts étant cantonnés dans le demi-cercle sud de la circulation dépressionnaire, CHARLY vient de ralentir brutalement, au niveau du 25° parallèle sud, la vitesse de déplacement chutant sous les 10 km/h, alors qu'elle excédait encore les 25 km/h la nuit précédente. Avec la présence d'un champ barométrique devenant assez mou au sud, le flux directeur de basses couches qui dirige désor-

mais le déplacement du vortex cisailé, devient faible et incertain. La trajectoire de ce qu'il reste de la perturbation ex-CHARLY devient erratique, le minimum dépressionnaire se retrouvant englué dans ce marais barométrique. Du 26 au 29, il se meut à vitesse réduite (5 à 10 km/h) dans les parages du méridien 55°E, connaissant plusieurs changements de cap et points de rebroussement. Une cellule anticyclonique s'est reconstituée loin au sud à compter du 27 (centre au sud de 40°Sud) et fait obstacle à toute descente vers le sud, piégeant durablement l'ex-CHARLY à quelques centaines de km au sud des MASCAREIGNES. Durant tout ce laps de temps, le vortex se maintient remarquablement bien, avec une pression centrale quasiment inchangée. Du grand frais perdure localement dans le secteur sud, dans la zone de gradient maximal avec les hautes pressions subtropicales. Un axe de convergence nuageux relié au système se prolonge, de manière morcelée, jusqu'aux îles sœurs de MAURICE et de LA REUNION, y amenant quelques précipitations significatives.

La situation se débloque le 29 janvier. Après avoir atteint le point le plus occidental de sa trajectoire, le petit minimum effectue une boucle et redémarre en direction du sud-est. Il tend à se combler quelque peu dans le même temps. Reprenant assez brutalement de la vitesse, il accélère jusqu'à plus de 35 km/h dans l'après-midi du 30, plongeant alors à grande vitesse en direction du sud-sud-est, à l'avant d'un front froid. Freinant vigoureusement à l'arrivée de la cellule anticyclonique postérieure à ce talweg polaire, il a cependant le temps de fusionner avec le système frontal le 31 janvier, au niveau du 35° parallèle sud, se transformant en ondulation de ce front froid, avant de poursuivre ensuite son éloignement vers les moyennes latitudes.

Se développant dans le sillage de BINDU, CHARLY aura connu une existence relativement similaire : genèse sur l'extrême Est du bassin cyclonique, trajectoire presque parallèle, plus régulière toutefois que celle de son prédécesseur, le faisant également passer au sud de RODRIGUES en phase d'affaiblissement, puis évolution temporaire au sud des MASCAREIGNES, avant évacuation vers le domai-

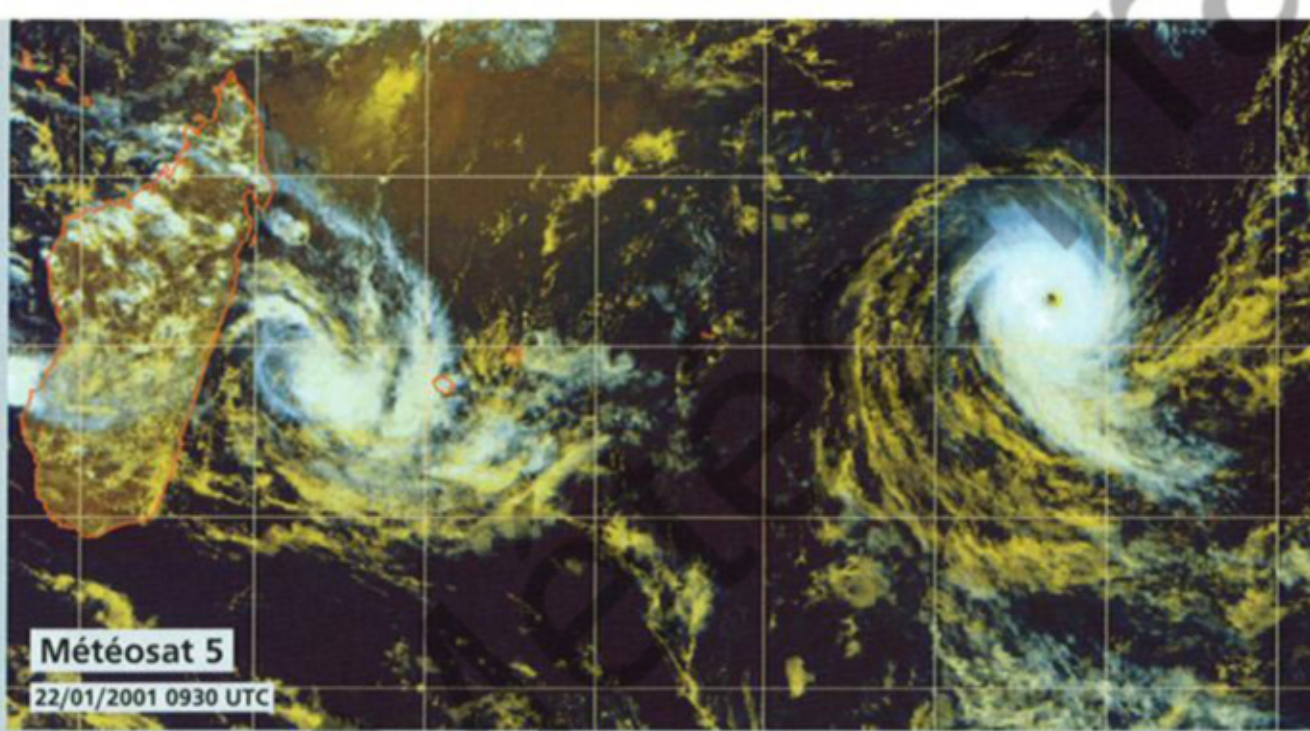
the 25th rapidly lost vorticity despite a short-lived burst of convection during the day near the centre in its southeastern sector.

Downgraded to mere tropical depression in the afternoon of the 25th with strong winds confined to the southern semi-circle of the clockwise circulation, CHARLY had just slowed down all of a sudden at the level of latitude 25°S (its speed of movement dropped to under 10 km/h while it had exceeded 25 km/h on the previous night). With a barometric field becoming fairly slack in the south, the low-level current which was now steering the sheared vortex became weak and unsettled. The track of ex-CHARLY's remnants became erratic as the low pressure centre was caught in the middle of this flat barometric field. From the 26th to the 29th, it moved at reduced speed (5 to 10 km/h) near longitude 55°E and went through several course changes and turning rounds. From the 27th onwards an anticyclonic cell had rebuilt far south (centre south of 40°S) and prevented any southerly course, thus trapping ex-CHARLY a few hundred km to the south of the MASCARENES. During that whole lapse of time, the vortex persisted remarkably well formed with practically unchanged central pressure. Near gale force winds perdured locally in the southern sector, in the area of maximum pressure gradient with the subtropical high. A broken cloud band associated to a convergence axis linked to the system extended to MAURITIUS and LA REUNION sister islands where it brought significant rainfall. The situation unfolded on 29 January. After reaching the westernmost point of its track, the weak low made a loop and headed off again towards the southeast filling up somewhat at the same time.

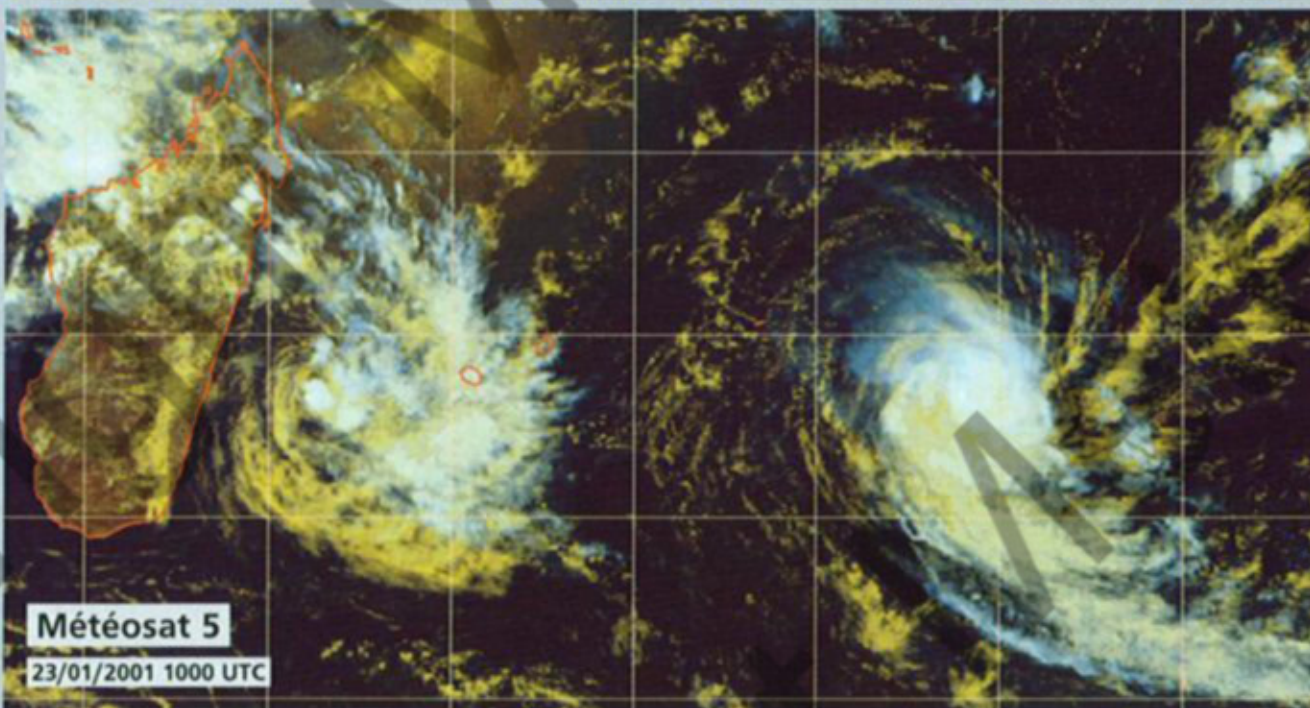
It suddenly picked up some speed (which exceeded 35 km/h by the afternoon of the 30th), racing down towards the south-southeast ahead of a cold front. Then it braked vigorously upon the arrival of the anticyclonic cell coming behind the polar trough but had enough time to merge with the frontal system on 31st January, at the level of latitude 35°S, and as a wave of this cold front moved off towards the mid-latitudes.

Developed in BINDU's wake, CHARLY went through a similar life-cycle : after a genesis on the far eastern portion of the cyclone basin it travelled on a nearly parallel track to its predecessor's, though being straighter and more regular. Analogously, it passed south of RODRIGUES in a weakening trend and then meandered south of the MASCARENES before leaving the tropics and becoming extratropical. After going through a more laborious genesis than BINDU's, it nonetheless reached a higher





Météosat 5  
22/01/2001 0930 UTC



Météosat 5  
23/01/2001 1000 UTC

En haut : le cyclone tropical intense CHARLY à son apogée sur le Centre du bassin tropical de l'océan Indien Sud. 2 300 km plus à l'ouest, la perturbation tropicale n°6 est encore en cours de développement entre MADAGASCAR et LA REUNION. En bas : 24h plus tard, CHARLY est en phase de dégénérescence rapide, sous l'impact d'un cisaillement vertical de vent croissant au sud du 20° parallèle sud. Quasiment à la même latitude, la dépression tropicale n°6 est également en voie d'affaiblissement, subissant les effets d'un cisaillement vertical de vent auquel elle ne peut de même résister. Le centre du vortex cisaillé apparaît clairement en bordure d'un foyer de convection qui vient de se former à proximité sud. S'étendant loin à l'est, les masses nuageuses associées à ce système dépressionnaire influencent encore LA REUNION, après y avoir provoqué des précipitations localement fortes la nuit précédente.

Above: Intense tropical CHARLY when about to reach peak intensity in the middle of the South Indian Ocean cyclone basin. 2300 km westward, tropical disturbance n°6 was still developing between MADAGASCAR and LA REUNION.

Below: 24h later CHARLY was on a rapid degenerating trend, undergoing increasing vertical windshear south of latitude 20°South. Roughly at the same latitude, tropical depression n°6 was also about to weaken while unable to resist its own sheared environment. Within the sheared vortex the low level circulation center is clearly visible on the northern edge of the recently born convection. Extending far to the east the cloud masses associated to this depression were still influencing LA REUNION after subjecting it to heavy rain on the previous night.

intensity and became the second and last intense tropical cyclone of the 2000-2001 cyclone season, ranking just behind ANDO in terms of maximum of intensity.

Worth of note is that from 21st to 24th January, which was the period corresponding to CHARLY's mature phase of tropical cyclone, another depression was monitored at the same time. It was Disturbance No.6 which during the same period was followed between the east coast of MADAGASCAR and the western sector of LA REUNION. This short-lived system of weak intensity was not retained in the final cyclone season record.

It formed from an area of convection that started developing on 19 January within an environment of strong upper divergence. It was only 48h later, on 21st January, that a weak low centre became discernible not far away from the eastern Malagasy coast, off Mananjary. While the disturbance first drifted towards the east, on the following day it intensified to the

minimum stage of tropical depression which remained its peak for about 24h before it started to weaken under the influence of a west-southwesterly vertical windshear (very moderate though – under 20 knots apparently). At the same time, the low centre turned back to the west, and started to fill before reaching the Malagasy coast which it crossed south of Mananjary on the 24th before dissipating overland.

During the night of 22 January, when the depression centre reached the easternmost point of its track, less than 330 km off the west coast of LA REUNION, the island was temporarily concerned by a cloud band linked to the system (whose associated cloud mass was mostly concentrated in the eastern sector of the low), which brought heavy rain (about 100 mm in the North and East, with a 50 mm peak recorded within 90 min at Cap Bernard outside the western part of the capital city of Saint-Denis).

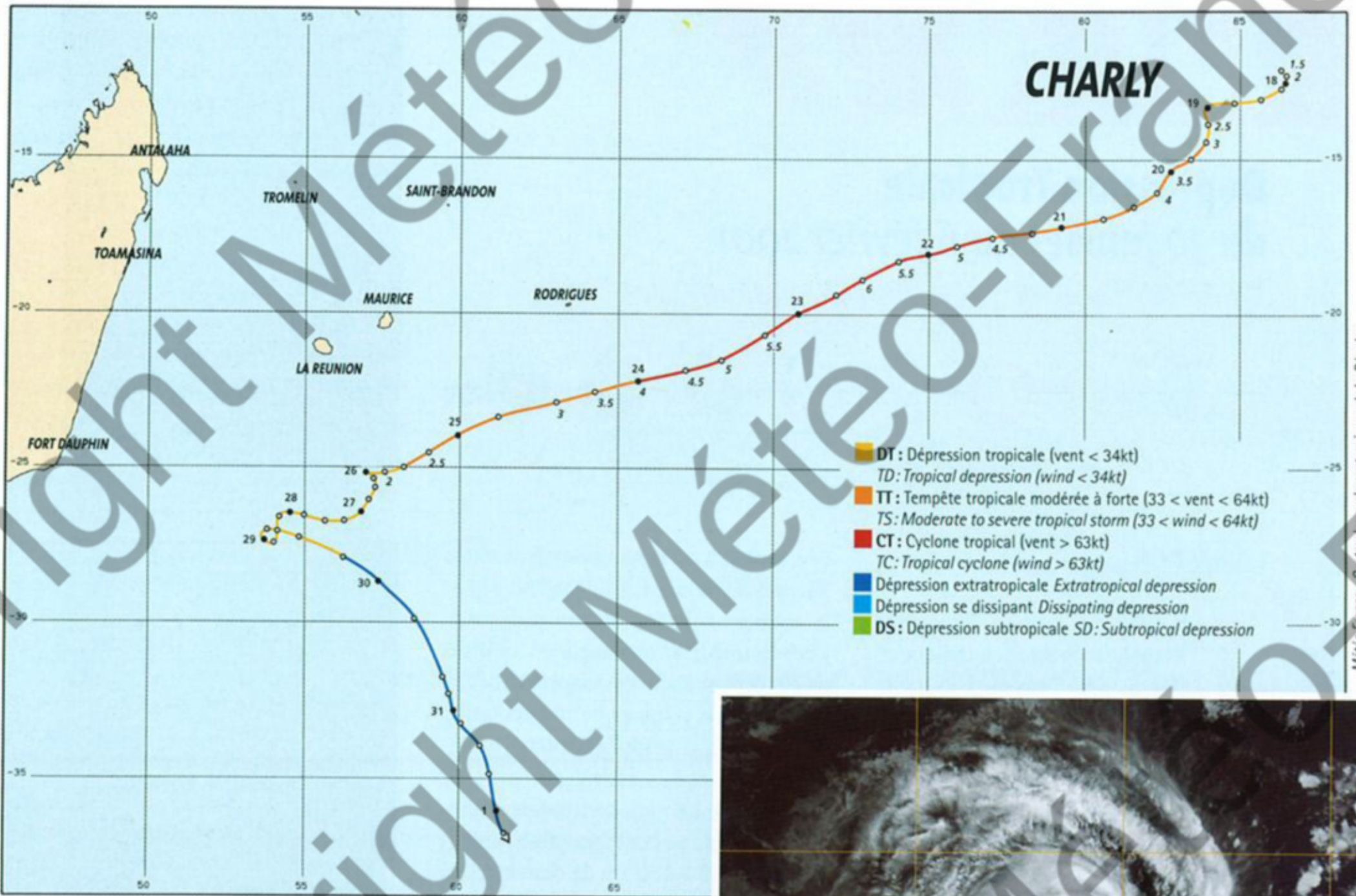
ne extratropical. Ayant connu une genèse encore plus laborieuse que BINDU, il aura cependant culminé à une intensité supérieure, devenant le second et dernier cyclone tropical intense de cette saison cyclonique 2000-2001, et prenant ainsi rang juste derrière ANDO pour ce qui est de l'intensité maximale atteinte.

Il est à noter que du 21 au 24 janvier 2001, période correspondant à l'apogée de CHARLY, puisque incluant toute sa phase mature de cyclone tropical, un autre système dépressionnaire a été suivi simultanément. Il s'agit de la perturbation n°6 qui, durant ces quelques jours, a évolué entre la côte est de MADAGASCAR et le secteur ouest de LA REUNION. Ce système éphémère et de faible intensité n'a pas été retenu au bilan final de la saison cyclonique.

Il s'était formé à partir d'une zone de convection développée depuis le 19 janvier dans un environnement fortement divergent en altitude. Ce n'est que 48h plus tard, le 21 janvier, qu'un petit minimum dépressionnaire devenait décelable non loin de la côte est malgache, au large de Mananjary. Se décalant dans un premier temps vers l'est, la perturbation se creusait jusqu'au stade minimal de dépression tropicale le lendemain, summum de son développement auquel elle se maintiendrait environ 24h durant, avant de commencer de s'affaiblir sous l'effet d'un cisaillement vertical de vent d'ouest-sud-ouest (pourtant très modéré - inférieur à 20 nœuds a priori). Dans le même temps, le minimum dépressionnaire rebroussait chemin vers l'ouest, commençant de se combler avant d'avoir rallié la côte malgache, qu'il traversait au sud de Mananjary en journée du 24, avant de se dissiper ensuite sur terre.

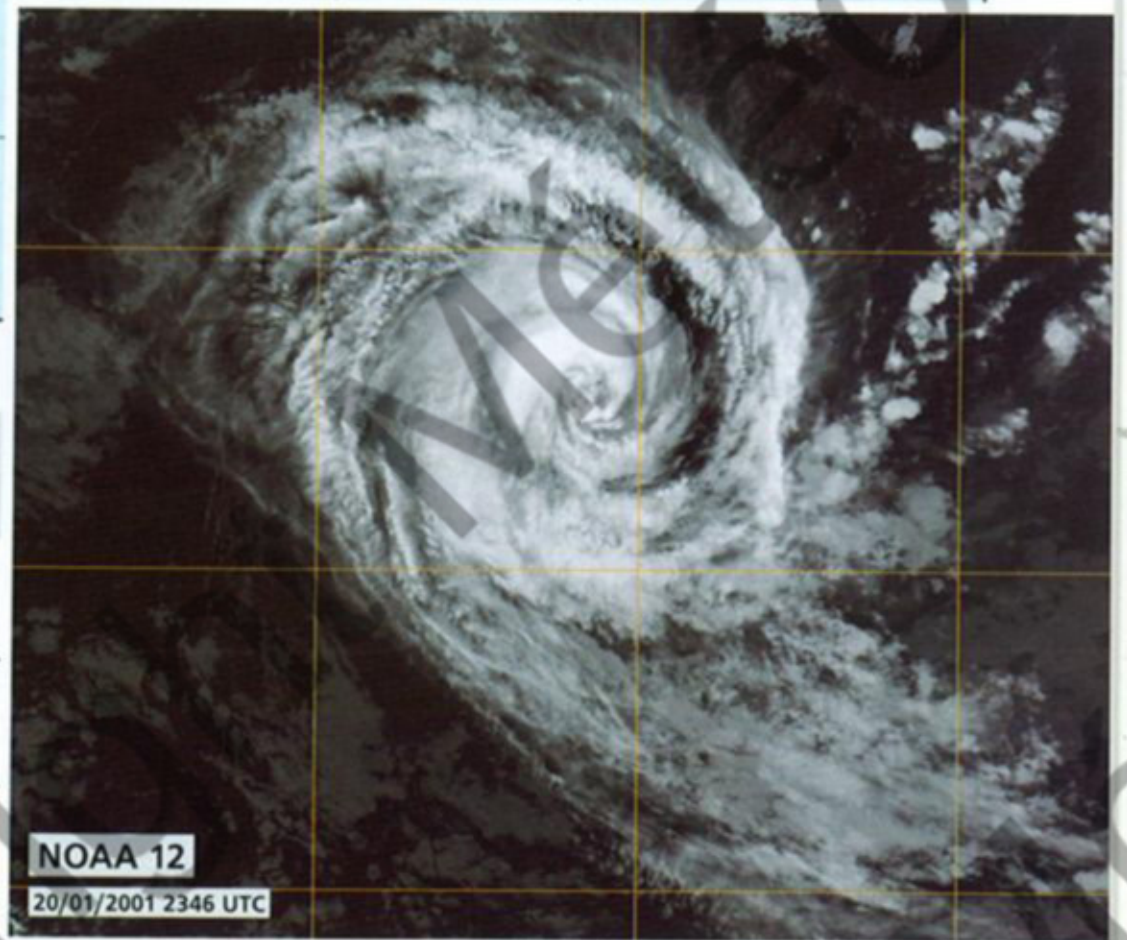
Durant la nuit du 22 au 23 janvier, qui voit le centre dépressionnaire atteindre le point le plus oriental de sa trajectoire, se rapprochant ainsi à moins de 330 km à l'ouest de LA REUNION, cette dernière est temporairement touchée par une bande nuageuse rattachée au système (dont l'essentiel de la masse nuageuse est concentré dans le secteur est du minimum) et subit de fortes pluies (de l'ordre de la centaine de mm dans le Nord et l'Est, avec une pointe mesurée de 50 mm en 1h30 au Cap Bernard à la sortie ouest de la capitale St-Denis).



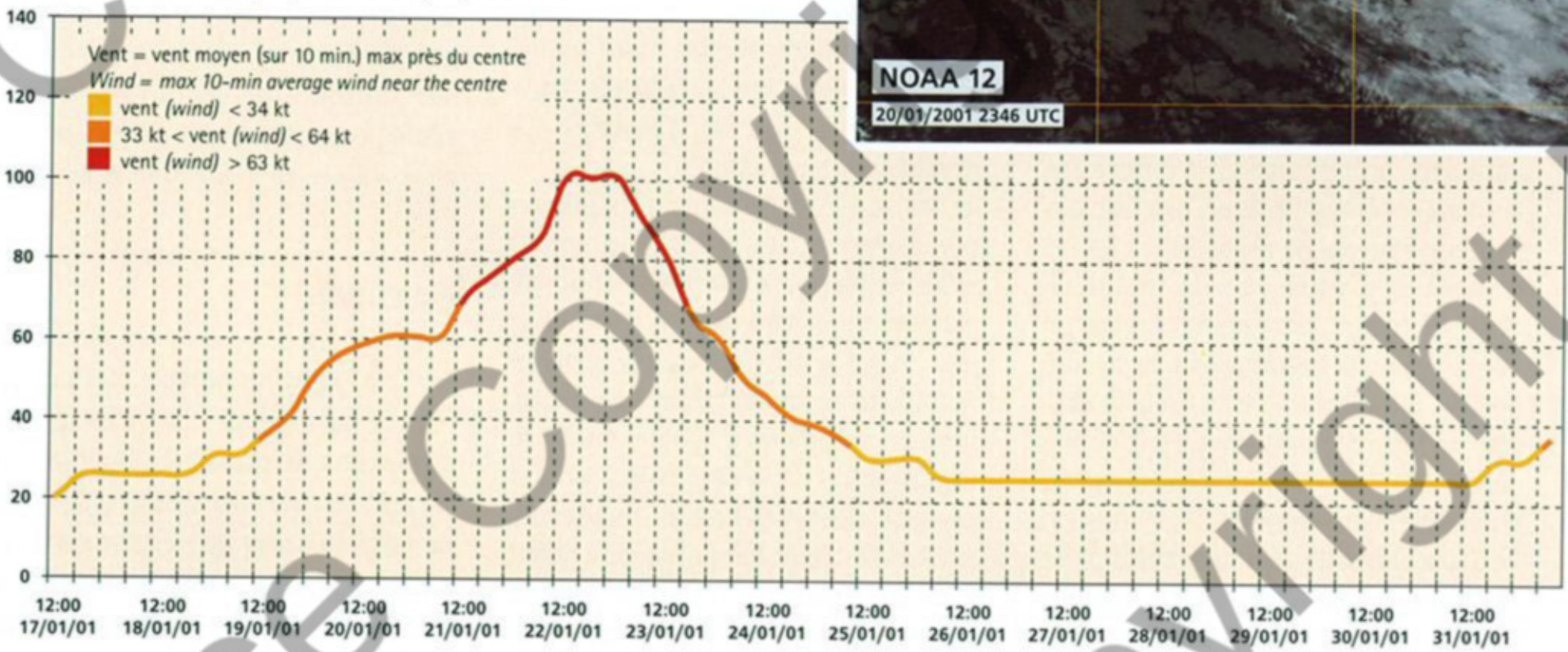


Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

Structure d'œil en bande se constituant au stade supérieur de la forte tempête tropicale, lors de la phase d'intensification de CHARLY.  
Banding eye pattern exhibited by CHARLY at the upper level of severe tropical storm stage during intensification.



CHARLY DU 17/01/01 AU 01/02/01



EVOLUTION DU VENT MAX EN NŒUDS (A GAUCHE) ET DU NOMBRE CI DE 6 HEURES EN 6 HEURES  
6 - HR MAX WIND (KT) AND CI EVOLUTION (LEFT AND RIGHT)



# DT N° 7

## Dépression Tropicale du 30 janvier au 6 février 2001

Tropical Depression « N° 7 » (30 January - 06 February 2001)

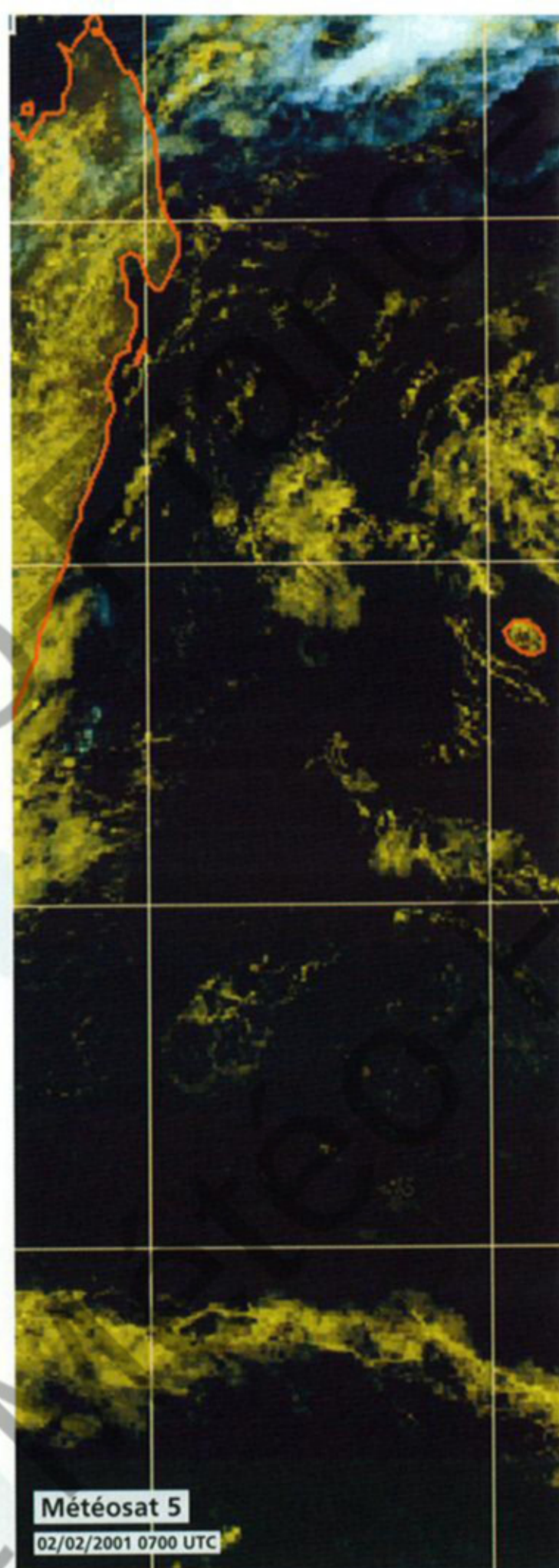
### FORMATION

En cette fin janvier, les cartes d'analyse en surface indiquent, depuis déjà plusieurs jours, la présence d'une large circulation dépressionnaire quasi stationnaire au sud des CHAGOS. Dès le 24 janvier en fait, un minimum était isolé sur les champs dérivés de QuikScat un peu au nord du point 12°S/82°E. Une vaste zone d'activité convective modérée et fluctuante, très morcelée, était présente alentour. Ce minimum, stable à 1003 hPa, dérivait ensuite au cours des trois jours suivants en direction de l'ouest-sud-ouest, pour finalement venir se positionner, à compter du 27 janvier, dans les parages du point 13.5S/72.5E, soit à plus de 650 km au sud de DIEGO-GARCIA. Il stationnait plus ou moins sur place les jours suivants, sans évolution significative. A partir du 29 janvier, on commençait à noter un début de baisse du champ de pression, coïncidant avec un renforcement affiché sur les données synoptiques et QuikScat, des flux convergents de mousson et d'alizé de part et d'autre de la circulation dépressionnaire, notamment en liaison avec une poussée anticyclonique du côté polaire. Simultanément, un regain certain de l'activité perturbée était observé, même si la convection demeurait très chaotique et inorganisée.

Le 31, la baisse du champ de pression se confirme et s'amplifie, au taux estimé d'un hPa toutes les 6h. Un bateau passant dans les parages, permet d'évaluer, avec un bon degré de confiance, la pression centrale à 997 hPa en fin de jour-

née, moment où le minimum franchit le 15° parallèle sud, en décalage lent depuis la veille en direction du sud-sud-ouest. L'orbite QuikScat acquise à ce moment précis, permet d'affiner mieux la structure du champ de vents et de la circulation dépressionnaire associée. Celle-ci, extrêmement large, s'étend sur plus de 1 500 km d'extension horizontale et présente une plage centrale relativement étendue (200 à 250 km de diamètre) où les vents sont très faibles, entourée d'une couronne de 350 à 400 km de largeur moyenne où règnent des vents de 20-25 nœuds de vitesse moyenne, couronne vers laquelle convergent les alimentations d'alizé et de mousson d'intensité équivalente, voire légèrement supérieure (possibilité de grand frais localisé, notamment du côté mousson). Ce système dépressionnaire présente alors toutes les caractéristiques d'une "monsoon depression", dont la traduction française littérale -peu satisfaisante- est "dépression de mousson".

Sur l'imagerie satellitaire, la circulation tourbillonnaire plus affirmée commence à se matérialiser par des débuts de courbure au niveau des éléments nuageux, mais l'activité convective apparaît très réduite, se limitant à des foyers relativement disséminés gravitant autour du noyau central de la dépression. La nuit suivante, quelques bandes nuageuses convectives se développent cependant et un léger gain de vorticité est validé au vu de l'orbite QuikScat du début de journée du 1<sup>er</sup> février. Au sein de la couronne de vents évoquée supra, du grand frais est désormais estimé être présent

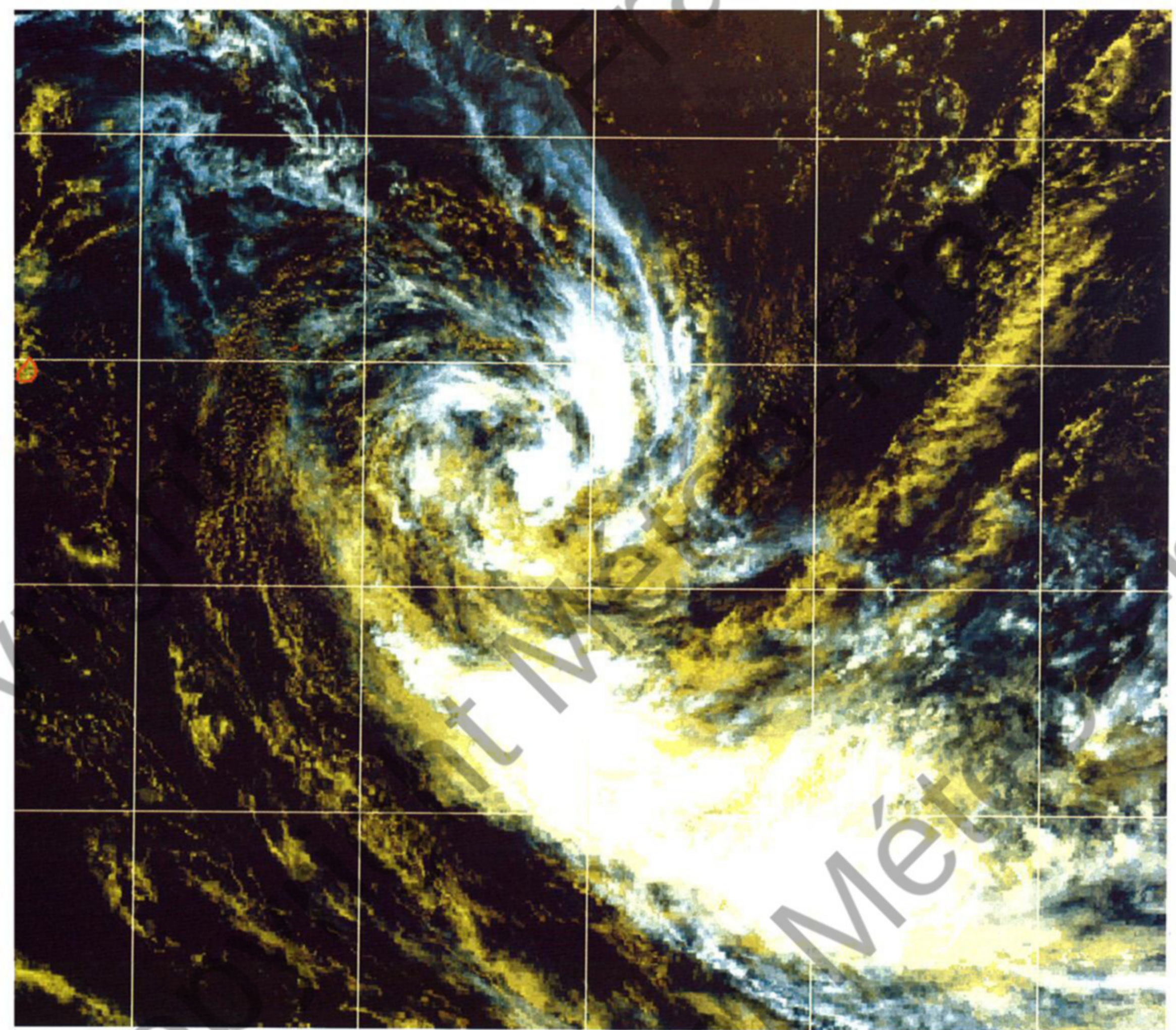


sur plus de la moitié de la circulation dépressionnaire. Malgré la structure très particulière de ce système et en particulier l'absence de vents forts près du centre, cette dépression de mousson est alors classée en dépression tropicale.

### EVOLUTION

Aucune évolution notable n'est ensuite relevée au cours des 36h suivantes. La convection demeure très fluctuante et présente en quantité très limitée au sein de la circulation dépressionnaire, qui conserve globalement la même structure, avec une pression centrale stabilisée à 996 hPa. Le tout se décale en bloc en direction du sud-sud-ouest, le seul changement concernant la vitesse de d pla-





La dépression tropicale n°7, peu après son passage au plus près de RODRIGUES (pression au centre estimée à 996 hPa). Ce système, atypique pour le bassin, a conservé l'essentiel de ses caractéristiques d'origine de "dépression de mousson" (voir détails page suivante).

*Tropical depression N°7, a few hours after its nearest passage to RODRIGUES Island (central pressure estimated at 996 hPa). At the time being, this quite unusual system for the basin still displayed the main features it had acquired during its genesis as a "monsoon depression" (refer to the details on next page).*

cement, qui a sensiblement augmenté, oscillant désormais entre 20 et 30 km/h. Au sud se présente, en effet, une faiblesse importante dans le champ de pression, avec le talweg au sein duquel le minimum résiduel de l'ex-CHARLY continue d'être évacué vers les moyennes latitudes.

En fin de nuit du 1<sup>er</sup> au 2 février, la trajectoire coupe le 20<sup>e</sup> parallèle sud, à quelque 500 km à l'est de l'île RODRIGUES, puis s'infléchit en direction du sud en fin de journée du 2, et du sud-sud-est en fin de nuit suivante, demeurant très méridienne. A vitesse accélérée (la vitesse de déplacement excédant les 35 km/h en journée du 3), le système

#### FORMATION

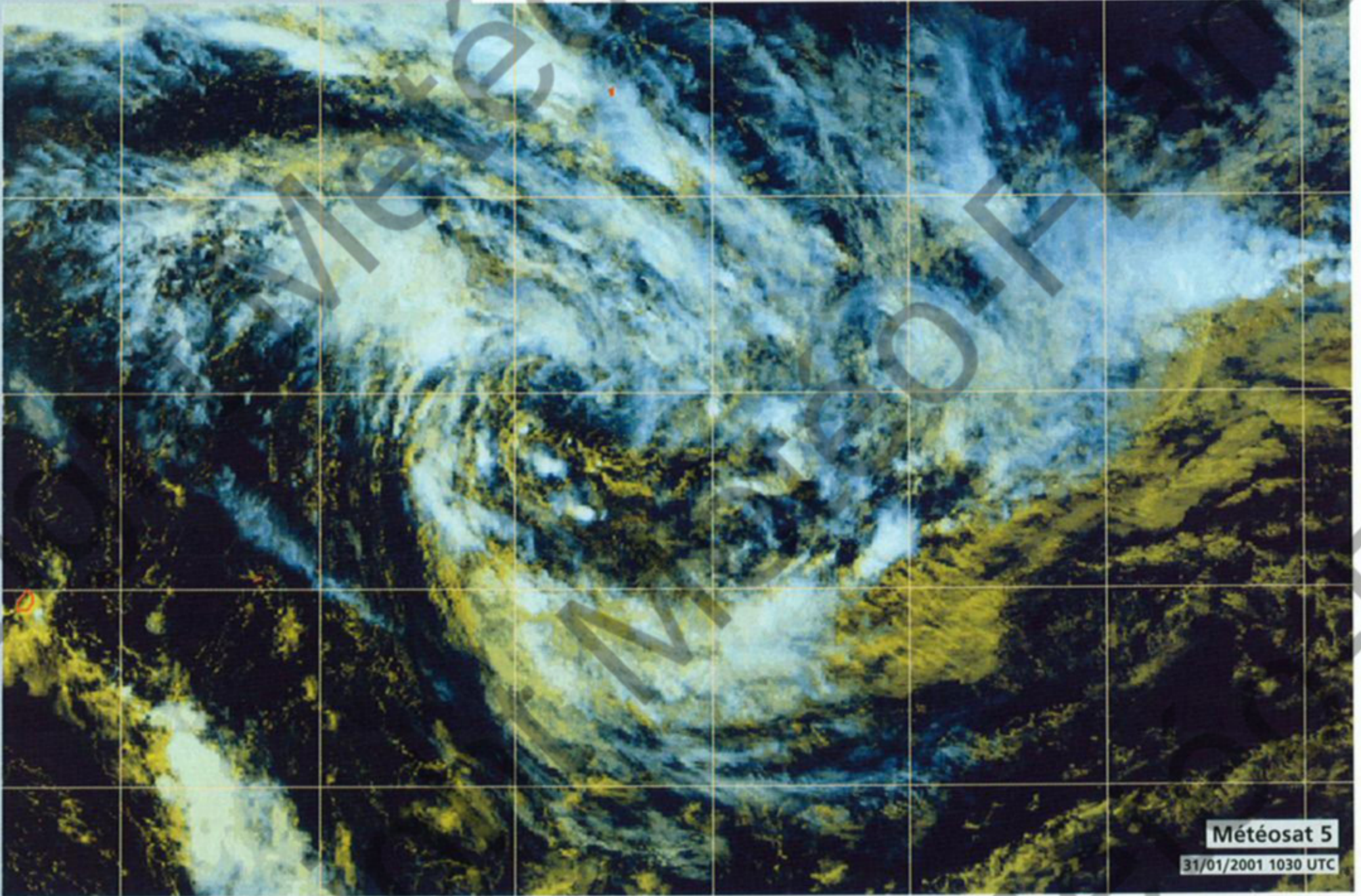
*At the end of January, sea surface analysis charts had been indicating for several days already the presence of a broad, nearly stationary low circulation south of the CHAGOS Archipelago. Actually, from 24 January, a low centre was found on QuikScat's derived wind fields a little to the north of 12°S/82°E. A large area of moderate and fluctuating convection was present nearby, but with the cloud activity appearing really broken. The low centre, stable at 1003 hPa, then drifted towards the west-southwest during the next three days and finally positioned itself near 13.5S/72.5E on 27 January, i.e. more than 650 km south of DIEGO-GARCIA. It remained more or less still on the following*

*days with no significant evolution.*

*From 29 January, one could notice some pressure fall initiating within the pressure field coinciding with enhanced monsoon and trade winds converging inflows displayed both on QuikScat and synoptic data on either side of the clockwise circulation, especially poleward in conjunction with a high pressure surge. Simultaneously, some revival was observed within the disturbed activity even though the convection remained very chaotic and disorganised.*

*On the 31st, the pressure fall was confirmed and amplified at the estimated rate of 1 hPa every 6h. A shipping vessel cruising in the area enabled to assess quite confidently the central pressure at 997 hPa in the late afternoon, at the time when the low centre crossed latitude 15°S,*





La dépression n°7 lors de sa phase de genèse, présente tous les traits d'une dépression de type "dépression de mousson".

Sur l'imagerie satellitaire, une large circulation tourbillonnaire d'éléments nuageux, mais avec une activité convective réduite, se limitant à des foyers relativement disséminés gravitant autour du noyau central de la dépression. La structure du champ de vents associé, telle que décrite par l'orbite QuikScat, est caractéristique d'une "dépression de mousson" : large circulation dépressionnaire s'étendant sur plus de 1 500 km d'extension horizontale et présentant une plage centrale relativement étendue (plus de 200 km de diamètre) où les vents sont très faibles, entourée d'une couronne de 350 à 400 km de largeur moyenne où règnent des vents de 20-25 nœuds de vitesse moyenne, couronne vers laquelle convergent les alimentations d'alizé et de mousson d'intensité grosso modo équivalente.

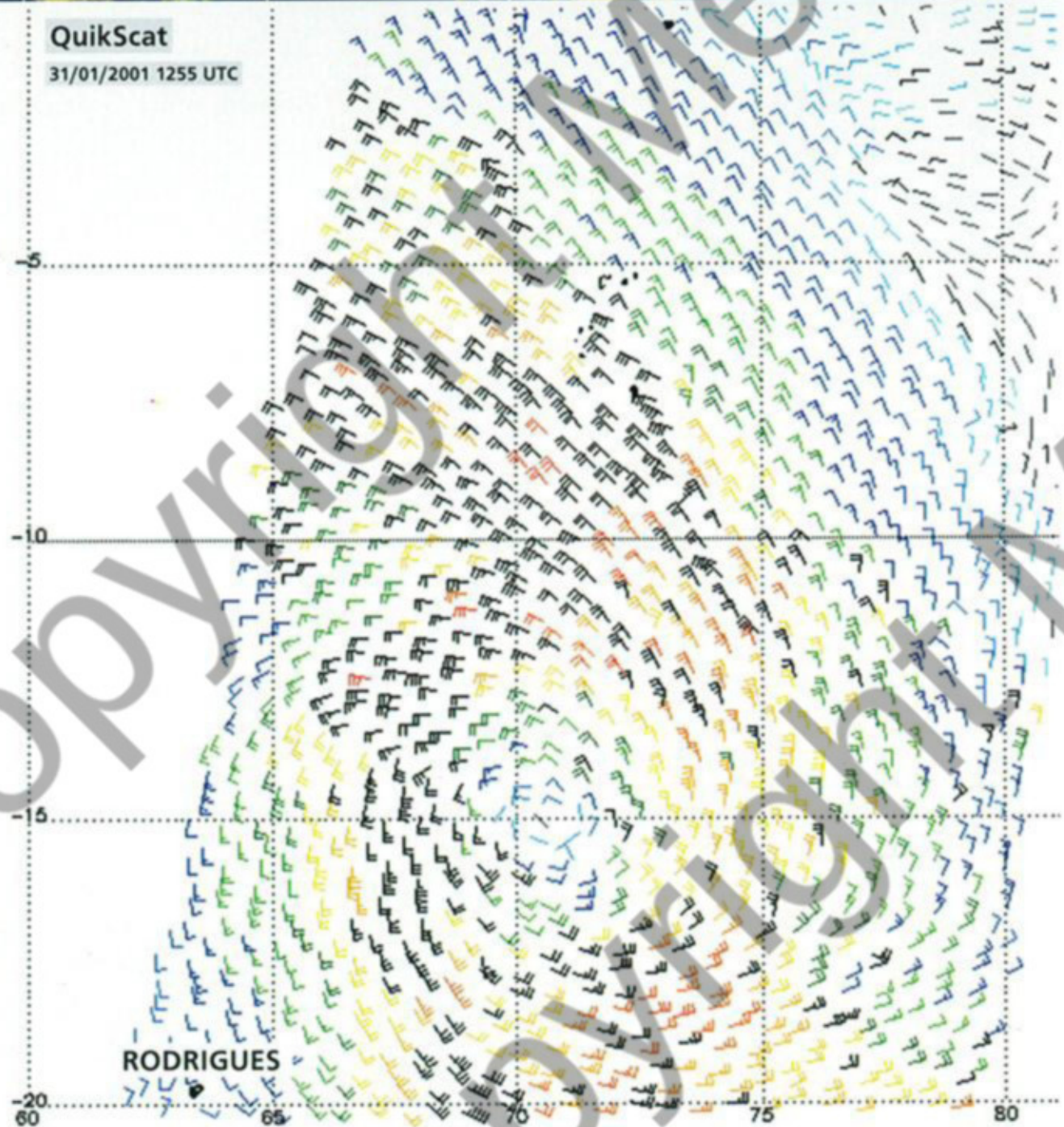
**The genesis of depression N°.7 as a typical "monsoon depression".**

The main features associated to this kind of system are : on the satellite imagery, a large gyre of clouds with limited presence of unorganised convection, a wind field (as described by the QuikScat data) presenting a wide clockwise circulation (spreading over more than 1 500 km horizontally) and displaying a fairly large central area (more than 200 km in diameter) with very weak winds encircled by a crown of 350 to 400 km average width with middle range winds of 20 to 25 knots. Trade winds and monsoon inflows of equal -or slightly stronger- intensity were converging towards this crown.

slowly drifting towards the south-southwest since the previous night. A QuikScat pass acquired at that very moment enabled to better define the wind field structure and the related clockwise circulation. The latter was extremely wide and spread over more than 1 500 km horizontally and displayed a fairly large central area (200 to 250 km in diameter) with very weak winds encircled by a crown of 350 to 400 km average width with middle range winds of 20 to 25 knots. Trade winds and monsoon inflows of equal -or slightly stronger- intensity (possibility of near gale force

QuikScat

31/01/2001 1255 UTC





continue de contourner la dorsale de moyenne troposphère présente à l'est et se rapproche alors du 30° parallèle sud. Le contexte devient alors plus barocline, avec en particulier un environnement où le cisaillement vertical de vent de nord-ouest s'accroît, et un océan sous-jacent également plus froid. Dès la fin de nuit du 2 au 3, la structure nuageuse du système évolue en conséquence, et visuellement de manière évidente sur l'imagerie satellitaire, prenant l'allure caractéristique d'un système modérément cisailé de nord-ouest en phase de transition extratropicale.

Cette transition va s'accompagner d'un creusement du minimum dépressionnaire, comme en attestent les valeurs de pression d'une bouée dérivante située sur le 30° parallèle sud, et à une centaine de km à l'ouest de laquelle le centre dépressionnaire passe en cours de nuit du 3 au 4. Le champ de vent, tel que bien décrit par les données diffusiométriques des deux orbites QuikScat du 4 février, a réagi logiquement à ce creusement (la pression centrale étant estimée descendre jusqu'à 985 hPa en fin de matinée du 4). Les vents se sont renforcés de manière substantielle et atteignent le fort coup de vent dans les secteurs sud à sud-ouest de la circulation dépressionnaire, voire localement la tempête dans le quadrant sud-ouest, là où le gradient tend à se renforcer notablement, du fait de l'arrivée par ce secteur d'une cellule anticyclonique transitant au cœur des Terres Australes, entre les îles d'AMSTERDAM et de KERGUELEN.

Outre le renforcement du gradient, l'advection de cet anticyclone a une seconde conséquence, cette fois sur la trajectoire de la dépression n°7, classée extratropicale depuis la veille. N'ayant pas eu le temps d'intégrer le talweg qui l'aspirait précédemment, la dépression a en effet été stoppée brutalement dans sa progression vers le sud-sud-est par l'arrivée de l'anticyclone, en fin de nuit du 3 au 4. Rebroussant temporairement chemin vers l'ouest, à vitesse réduite, le temps que l'anticyclone mobile glisse rapidement au sud et s'efface, le minimum dépressionnaire repart vers le sud à la mi-journée du 4, puis incurve en direction du sud-est 24h plus tard, accé-

*winds was pinpointed, namely on the monsoon side) were converging towards this crown. This depression displayed hence all the features of a "monsoon depression".*

*On the satellite imagery, the enhanced vorticity materialised into incipient cloud curvature but the convective activity appeared very limited and only involved scattered cloud patches orbiting around the central core of the depression. However, on the following night, some cloud bands of convection developed and a slight increase in vorticity was confirmed by a QuikScat pass acquired in the early day of 1st February. Within the wind crown mentioned above, near gale force winds were now present on over half the clockwise circulation. Despite the very unusual structure of the system and especially in the absence of strong winds near the centre, this monsoon depression was classified as a tropical depression.*

#### EVOLUTION

*There was no outstanding evolution to be noticed in the next 36h. The convection remained very fluctuating and was hardly present within the clockwise circulation which on the whole kept the same structure with a central pressure stabilised at 996 hPa. The whole block moved south-southwestward, the only change occurring to the speed of movement which had considerably increased, now oscillating between 20 and 30 km/h. Indeed, in the south, there was an important weakness in the pressure field with a polar trough in which the residual low of ex-CHARLY kept on being cleared towards the mid-latitudes.*

*At the end of the night of 1st February, the track cut through latitude 20°S, some 500 km east of RODRIGUES Island, and then bent towards the south in the evening of the 2nd before heading for the south-southeast by the end of the following night, still keeping a meridian-like orientation.*

*Now, at an accelerated pace (the speed of movement exceeding 35 km/h in average on the 3rd), the system continued skirting around the middle troposphere ridge standing in the east and approached latitude 30°S.*

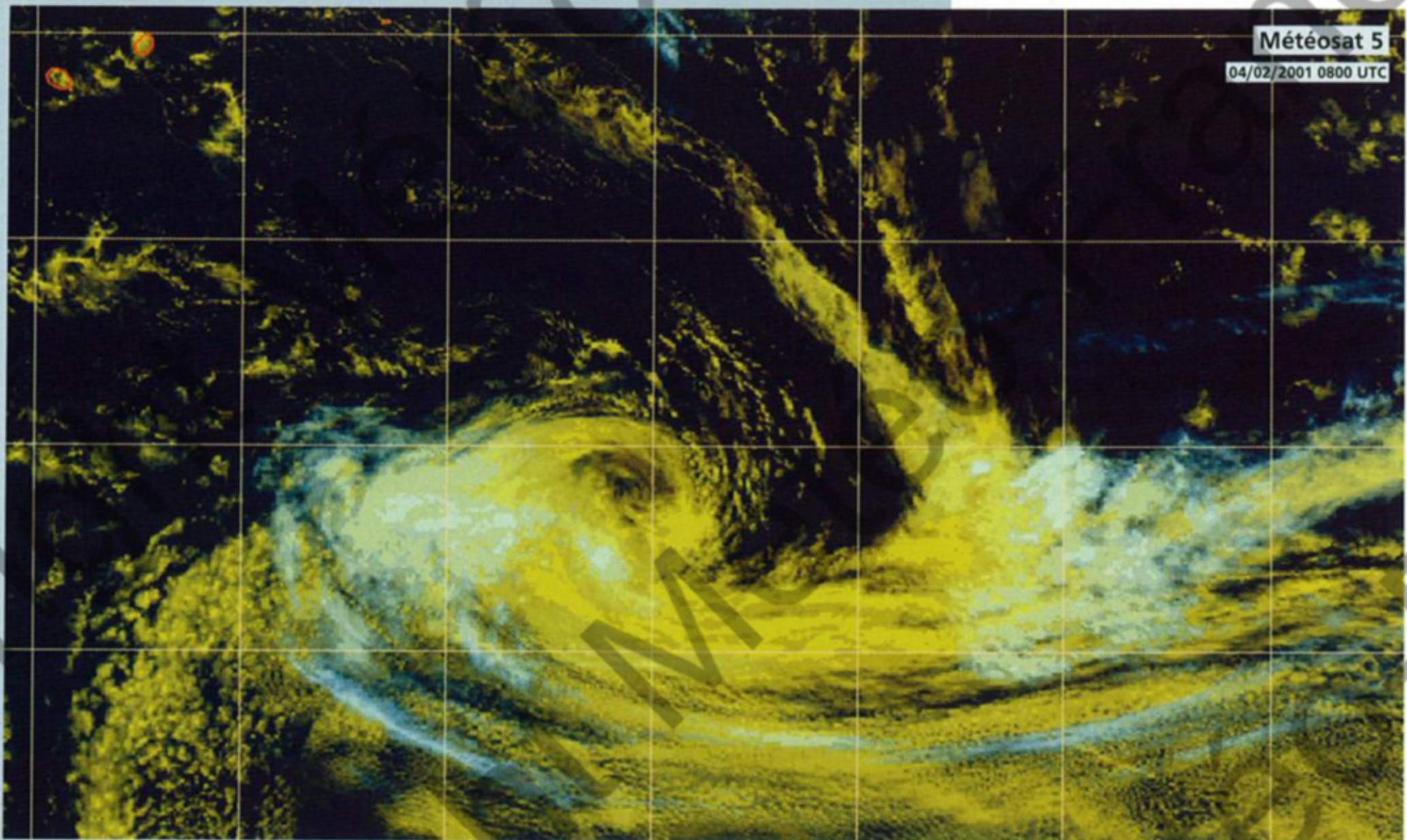
*Then the environment became more baroclinic, with namely an increasing northwesterly vertical windshear and cooler underlying ocean. As a result, in the course of the night of the 2nd, the cloud structure of the system evolved in an obvious way on satellite imagery assuming the typical pattern of a moderately northwesterly sheared system in extratropical transition phase.*

*This transition came with a deepening of the low as testified by the pressure record of a drifting buoy situated on latitude 30°S, when the depression passed in its western neighbourhood, its centre tracking at about 100 km away in the course of the following night on the 3rd. On 4 February, the windfield (well documented by the scatterometer data derived from the two QuikScat swaths acquired that day) reacted as expected to this deepening of the depression (the central pressure being estimated to drop to 985 hPa in the late morning of the 4th). The winds had strengthened noticeably now reaching strong gale force in the southern to southwestern sectors of the clockwise circulation, and even possibly storm force in the southwestern quadrant. In this sector, the gradient indeed tended to tighten significantly due to the arrival of a high pressure cell transiting in the middle of the Southern French territories between the islands of AMSTERDAM and KERGUELEN.*

*Beside the strengthening of the gradient, the advection of this anticyclone had another result, this time on the track of Depression No. 7, which had been labelled as an extratropical depression since the previous night. Indeed, as the depression had not had time to integrate into the trough that was previously attracting it towards the south-southeast its forward motion was suddenly stopped in the late night of the 3rd by the coming anticyclone. While the mobile anticyclone was swiftly gliding down to the south and then shoved off, the low centre turned back westward at reduced speed and then took off southward in the middle of the day of the 4th, before recurving southeastward 24h later, speeding off ahead of another polar trough. Meanwhile, the depression had partially filled, and the related cloud vortex, from now on almost void of any convection, remained well-defined though. However, after the closest passage of the system to AMSTERDAM (over 400 km off west), the low would deepen again and go through another lifecycle as a high latitudes disturbance.*

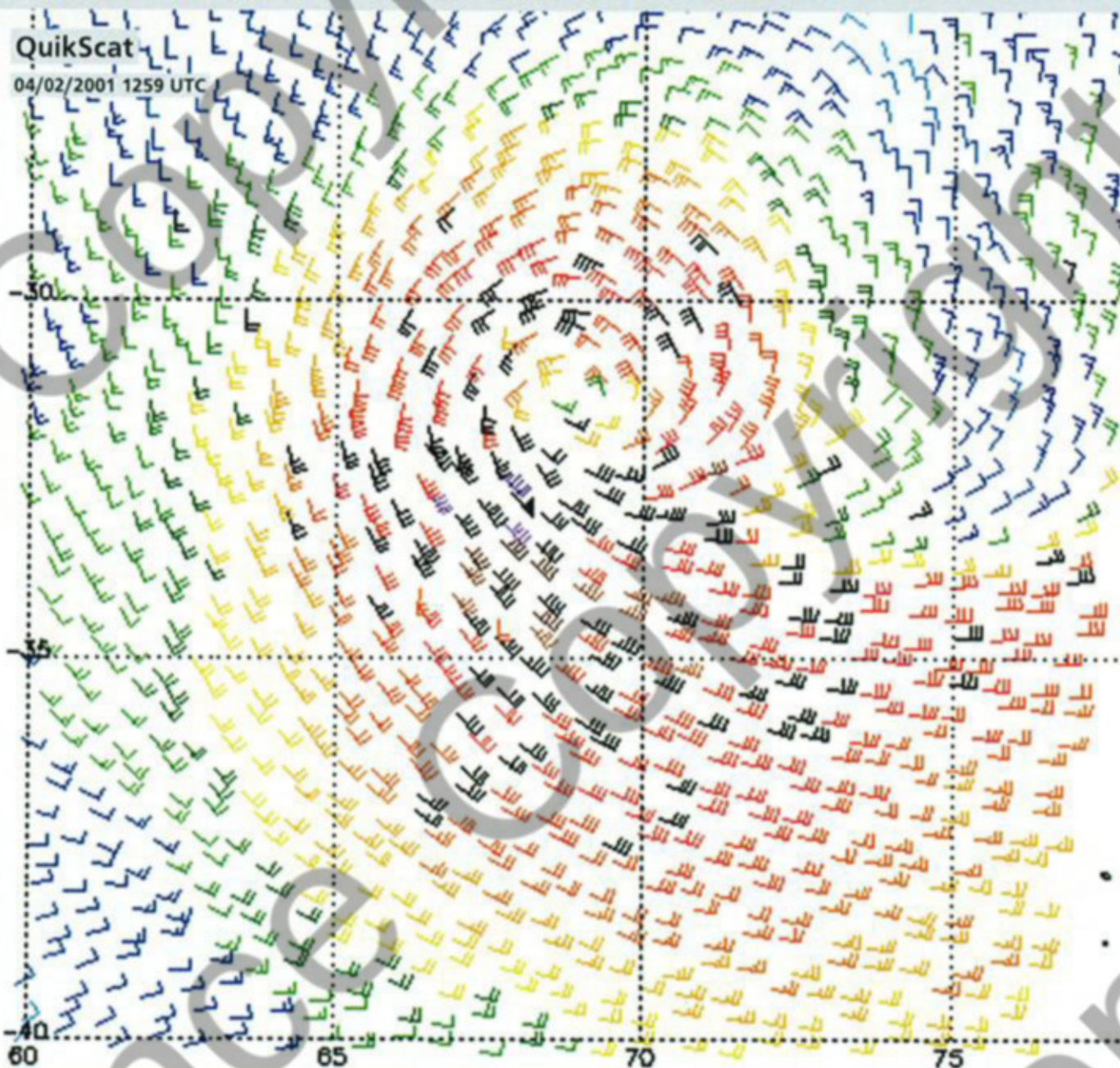
*The depression system N°7 had only limited effects on the basin as it quickly withdrew to the southern latitudes and reached significant intensity only once it reached the extratropical domain. It was worthwhile namely for its genesis process unfrequently observed in the basin even though monsoon depressions develop at times in the SouthWest Indian Ocean (that was the case in the preceding season with the cyclogenesis of FELICIA).*





La dépression n°7, après transition extratropicale et creusement (pression au centre estimée à 985 hPa). Bien que présentant désormais une configuration nuageuse d'allure très différente, le champ de vents associé présente des caractéristiques assez similaires de celles d'une "dépression de mousson". Au renforcement près de la circulation dépressionnaire, plus creuse, on retrouve une plage centrale de vents faibles entourée d'un large anneau de vents forts (s'étendant plus loin au sud, dans la zone de fort gradient avec une cellule anticyclonique qui transite au sud).

*Depression N°7, as seen after having completed extratropical transition and deepening (central pressure estimated at 985 hPa). Though displaying a very different cloud pattern now, the related wind field exhibited quite similar characteristics compared to that of a "monsoon depression" (apart from the enhanced clockwise circulation around the deepened low), with a central area of weaker winds surrounded by a large ring of strong winds (which extended further south due to the increasing pressure gradient with a high cell transiting to the south).*

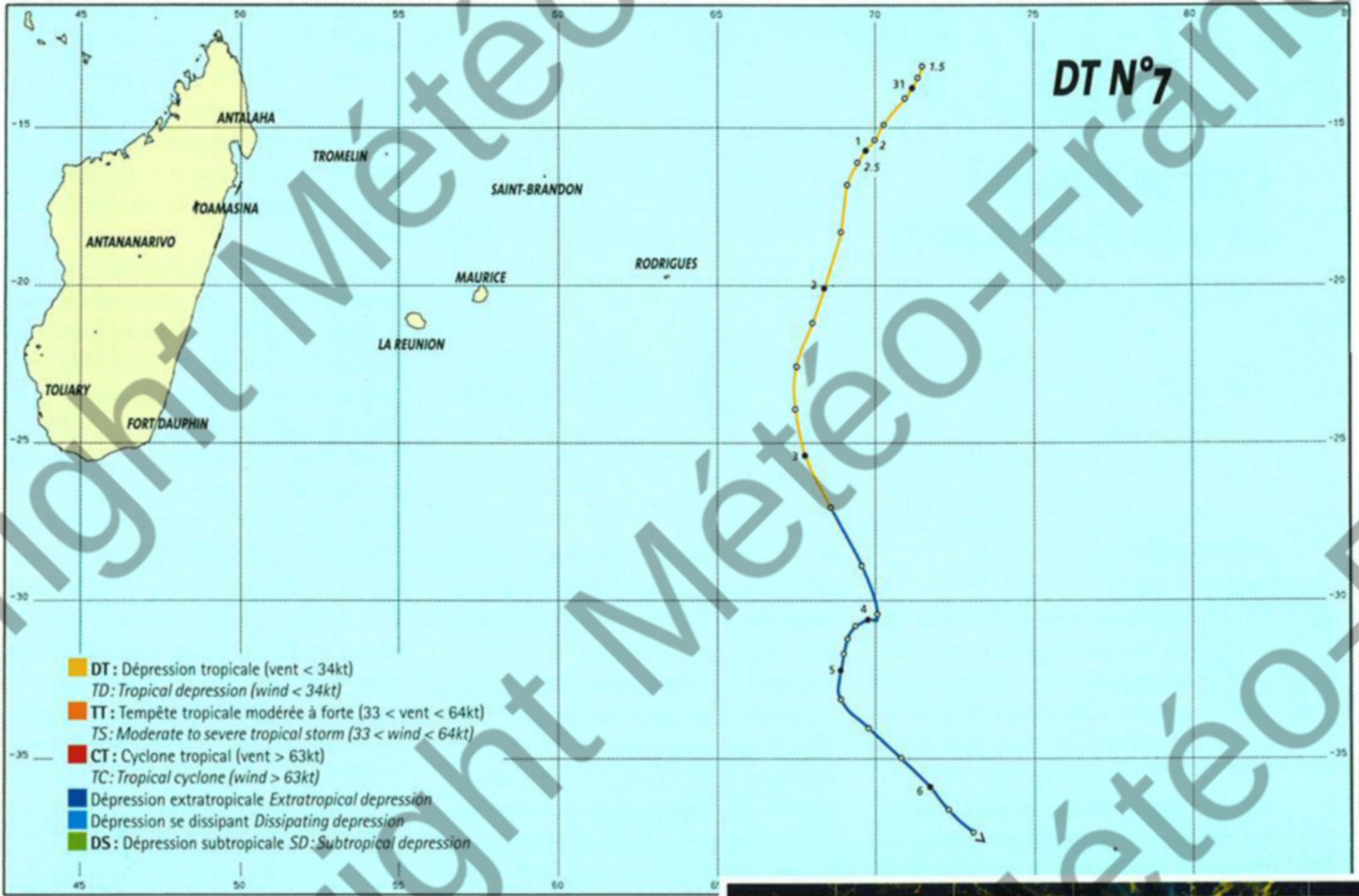


lérant franchement à l'avant d'un nouveau talweg polaire.

La dépression s'est entre-temps partiellement comblée, le vortex nuageux associé, désormais quasiment dénué de toute convection, demeurant malgré tout bien affirmé. Mais après le passage au plus près d'AMSTERDAM (à plus de 400 km à l'ouest), le minimum se creusera de nouveau et connaîtra ensuite une nouvelle vie en tant que perturbation des hautes latitudes.

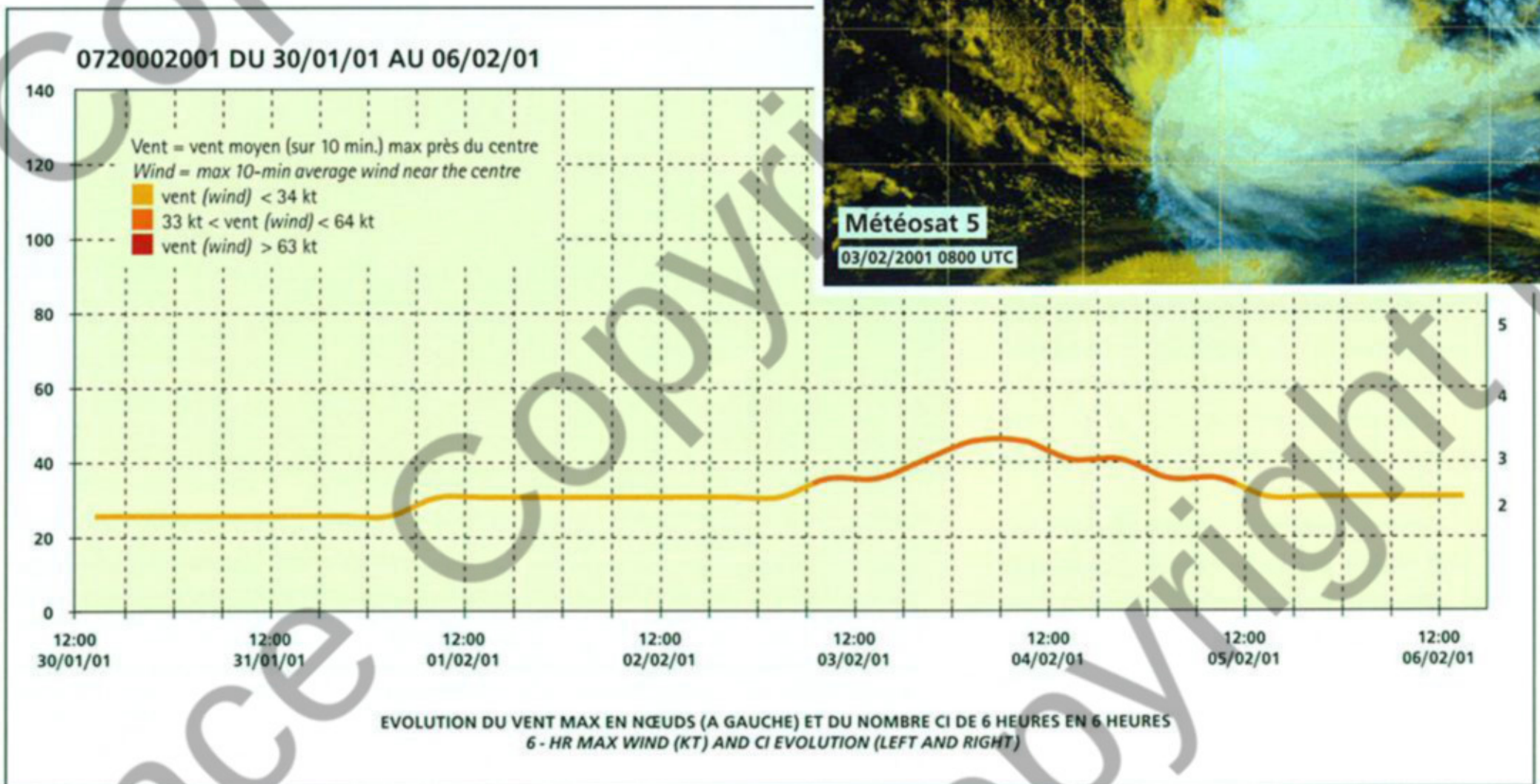
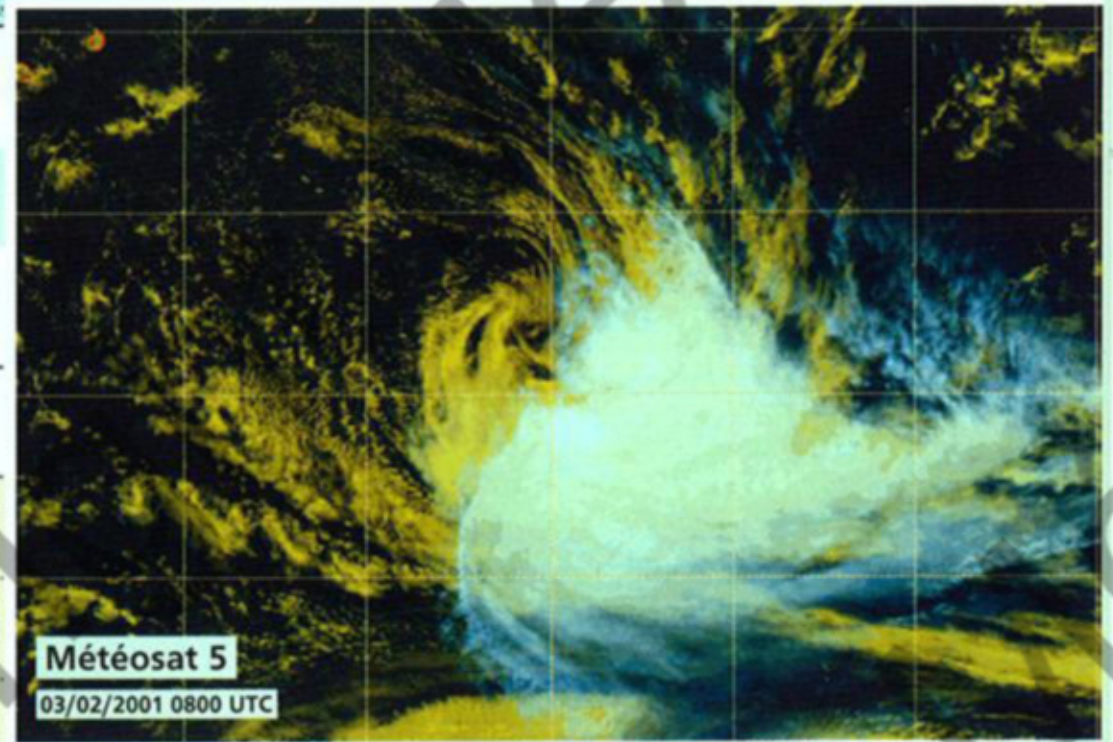
Ce système dépressionnaire n°7 aura eu une influence limitée sur le bassin, s'évacuant à la fois rapidement vers les latitudes sud et n'atteignant une intensité significative qu'une fois dans le domaine extratropical. Il aura surtout valu par son mode de cyclogenèse, peu fréquent sur le bassin, même si des dépressions de mousson sont malgré tout observées régulièrement (cela avait été le cas lors de la saison précédente, avec la cyclogenèse de FELICIA).





Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

La dépression n°7, lors de sa phase de transition extratropicale (avec cisaillement de vent de nord-ouest).  
Depression N°.7 during extratropical transition phase (with northwesterly vertical wind shear).





# Dera

## Cyclone Tropical du 4 au 13 mars 2001

Tropical Cyclone « Dera » (04 - 13 March 2001)

### PREAMBULE

**A**près un mois de janvier dense en activité perturbée sur le bassin cyclonique, avec trois systèmes baptisés ayant tous atteint le stade de cyclone tropical, dont deux cyclones intenses, et au total cinq systèmes dépressionnaires tropicaux ayant été suivis en l'espace de cinq semaines (le dernier système, de type "monsoon depression", concernant pour l'essentiel les premiers jours du mois de février), le cœur habituel de la saison cyclonique va présenter un énorme "trou", sans la moindre velléité de cyclogenèse.

Après l'évacuation, début février, du système dépressionnaire n°7 vers le domaine extratropical (30° parallèle Sud franchi le 3), il faudra en effet attendre un mois avant de voir se former, le 4 mars, le minimum dépressionnaire qui donnera ensuite naissance, quelques jours plus tard, au cyclone tropical DERA. Durant toute cette période, habituellement très productive, non seulement l'activité perturbée sera inexistante, mais c'est carrément la présence nuageuse dans son ensemble, à commencer par l'activité convective, qui va se faire excessivement discrète à l'échelle du bassin.

Cet environnement anormalement sec et stable à grande échelle n'a pas été sans conséquence. LA REUNION a ainsi connu une phase de sécheresse marquée, annulant tous les bénéfices de la pluviométrie de janvier (suite au passage d'ANDO). Des records de pluviométrie sont tombés, comme à Cilaos, où

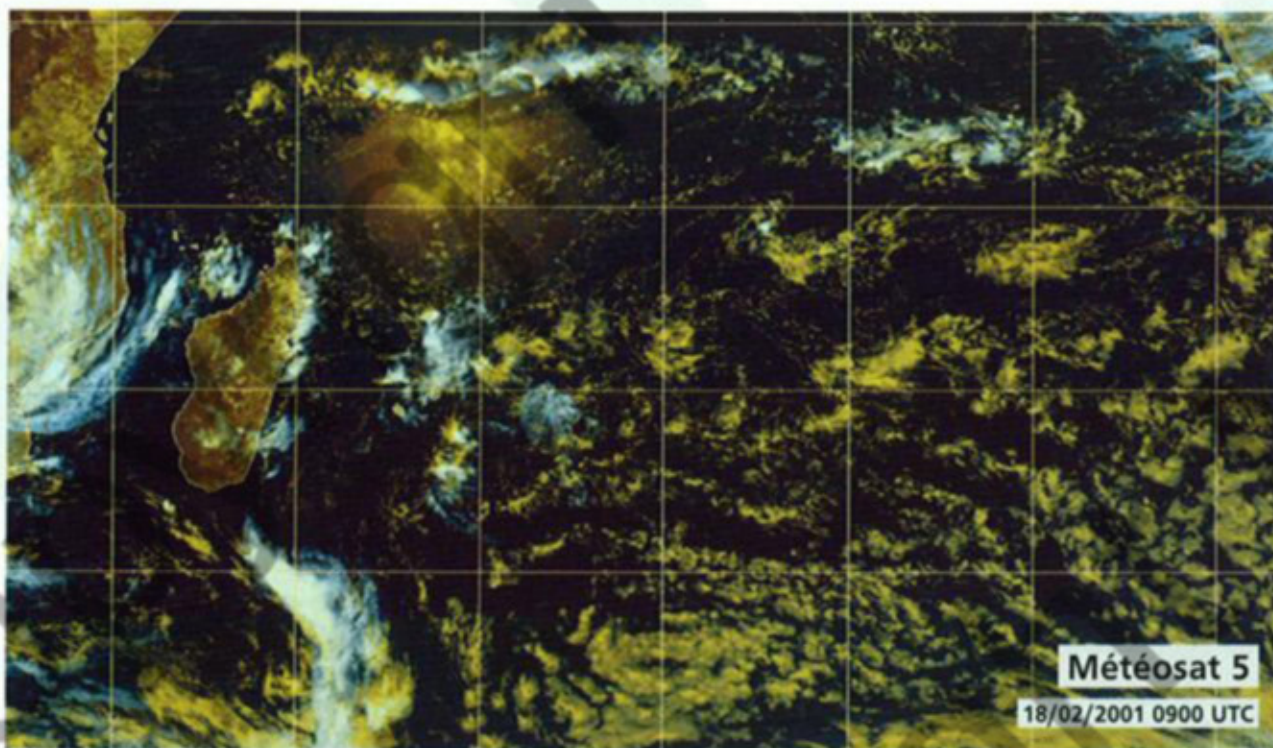
ce mois de février a été le plus sec de ces 50 dernières années (soit depuis le début des mesures en fait), avec seulement 25,2 mm recueillis !

A ce mois de février hors norme a correspondu, d'un point de vue purement synoptique, une situation en surface marquée par la présence affirmée et durable des hautes pressions subtropicales sur la zone, plus particulièrement durant la deuxième quinzaine du mois. Une vaste cellule anticyclonique subtropicale s'est alors installée de MADAGASCAR jusqu'au Sud-Est de l'océan Indien, sa partie septentrionale s'étalant

sur toute la partie tropicale de l'océan Indien Sud, jusqu'au niveau du 10° parallèle sud. La ZCIT est ainsi rejetée très au nord et à peine esquissée, avec une "activité" convective exceptionnellement réduite et se résumant à quelques Cb épars présents, du côté équatorial, au nord de 5°S.

Cette situation s'est traduite par des anomalies de pression remarquables sur la zone : + 2,8 hPa par exemple pour le mois de février à LA REUNION (à la station de Gillot, comparativement à la normale calculée sur la période 1971-2000). Dans le même temps, la présence d'un talweg de mousson extrêmement marqué sur le Nord de l'Australie, s'est accompagnée au contraire de pressions excessivement basses sur le Nord et le Centre du pays, l'anomalie négative de pression culminant à plus de 5 hPa dans le secteur du désert de Gibson. A Darwin, où l'anomalie ne sera pourtant "que" de -2,9 hPa, il fallait remonter à 1883 pour retrouver une pression moyenne mensuelle inférieure à celle de ce mois de février 2001 !

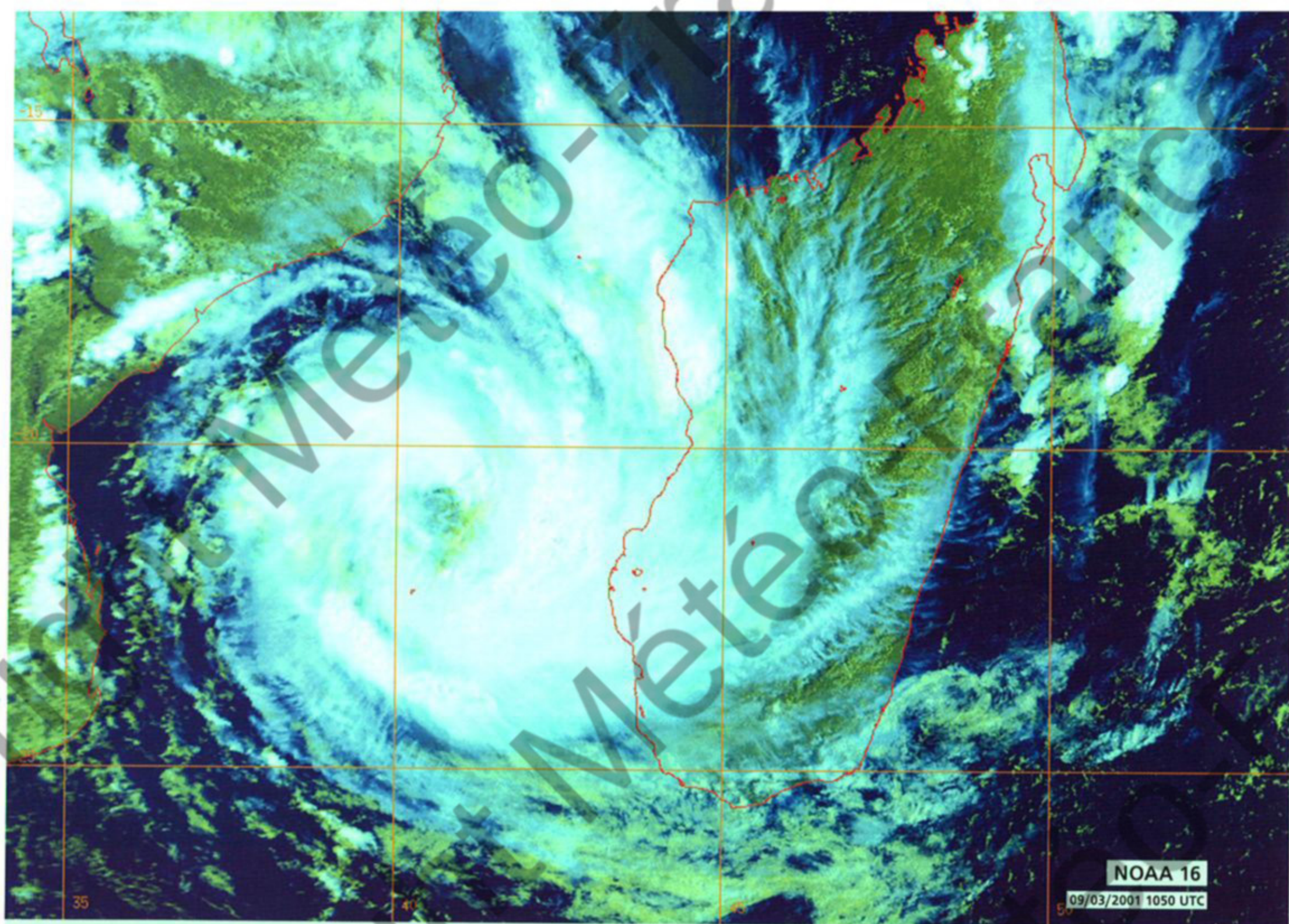
Ce contraste exacerbé de part et d'autre de l'océan Indien Sud s'est répercuté au niveau de l'activité nuageuse et perturbée, importante en zone australienne et, au contraire, anormalement faible sur



Un mois de février anormalement calme sur le Sud-Ouest de l'océan Indien. Cette image satellite du 18 février (satellite Météosat 5, composition colorée de canaux visible et infra-rouge) n'aurait en soi rien de bien remarquable, si ce n'était la date à laquelle elle a été acquise. Il est en effet rare et insolite de voir le bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien quasiment dénué de toute activité nuageuse et convective, ce en plein cœur de la saison cyclonique, surtout considérant que cette image ne constituait pas un épiphénomène isolé, mais était représentative des conditions anormalement sèches et stables qui ont régné sur le bassin durant la majeure partie du mois de février 2001.

*A really unusual lenient month of February in the SouthWest Indian Ocean. Had it been acquired at another date, this satellite picture would not have attracted any special interest. But it is indeed a rare and unusual event to see the SouthWest Indian Ocean basin almost void of any cloud and convective activity in the middle of summer and cyclone season, especially when considering that this picture was not an epiphenomenon or a temporary lull but was representative of the abnormally dry and stable conditions which featured the situation most of the time all-pervading over the basin during the month of February 2001.*





**DERA : une intensification explosive dans le canal du MOZAMBIQUE.** Le météore est au stade de forte tempête tropicale au moment de cette image, après un développement hors norme au cours des heures précédentes. L'œil mal défini qui s'est ainsi formé se rapproche de l'île d'EUROPA. 24h plus tôt, le système dépressionnaire n'était encore qu'une simple perturbation tropicale (voir image page 48).  
**DERA : an explosive intensification in the MOZAMBIQUE Channel.** At the time of this image the meteor was classified as a severe tropical storm, after an outstanding development during the previous hours (breaking all usual rules). The poorly defined eye thus formed was now heading towards EUROPA Island. 24h earlier, to-become DERA was a mere tropical disturbance (see image on page 48).

le Sud-Ouest de l'océan Indien. La période de totale inactivité cyclonique qui en est résultée entre le début février et le début mars, pour très inhabituelle et atypique qu'elle soit, n'est cependant pas sans précédents. Depuis le début de l'ère satellitaire (1967), deux saisons cycloniques avaient déjà présenté un caractère équivalent, à savoir la saison cyclonique 1975-1976, dénuée de toute perturbation entre le 29 janvier et le 9 mars, et la saison cyclonique 1982-1983, historiquement la moins active de toute cette ère, qui avait pris carrément fin dès la mi-janvier.

Enfin, il faut noter que l'absence de cyclogenèse et ces conditions d'ennuagement et d'humidité anormalement faibles observées sur le bassin en ce mois de février 2001, ont coïncidé avec le transit sur la zone de la phase d'inactivité d'une oscillation intra-saisonnière de Madden-Julian, dont le signal a été, en cette occasion, remarquablement fort tout au long de sa progression vers l'est. La phase acti-

#### PREAMBLE

*After a dense January month full of disturbances on the cyclone basin with three named systems which all reached the tropical cyclone status, two becoming intense tropical cyclones, and altogether five tropical systems having been monitored within five weeks (the last system, of "monsoon depression" type concerning mainly the early days of February), the very heart of the cyclone season went through a period of cyclogenesis void. After the withdrawal of depression N°.7 beginning of February from the tropical domain (latitude 30°S crossed on the 3rd), one whole month would elapse before a low centre formed on the 4th to eventually give rise to tropical cyclone DERA a few days later. Throughout that whole, usually very active period, not only was the cyclone activity non existent but even the cloud presence (including the convective activity) was almost nil on the basin. This widespread, unusually dry and stable environment was not without any consequences. Indeed, LA REUNION went through a drought which cancelled all the*

*benefits brought by the January rainfall (as a result of ANDO's event). Drought records were broken, like in Cilaos, where this February month had been the driest in 50 years (i.e. actually since the beginning of recorded data) with only 25.2 mm recorded! To that out of norms February month corresponded, on a purely synoptic viewpoint, a surface situation marked by the firm, durable presence of the subtropical high on the area, especially during the second half of the month, when a large subtropical anticyclone had settled from MADAGASCAR to the SouthEast Indian Ocean, spreading all over the tropical domain of the South Indian Ocean, as far as latitude 10°S on its northern side. The ITCZ was thus thrown back far to the north and also made barely visible as displaying an extremely reduced convective activity (restrained to the presence of scattered Cb north of 5°S, equatorward of the ITCZ). This situation resulted into noticeable pressure anomalies on the area : + 2.8 hPa for instance for the February month in LA REUNION (at airport station, compared to normals over the 1971-2000 period). At the same time, the*



presence of a pronounced monsoon trough over northern Australia was accompanied on the other hand by extremely low pressure over the North and Centre of the country, the negative anomaly culminating at over 5 hPa in the Gibson Desert. In Darwin, where the pressure anomaly would be "only" -2.9 hPa, one has to go back as far as 1883 to find a monthly average pressure lower than that of February 2001!

This contrast exacerbated on either part of the South Indian Ocean, had an impact on the cloud activity which while very important in the Australian area was unusually low in the SouthWest Indian Ocean. The resulting period of devoid cyclonic activity between early February and March, although very unusual and atypical, was not unprecedented. Since the beginning of the satellite era (1967), two cyclone seasons had displayed similar features, namely the 1975-1976 cyclone season, devoid of any disturbance between 29th January and 9th March, and the 1982-1983 cyclone season, which ended all of a sudden as early as mid-January and is historically the least active of that whole period.

Finally, one has to stress that the absence of any cyclogenesis and the unusually low level of cloudiness and moisture conditions observed on the basin in that month of February 2001 coincided with the transit over the area of an intra-seasonal inactive phase of a Madden-Julian oscillation whose signature was

exceptionally strong throughout its whole progression towards the east. The preceding active phase whose signature had been nearly as strong, had started over the western part of the basin in January (which had undergone the successive cyclogenesis of Cyclones ANDO, BINDU and CHARLY), the oscillation propagating throughout February to AUSTRALIA and then to the South Pacific. As a result, important disturbed activity picked up in its wake in these areas previously void of any activity (and so, the until then unusually calm cyclone season started very late in the SouthWest Pacific).

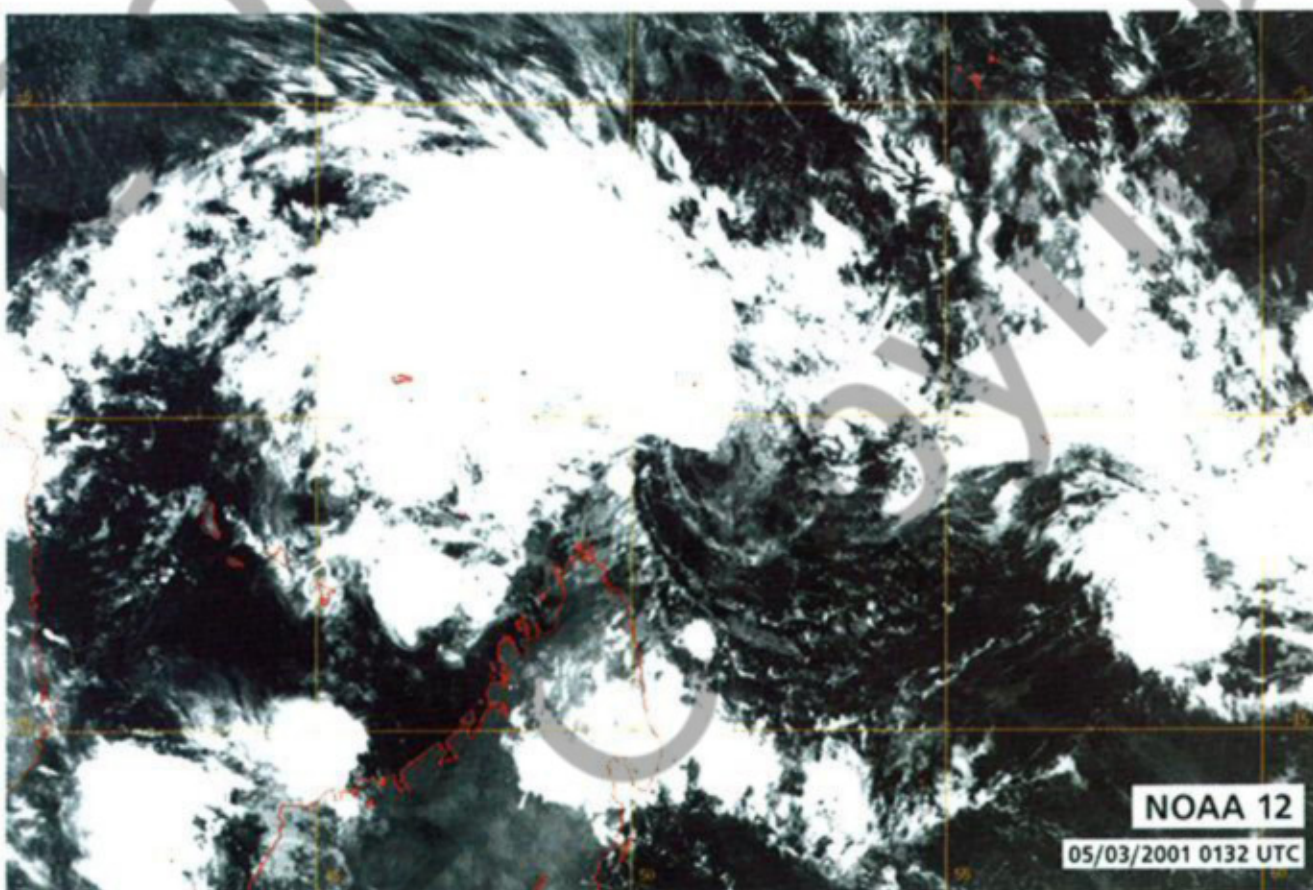
Was it a correspondence or mere coincidence, that is of course the question. The possible impact of intra-seasonal oscillations or waves of different origin involving the area close to the equator (Kelvin and Rossby waves for instance) on cyclogenesis is still a subject for research. It has been recognised that these undulatory phenomena and especially the Madden-Julian oscillation, have significant influence in regulating cloud activity and particularly convective activity in the near-equatorial regions. This has lead some researchers to go as far as saying that these phenomena can modulate the triggering of the cyclone activity. In this case, the concomitance and spatiotemporal correspondence, really in phase, of the cloud and disturbed activity and of the following period of inactivity over the Indian Ocean (and vice-versa on the Pacific side) together with this especially marked

ve qui l'avait précédée, dont le signal avait été presque aussi puissant, avait démarré sur l'Ouest du bassin en janvier (qui avait vu les cyclogenèses successives des cyclones ANDO, BINDU et CHARLY), l'oscillation se propageant ensuite, au cours de ce mois de février, vers l'AUSTRALIE puis le Pacifique Sud, et voyant, dans son sillage, le déclenchement d'une activité perturbée importante dans ces secteurs préalablement exempts de tout système dépressionnaire tropical (la saison cyclonique, jusque-là exceptionnellement calme, débutant ainsi très tardivement dans le Pacifique Sud-Ouest).

Correspondance ou coïncidence, telle est bien sûr la question. L'impact éventuel d'oscillations intra-saisonnières ou d'ondes variées intéressant la zone proche-équatoriale (ondes de Kelvin et de Rossby en particulier) sur la cyclogenèse est encore un sujet de recherche. Il est reconnu que ces phénomènes ondulatoires, et en particulier l'oscillation de Madden-Julian, ont une influence importante dans la régulation de l'activité nuageuse, et plus particulièrement de l'activité convective proche-équatoriale. De là à en déduire qu'elles peuvent moduler le déclenchement de l'activité cyclonique, il y a un pas, que certains dans la communauté scientifique n'hésitent pas à franchir. En l'occurrence, la concomitance et la correspondance spatio-temporelle, réellement en phase, de l'activité nuageuse et perturbée, puis de l'inactivité qui a suivi, sur l'océan Indien (et vice-versa, côté Pacifique), avec cette oscillation de Madden-Julian particulièrement marquée de janvier-février, apporte de l'eau au moulin de ceux qui font l'hypothèse d'un lien de corrélation directe bien réel.

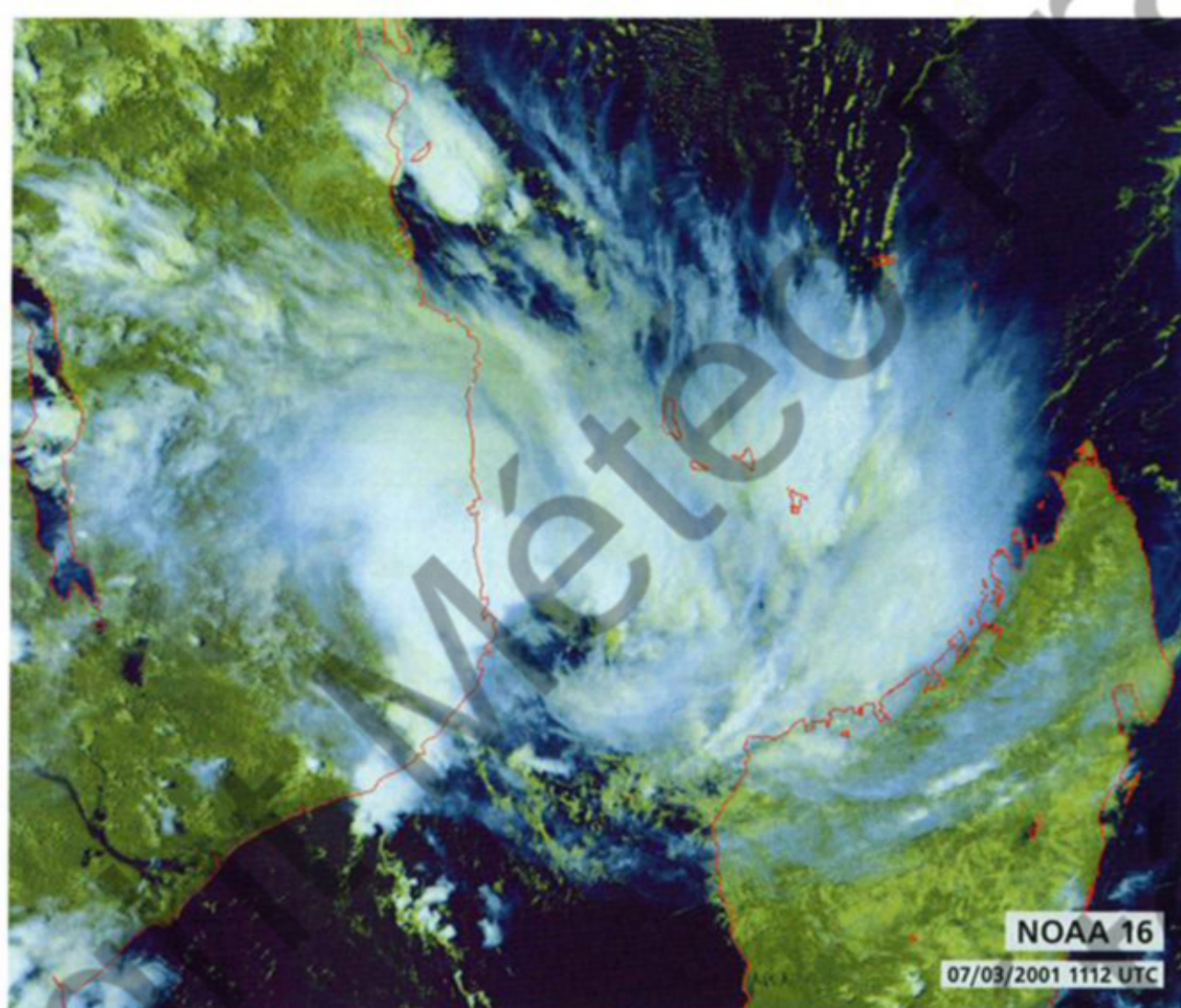
## FORMATION

Survenant après le mois de totale et inhabituelle inactivité cyclonique observé en février, la Zone de Convergence Intertropicale connaît une brusque reprise d'activité convective le 1<sup>er</sup> mars sur la partie ouest du bassin, de DIEGO-GARCIA jusqu'à ALDABRA. De part et d'autre du 10<sup>e</sup> parallèle sud, deux minima dépressionnaires faibles ne tardent pas à apparaître au sein du talweg de mousson,



La perturbation initiale de la future DERA, lors de sa genèse au nord-est de MADAGASCAR. Cisaillé de sud-est, le centre de la circulation dépressionnaire se dévoile clairement en bordure de la convection au sud du petit archipel seychellois des FARQUHAR. Genesis of the initial disturbance of to-become DERA northeast of MADAGASCAR. The southeasterly sheared low level circulation centre distinctly unveiled on the edge of the deep convection affecting the FARQUHAR Archipelago (belonging to SEYCHELLES).





Forte activité convective sur le Nord du canal de MOZAMBIQUE en liaison avec la zone perturbée du futur cyclone DERA. Alors à un stade très faible (pression minimale estimée à 1002 hPa), le minimum dépressionnaire associé se rapproche des côtes mozambicaines, après avoir traversé le Nord du canal depuis l'île de NOSY-BE. La forte activité pluvio-orageuse qui affecte encore l'île de MAYOTTE, s'est accompagnée précédemment de fortes pluies et de violentes rafales de vent, y occasionnant quelques dégâts.

*Strong convective activity in the northern MOZAMBIQUE Channel generated by the zone of disturbed weather of to-become cyclone DERA. Still at quite a weak stage the related low (estimated at 1002 hPa) was approaching the mozambican shoreline after sailing across the northern Channel. Strong thunderstorms were still affecting MAYOTTE Island, the induced strong gusts and heavy rain having already caused some damage there in a flurry of activity.*

décelables à la fois sur l'animation satellitaire et sur les données QuikScat. Celui au sud-ouest de DIEGO-GARCIA avorterait rapidement. Le second connaîtra un destin tout autre, ce minimum dépressionnaire étant amené à devenir le quatrième et dernier cyclone tropical de la saison 2000-2001, mais ce après bien des vicissitudes et des débuts très difficiles.

Après quelques jours sans grande évolution, à mi-chemin entre les SEYCHELLES et le Nord de MADAGASCAR, on peut considérer que la genèse débute réellement le 4 mars, à partir d'un vortex convectif de méso-échelle se dévoilant à l'est du petit archipel des FARQUHAR (centre bien apparent, exposé hors de la convection à quelque 150 km de ces îlots éloignés seychellois). Mais il faudra ensuite attendre cinq jours supplémentaires avant de voir le système prendre réellement son essor. Entre-temps, il lui aura fallu affronter bien des éléments contraires durant les premiers jours de son existence.

Dès sa genèse, il ne bénéficie pas de conditions de développement idéales, puisqu'à mesure de son décalage en direction du sud-ouest, il baigne dans un environnement présentant un cisaillement vertical de vent d'est à sud-est devenant modéré. Une cellule de hauts

géopotentiels centrée sur le Sud-Ouest du canal de MOZAMBIQUE et quasi stationnaire, entretient en effet un courant de secteur sud-est modéré et légèrement diffluent en altitude sur la zone au nord-est de MADAGASCAR. Le centre dépressionnaire demeure ainsi maintenu exposé à faible distance au sud-est de la convection jusqu'en matinée du 5 mars, avant qu'un petit amas de convection ne se développe temporairement au-dessus l'après-midi, permettant un creusement supplémentaire. Mais après cette bouffée de convection temporaire, le centre de la perturbation tropicale réapparaît quelques heures plus tard, derechef entièrement exposé hors de la convection. Ayant accéléré à plus de 15 km/h, il ne se situe plus, en cette fin d'après-midi du 5, qu'à une centaine de km au large des côtes malgaches et pénètre finalement sur terre à une cinquantaine de km au sud-est de Diégo-Suarez, toujours au simple stade de perturbation tropicale, en deuxième partie de nuit du 5 au 6. Evanescents et en bonne partie comblés après sa traversée du Nord de la Grande Ile, le minimum dépressionnaire résiduel ressort en mer à hauteur de l'île de Nosy-Bé, puis entame une traversée du canal de MOZAMBIQUE, simplement décelable sur les observations de surface. Malgré cette faiblesse insignifiante, son passage à une

Madden-Julian oscillation of January-February, brought some food for thought to those assuming a direct connection or correlation.

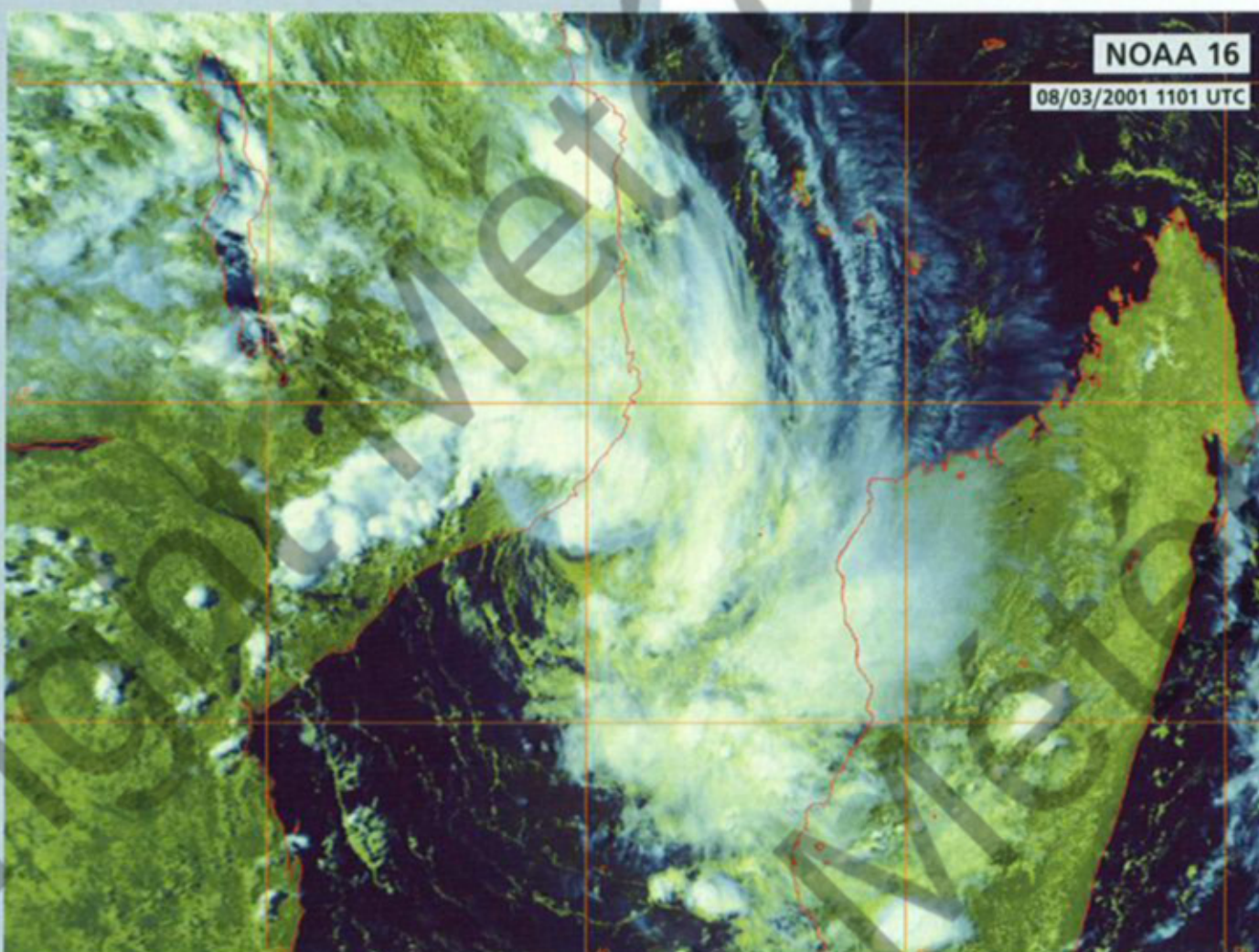
#### FORMATION

Occurring after the whole month of unusual cyclone inactivity observed in February, convective activity abruptly picked up in the vicinity of the Intertropical Convergence Zone on 1st March and on the western part of the basin, from DIEGO-GARCIA to ALDABRA. On either side of latitude 10°S, two weak low centres soon appeared within the monsoon trough, discernible both on satellite animation and QuikScat data. The one southwest of DIEGO-GARCIA soon fizzled out while the second one went through an altogether different fate as this low ended up being the fourth and last tropical cyclone of the 2000-2001 season, after a lot of vicissitudes and hard beginnings though.

After several days of little evolution, mid-way between SEYCHELLES and the North of MADAGASCAR, one could say that the genesis really started off on 4th March, stemming from a meso-scale convective vortex unveiling east of the islets of FARQUHAR (well-defined centre exposed outside the convection some 150 km off the faraway small archipelago belonging to SEYCHELLES). However, another five days elapsed before the system really took off. Meanwhile, it had to face a lot of adverse elements in the first days of its existence.

Already at its origin, it didn't benefit from ideal conditions for development since as it shifted southwestward it was subjected to an easterly to southeasterly vertical wind shear becoming moderate. A high geopotential cell centred on the southwestern MOZAMBIQUE Channel and nearly stationary was indeed fostering a moderate and slightly diffluent southeasterly upper stream on the area northeast of MADAGASCAR. The low level centre thus remained exposed nearby the southeastern border of the convection until the morning of the 5th before a small convective cloud cluster developed temporarily above it in the afternoon allowing some further deepening. But after this temporary blow up, the centre of the tropical disturbance reappeared a few hours later, once again totally exposed outside the convection. Having sped up to 15 km/h, it was only 100 km off the Malagasy coast by the end of the afternoon, and finally went ashore some 50 km southeast of Diego-Suarez, still at the weak stage of tropical disturbance, in the second part of the night on the 6th.





Après avoir effleuré le littoral mozambicain, la perturbation tropicale qui deviendra DERA le lendemain s'éloigne des côtes. Les enroulements de nuages bas, qui se dévoilent partiellement au sud de la petite zone de convection côtière, matérialisent la petite circulation dépressionnaire. Les orages qui se développent sur le MOZAMBIQUE, en marge occidentale de la perturbation, laissent craindre une aggravation de la crue du Zambèze qui sévit alors (voir détails page 8).

*After brushing past the mozambican shoreline, the tropical disturbance which would become DERA on the following day had started to shove off from the coast. The swirl in the low clouds that could be seen partly uncovering south of the small near-coastal cluster of convection portrayed the small low circulation. The thunderstorms which were developing over MOZAMBIQUE on the western side of the disturbance let fear a worsening of the Zambezi's flooding situation that was raging at that time (see details on page 8).*

*Vanishing and mostly filled after its crossing over the North of the Grande Ile, the residual low came out to sea near Nosy-Be Island, and started crossing the MOZAMBIQUE Channel, only discernible on surface observations. Despite this conspicuous weakness, its passage some 100 km south of MAYOTTE Island was strongly felt having indirectly caused important meteorological disorders in the "Scented Island" between the 6th and 7th March.*

*Following the westward motion of the low pressure, the convection present since the beginning in the northwestern sector of the low had actually shifted to the MOZAMBIQUE Channel and expanded at the same time. The related cloud masses were thus covering the whole width of the Channel, from the northwest coast of MADAGASCAR to the African coast. In the monsoon flow made especially active equatorward of the weak clockwise circulation transiting over the northern MOZAMBIQUE Channel, severe stormy and rainy weather affected COMOROS Archipelago and particularly MAYOTTE where it caused heavy rainfall (frequently over 150 mm rainfall amounts were recorded, with 193 mm during the whole episode at the Pamandzi Airport, 152 mm in 24h at Mamoudzou in the main island for instance).*

centaine de km au sud de l'île de MAYOTTE sera sérieusement ressenti, car indirectement à l'origine d'importants désordres d'ordre météorologique sur "l'île aux Parfums", entre les 6 et 7 mars. Suivant la progression vers l'ouest du minimum de basses pressions, la convection présente depuis le début dans le secteur nord-ouest du minimum dépressionnaire, s'est en effet décalée vers le canal de MOZAMBIQUE et a dans le même temps gagné en ampleur. Les masses nuageuses associées occupent ainsi toute la largeur du canal, depuis les abords des côtes nord-ouest de MADAGASCAR jusqu'aux côtes africaines. Dans un flux de mousson rendu particulièrement actif du côté équatorial de la faible circulation dépressionnaire qui transite sur le Nord du canal de MOZAMBIQUE, c'est une forte activité pluvio-orageuse qui affecte l'archipel des COMORES et plus particulièrement l'île de MAYOTTE, y occasionnant de fortes précipitations (fréquemment plus de 150 mm, avec 193 mm sur l'épisode entier à l'aéroport de Pamandzi, 152 mm en 24h à Mamoudzou en Grande Terre, par exemple).

Mais plus que les quantités recueillies, ce sont les intensités pluvieuses générées par les grains orageux (90 mm en 3h à Pamandzi, dont 49 mm en 1h en milieu de journée du 7) ainsi que les violentes rafales de vents qui les accompagnaient (rafale de 101 km/h mesurée en fin de nuit du 5 au 6), qui ont été à l'origine des dégâts et des nombreux désordres observés dans "l'île Hippocampe" (chutes d'arbres, rivières sorties de leur lit, toitures endommagées, maisons inondées, coupures électriques sur une bonne partie de la Grande Terre, cultures et plantations partiellement sinistrées). De telles conséquences pour un phénomène ne revêtant en soi aucun caractère remarquable, ne manquent pas d'inquiéter pour l'avenir et d'obliger à se poser la question de savoir ce qui se passerait si un phénomène mature venait à concerner MAYOTTE (ce qui n'est pas arrivé depuis bien longtemps – depuis KAMISY en avril 1984 et FELIKSA en février 1985)...

Se rapprochant des côtes africaines à près de 20 km/h, le minimum dépressionnaire manque de peu de finir sa course sur les terres mozambicaines, ce qui aurait probablement mis un terme à une existence dès lors synonyme d'oubli et d'anonymat. Mais incurvant vers le sud-ouest, puis le sud, à l'approche des côtes, le minimum évite un atterrissage prématuré et effleure finalement le littoral mozambicain dans la nuit du 7 au 8 mars, rasant la côte à une dizaine de km au large, dans le secteur au nord-est de la ville d'Angoche.

C'est paradoxalement au moment où l'interaction avec les terres devrait le pénaliser, que le système montre ses premiers signes tangibles de réorganisation, après près de 48h de traversée maritime du Nord du canal de MOZAMBIQUE. Le centre dépressionnaire, demeuré très difficile à localiser sur l'imagerie satellitaire durant cet intervalle, reparait du coup à cette occasion, se dévoilant enfin clairement au centre d'un vortex de nuages bas partiellement exposé en bordure d'un amas de convection présent au nord, à cheval sur terre et sur mer de part et d'autre du littoral mozambicain. Cette configuration nuageuse, cisailée de sud, est conforme à la situation d'al-



titude : avec le décalage vers l'ouest de la cellule de hauts géopotentiels précédemment mentionnée (centrée au cœur de l'AFRIQUE Australe désormais), c'est en effet un courant de secteur sud qui règne en altitude au niveau de la perturbation tropicale (fraîchement requalifiée comme telle).

L'activité pluvio-orageuse et le temps perturbé qui intéressent alors les provinces côtières nord du MOZAMBIQUE (province de Nampula en particulier) se propage ensuite plus à l'intérieur des terres, tout en se décalant vers le sud. Bien que plus isolés, les foyers orageux ainsi développés provoquent de fortes ondées qui viennent grossir les cours d'eau environnants, ces affluents de la rive gauche du Zambèze venant ensuite alimenter le grand fleuve austral africain et aggraver la situation d'inondations de grande ampleur qui affecte depuis quelques semaines toute la zone fluviale en aval du barrage de Cabora Bassa (voir détails page 8).

Une petite "bille" de convection profonde s'est formée en fin de nuit du 7 au 8 à proximité nord-ouest du centre dépressionnaire et s'élargit en matinée, sans toutefois excéder les 80 km de diamètre au maximum de son développement, de sorte que le creusement induit au niveau du minimum dépressionnaire demeure d'ampleur limitée (pression centrale estimée à 1000 hPa en fin de matinée du 8). Malgré tout, ce moment marque le vrai point de départ de la cyclogenèse de la future DERA. En fin d'après-midi, le noyau de convection central commence à se développer et le système est classé en dépression tropicale.

Après avoir ralenti à moins de 10 km/h, la perturbation adopte simultanément un cap en direction du sud-sud-est et accélère progressivement ensuite, le long de la bordure occidentale de la dorsale prolongeant la cellule anticyclonique subtropicale centrée au sud des MASCAREIGNES et en direction d'un talweg polaire qui transite au sud du canal de MOZAMBIQUE. La vitesse de déplacement culmine à plus de 25 km/h dans l'après-midi du 9.

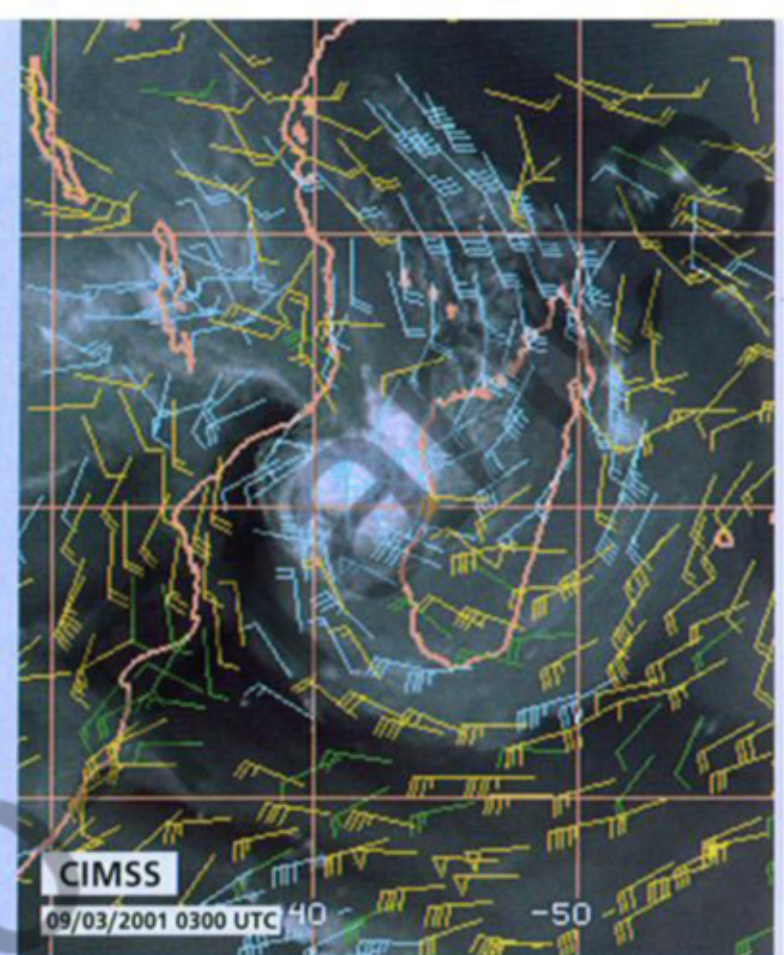
Entre-temps, le système a connu une phase d'intensification extrêmement rapide. En deuxième partie de nuit du 8 au 9, de la convection s'est développée

*However, beside the total amount of rainfall recorded, it was especially the rain intensity generated by thundery squalls (90 mm in 3h at Pamandzi, with 49 mm in 1h in the middle of the day on 7th) together with violent gusts (101 km/h peak gust measured end of night on 6th) which caused the many damages and disorders observed (fallen trees, river floods, damaged roofs, inundated houses, power outages, partially devastated fields and plantations). Such consequences resulting from a phenomenon with such unremarkable features are quite worrying for the future and make one wonder what would actually happen if a mature phenomenon were to concern MAYOTTE (which hasn't been the case for quite a long time – since KAMISY in April 1984 and FELIKSA in February 1985).*

*Bearing towards MOZAMBIQUE at 20 km/h and now closing in on the African coast, the low centre nearly ran aground on the Mozambican land, which would probably have put an end to a soon forgotten and anonymous life-cycle. However as it recurved southwestward and then southward while approaching the coasts, the low centre avoided a premature landfall and finally brushed against the Mozambican shoreline in the night of 7 March, grazing the coast some 10 km offshore in the northeastern sector of Angoche town.*

*Paradoxically, it was at the time when land interaction should have exerted detrimental influence that the system actually started to get reorganised after a 48-hour ocean crossing of the northern MOZAMBIQUE Channel. The low centre which had been very hard to pinpoint on the satellite picture during that interval, reappeared on that occasion revealing at last clearly in the middle of a vortex of low cloud partially exposed on the edge of a convection mass to the north which was straddling land and sea on either side of the Mozambican coast. This southerly sheared cloud configuration corresponded to the upper level situation : with the westward shift of the high geopotential cell previously mentioned (from now on centred in the heart of Southern Africa), it was indeed a southerly flow that prevailed aloft in the environment of the tropical disturbance (recently reclassified as such).*

*The rainy and stormy disturbed weather affecting the coastal provinces of northern MOZAMBIQUE (namely the province of Nampula) spread more inland while shifting southwardly. While more scattered, the related thunderstorms brought heavy showers which*



Sur cette image vapeur d'eau Météosat 5, les vents satellite dérivés permettent de bien appréhender la situation qui prévalait en altitude au moment où l'intensification explosive de DERA a commencé. Le flux sortant d'altitude s'organise suivant une très efficace circulation anticyclonique dans le secteur est du système, ce canal d'évacuation étant dopé dans sa partie initiale par la présence d'un talweg à proximité sud-ouest du météore (données fournies par le CIMSS de l'université de Madison).

On this Meteosat 5 water vapour imagery the derived winds clearly highlight the existing upper situation that allowed the explosive deepening of DERA. The storm's outflow got organized into a very efficient anticlockwise circulation in the eastern sector of the cloud system, the outflow channel being boosted in its initial part by the presence of a neighbouring trough located to the southwest of the meteor (data provided by the CIMSS of the Madison University).

*swelled the surrounding streams. As a result, the affluents of the left bank of the Zambezi in turn swelled this large African river, which worsened the flooding situation which had been affecting the whole fluvial area for several weeks downstream from the Cabora Bassa dam (see details on page 8).*

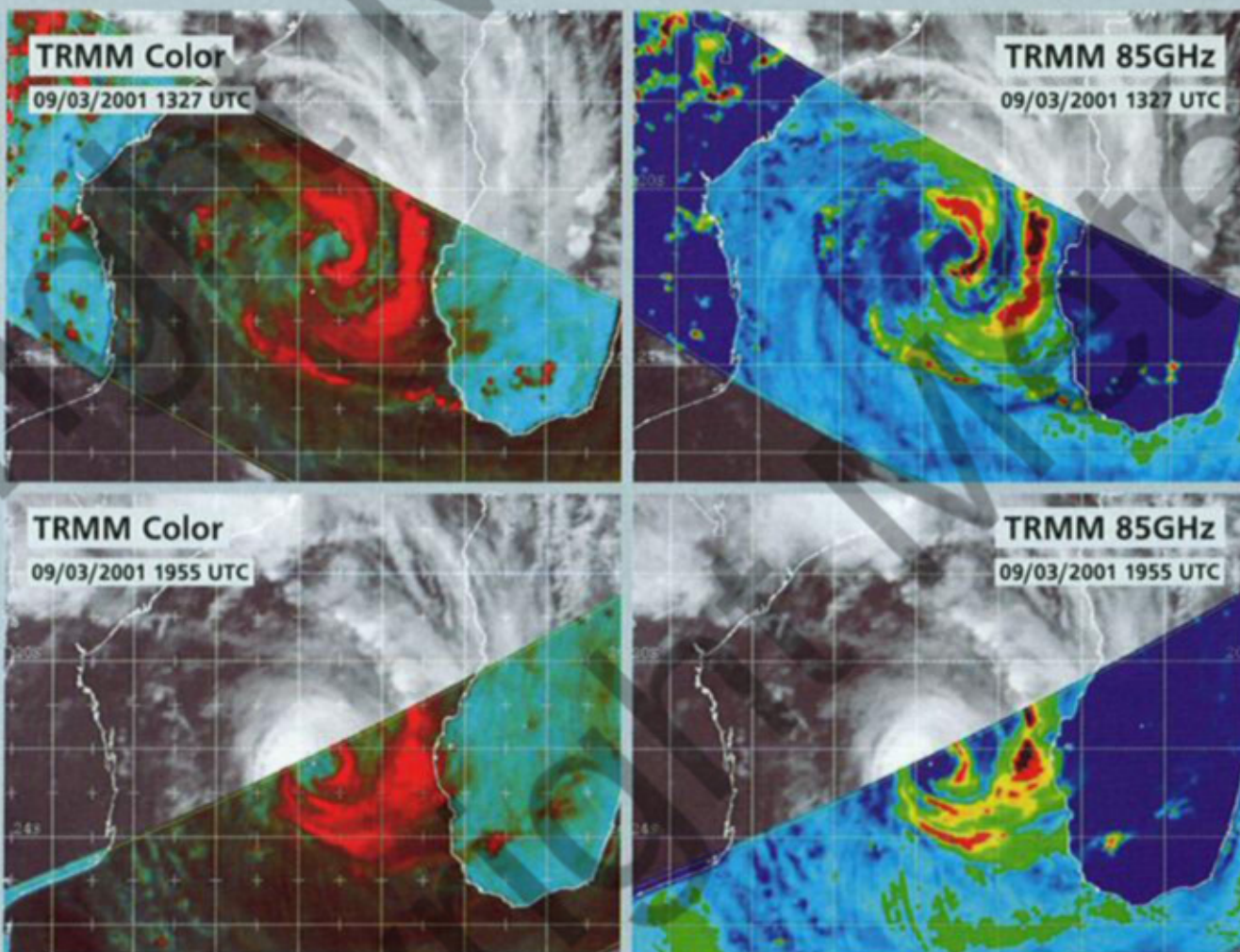
*A small nucleus of deep convection had popped at the end of the night of the 7th near and to the northwest of the low level circulation centre and expanded during the morning of the 8th without exceeding 80 km in diameter though, so that the induced deepening of the low remained limited (central pressure estimated to be 1000 hPa in the late morning of the 8th). Nonetheless, this moment could be deemed as the starting point of the true cyclogenesis of to-be DERA. At the end of the afternoon, the central core of convection started to develop and the system was upgraded as a tropical depression.*

*After slowing down to less than 10 km/h, the system simultaneously took on a more south-southeastward trajectory and slowly picked up some speed along the western boundary of the ridge extending from the subtropical anticyclone centred south of the MASCARENES, while heading for a mid-latitude trough transiting south of the MOZAMBIQUE Channel. The top speed of movement was over 25 km/h in the afternoon of the 9th.*



In the meantime, the system had gone through a very fast intensification phase. In the second part of the night on the 8th, convection had strongly developed near the low centre and even more in the eastern semi-circle fed by the monsoon flow. At the end of the night, the threshold of moderate tropical storm was crossed but DERA was only named by the

Meteorological Services of MADAGASCAR in the middle of the day on the 9th, while the system had already begun to deepen drastically. The cloud system organisation was rapid and spectacular with an embryonic eye yet forming in the early morning of 9 March. Gaining an extra point on the Dvorak scale in less than 6h, the intensification rate broke Dvorak constraints.



Sur ces deux orbites consécutives TRMM, on assiste aux prémices de la constitution de l'œil de DERA, via un œil en bande s'enroulant et se refermant progressivement sur lui-même. Sur la deuxième orbite, on devine, au cœur de la zone centrale dénuée de précipitations matérialisant la zone de calme de l'œil en formation (d'environ 65 km de diamètre), l'île d'EUROPA (point blanc). Le minimum de pression est passé environ une demi-heure plus tôt au plus près.

Sur le graphe ci-dessous figurent les courbes de pression, de vent (direction et forces) enregistrées à la station Météo-France d'EUROPA à l'occasion du passage de DERA, alors en phase d'intensification et sur le point d'atteindre le seuil du stade de cyclone tropical. Noter la présence du petit maximum secondaire de vent observé peu avant le minimum de pression et survenu très probablement au moment où l'extrémité de la bande en cours d'enroulement a effleuré l'île (le maximum absolu de vent étant intervenu préalablement, au niveau de la partie sud avant de l'œil en bande).

On these two consecutive TRMM passes, the formative stage of DERA's eyewall is depicted (through an increasingly coiling and closing banding eye). On the second orbit, one can guess the location of EUROPA Island, white-spotted within the central area devoid of rain (associated to the quiet core of the building eye). This image was acquired about half an hour after the minimum of pressure being recorded at EUROPA.

The diagram below displays the wind and pressure profiles recorded at the Météo-France synoptic station based on EUROPA during DERA's event, while the storm was intensifying and on the verge of crossing the threshold of tropical cyclone stage. You can notice the presence of the weak secondary peak of winds observed shortly prior to the minimum of pressure: this happened when the extreme inner part of the coiling banding eye grazed the island in the wake of the absolute maximum of gusting wind that had occurred a short while earlier under the southern main part of the banding eye.



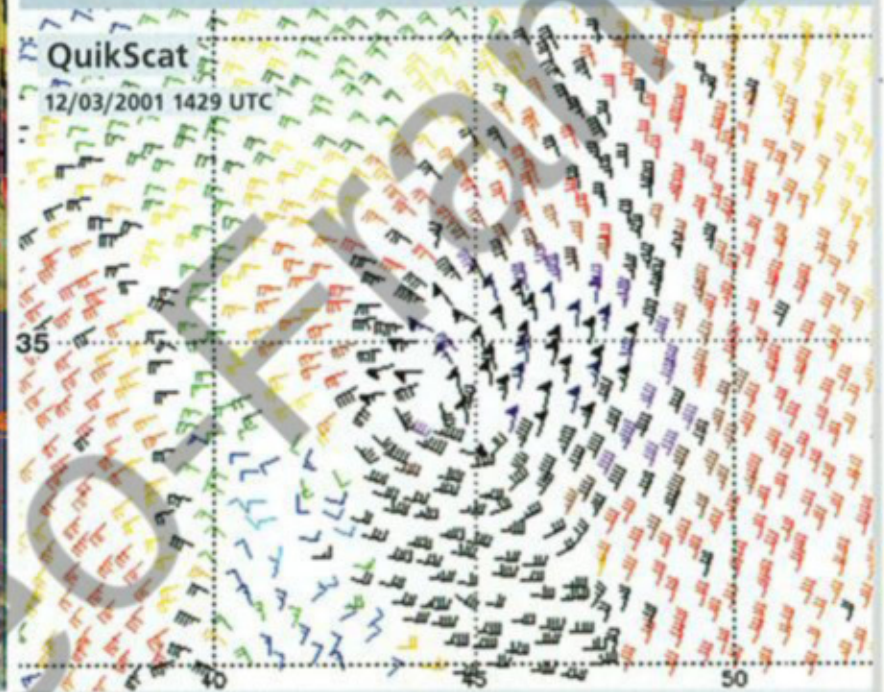
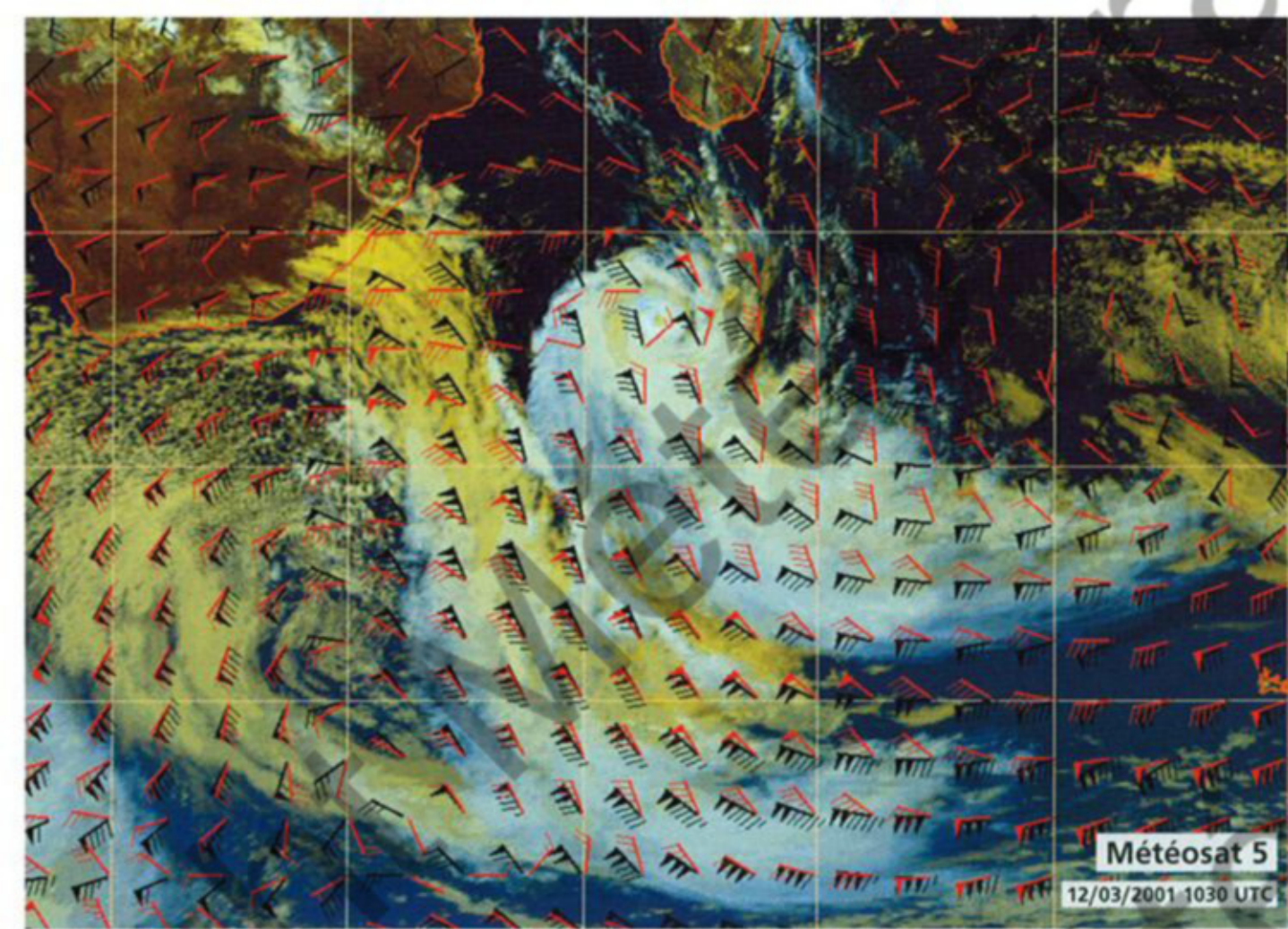
puissamment à proximité du centre de la dépression et surtout dans son demi-cercle est, dans l'alimentation de mousson. En fin de nuit, le seuil de la tempête tropicale modérée est franchi, mais le baptême de DERA par le Service de la Météorologie de MADAGASCAR n'interviendra qu'en milieu de journée du 9, alors que le système dépressionnaire a déjà commencé de se creuser fortement. L'organisation des masses nuageuses est rapide et spectaculaire, avec la formation d'un embryon d'œil dès le courant de matinée de ce 9 mars. Avec un bond d'un point sur l'échelle de Dvorak en moins de 6h de temps, le taux d'intensification excède largement les limites autorisées par Dvorak.

Outre le potentiel énergétique quasiment illimité fourni par les eaux très chaudes du canal de MOZAMBIQUE, l'origine de cette intensification hors norme est probablement à rechercher dans la situation d'altitude. Ce creusement brutal s'opère, en effet, en conjonction avec une divergence rendue très favorable à ce niveau par le développement d'un lobe anticyclonique secondaire en phase au-dessus du système, avec organisation induite d'un puissant flux anticyclonique dans le demi-cercle est de la tempête, ce canal d'évacuation du flux sortant d'altitude étant dopé, dans sa portion initiale, par la présence au sud-ouest de DERA d'un talweg d'altitude.

L'intensification se poursuit ensuite, mais à un rythme très sensiblement atténué et redevenu normal à compter de la fin d'après-midi. Mais le plus intéressant est encore à venir, puisque l'intensité estimée de DERA va pouvoir être validée assez précisément par l'observation de l'île d'EUROPA en cours de nuit suivante. La trajectoire de DERA s'est, en effet, infléchié quasiment plein sud dans l'après-midi du 9 (sa vitesse de déplacement fléchissant dans le même temps à 15/20 km/h) et le centre du météore passe du coup à proximité immédiate d'EUROPA en milieu de nuit du 9 au 10 mars (à une vingtaine de km environ à l'est de l'île).

A l'œil déchiqueté présent l'après-midi sur l'imagerie visible, correspond sur l'imagerie micro-onde un œil en bande, dont deux orbites consécutives TRMM permettent de mieux appréhender l'or-





ganisation et la structure, avec un degré d'enroulement allant crescendo et confirmant ainsi l'intensification toujours en cours du système. Le centre de DERA est quasiment au plus près d'EUROPA au moment de la deuxième orbite (de 1955 UTC).

Dans la zone de calme de l'œil en formation, les vents sont alors faibles (10 à 20 nœuds de vents moyens durant environ deux heures). Le minimum de pression a été enregistré une demi-heure auparavant, avec 974,9 hPa (pression mer corrigée de la marée barométrique). Compte tenu des gradients de pression observés durant la période où EUROPA se trouvait au sein de l'œil en formation et de la distance estimée de séparation entre le lieu du minimum de pression et la station Météo-France basée sur l'île, la pression centrale pouvait alors être estimée, à 1 ou 2 hPa près, à 972 hPa. Il est à noter que cette valeur était en étonnante conformité avec la valeur estimée peu auparavant (à 1611 utc) à partir des données AMSU par l'algorithme du CIMSS de l'université de Madison (972 hPa également - Kurt Brueske, communication personnelle).

Deux maxima de vents ont été observés, chaque pic de vent (de la force de la tempête) survenant au moment où la bande du mur de l'œil en formation a traversé l'île. Le maximum absolu de rafale a été enregistré au moment du premier passage (celui de la partie sud de la bande entourant l'œil), avec 155 km/h (43 m/s, 84 nœuds), le vent moyen sur 10 mn le plus fort étant observé lui à l'occasion du passage de la partie arrière du mur de l'œil en formation, avec

101 km/h (38 m/s, 54 nœuds). Mais EUROPA ayant été concernée par le demi-cercle maniable de la perturbation, on peut, avec un très bon degré de confiance, estimer que les vents les plus forts associés atteignaient au moins les 60 nœuds dans la partie est de la bande, et donc que l'intensité de DERA se situait à ce moment-là au stade supérieur de la forte tempête tropicale, en parfaite cohérence avec l'intensité Dvorak analysée de 4.0 +/4.5-. Considérant en outre que la correspondance pression-vents utilisée dans le bassin donnait une valeur théorique de 973 ou 972 hPa pour le minimum de pression associé, on peut dire que le passage de DERA à proximité d'EUROPA constitue un cas d'école où l'analyse de l'intensité Dvorak et l'échelle vents-pression correspondante fonctionnaient de manière quasi parfaite et ont pu être validées par une observation synoptique (ce qui n'est pas si fréquent). Enfin, signalons que les précipitations recueillies à EUROPA ont été limitées : 73 mm en 12h, dont 52 mm en 3h durant la phase d'approche de la partie avant de l'œil en bande.

Dans la foulée de son passage au plus près d'EUROPA, DERA franchit le seuil de cyclone tropical. Mais au matin du 10 mars, son intensité se stabilise, le météore présentant toujours une structure d'œil en bande sur l'imagerie visible de l'après-midi (et un œil déchiqueté en infrarouge). La configuration synoptique de l'environnement est demeurée quasiment inchangée depuis la veille et DERA poursuit sa course en direction générale du sud, longeant le 40° méridien

DERA : un bel exemple de "capture" extratropicale. Au moment de cette image, acquise alors que l'œil encore visible du cyclone DERA se rapproche du 35° parallèle sud, le météore plonge à plus de 60 km/h vers les latitudes sud. Emporté à vitesse accélérée vers le domaine extratropical, par le courant de nord-nord-ouest qui circule à l'avant du vaste talweg associé au front froid qui transite au sud de l'AFRIQUE, le cyclone est "capturé" au sein d'un flux encore relativement homogène sur l'épaisseur de la troposphère et donc peu cisailé. Mais l'écart grandissant entre les vents d'altitude (à 200 hPa - en noir) et les vents en basses couches (à 850 hPa - en rouge) au sud de 35°Sud, annonce le cisaillement imminent de DERA.

**DERA : a nice example of extratropical "capture".** At the time of this picture, acquired while the still distinct eye of DERA was approaching latitude 35° South, the meteor was rushing at more than 60 km/h towards the southern latitudes. Being caught by the north-northwesterly stream flowing ahead of the cold front which was transiting to the south of AFRICA, the cyclone was "captured" within a still weak-sheared environment, with fairly homogeneous flow across the troposphere. But the increasing difference south of 35°S between the upper winds (at 200 hPa - in black) and the low level winds (at 850 hPa - in red) ushered the impending shearing of DERA.

Beside the virtually unlimited heat content supplied by the warm waters of the MOZAMBIQUE Channel, this exceptional rate of intensification probably originated from the upper level situation. Indeed, the observed dramatic deepening occurred together with an upper divergence which had improved greatly thanks to the development of a secondary high cell above the system, with induced organisation of a powerful anticyclonic flow over the eastern semi-circle of the storm, this outflow channel being boosted in its initial part by the presence of an upper trough southwest of DERA.

The system went on intensifying, but at a much lower rate (came back to normal by the end of the afternoon). However, the most interesting part was yet to come since DERA's estimated intensity would be validated rather accurately by the observation of EUROPA Island in the middle of the night of the 9th. As a result of DERA's track heading almost due south since the afternoon of the 9th (the corresponding motion slowing down to 15/20 km/h) the centre of the meteor did indeed come very close to EUROPA, passing about 20 km off the east.

The ragged eye displayed on the visible imagery of the afternoon showed as a banding eye on the



microwave imagery. Two consecutive TRMM swaths allowed to better analyse the organisation and structure of the system with an increasing amount of the banding eye encircling the centre and thus confirming the ongoing intensification of the system. DERA's centre was almost to its closest point to EUROPA at the time of the second swath (1955 UTC).

Within the area of lull inside the forming eye, winds were weak at the time (10 to 20 knots average winds during two hours at EUROPA). The pressure minimum had been recorded half an hour before with 974.9 hPa (sea level pressure corrected of barometric tide). Given the pressure gradients observed at the time EUROPA was standing within the building eye and considering the estimated distance between the location of the low centre and the island-based Météo-France Station, the central pressure could be assessed to be more or less 972 hPa (with a mere

dien Est, sa trajectoire devenant toutefois moins régulière à compter de l'après-midi du 10.

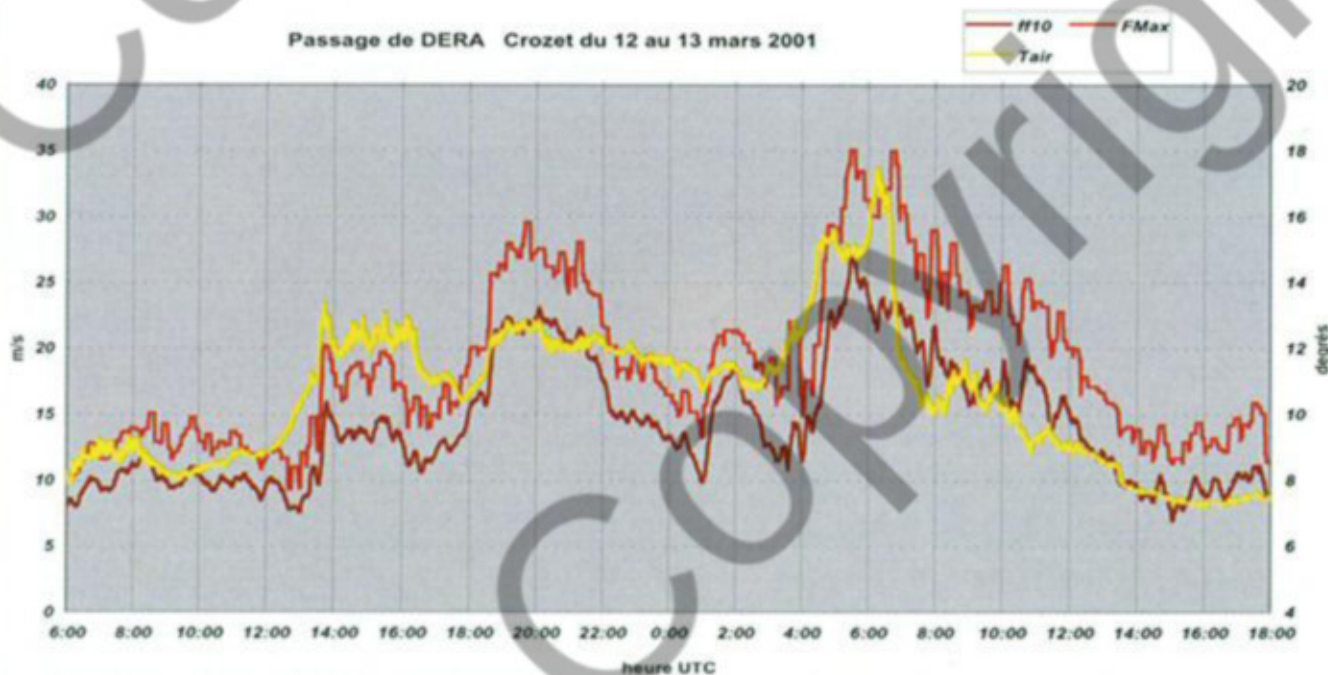
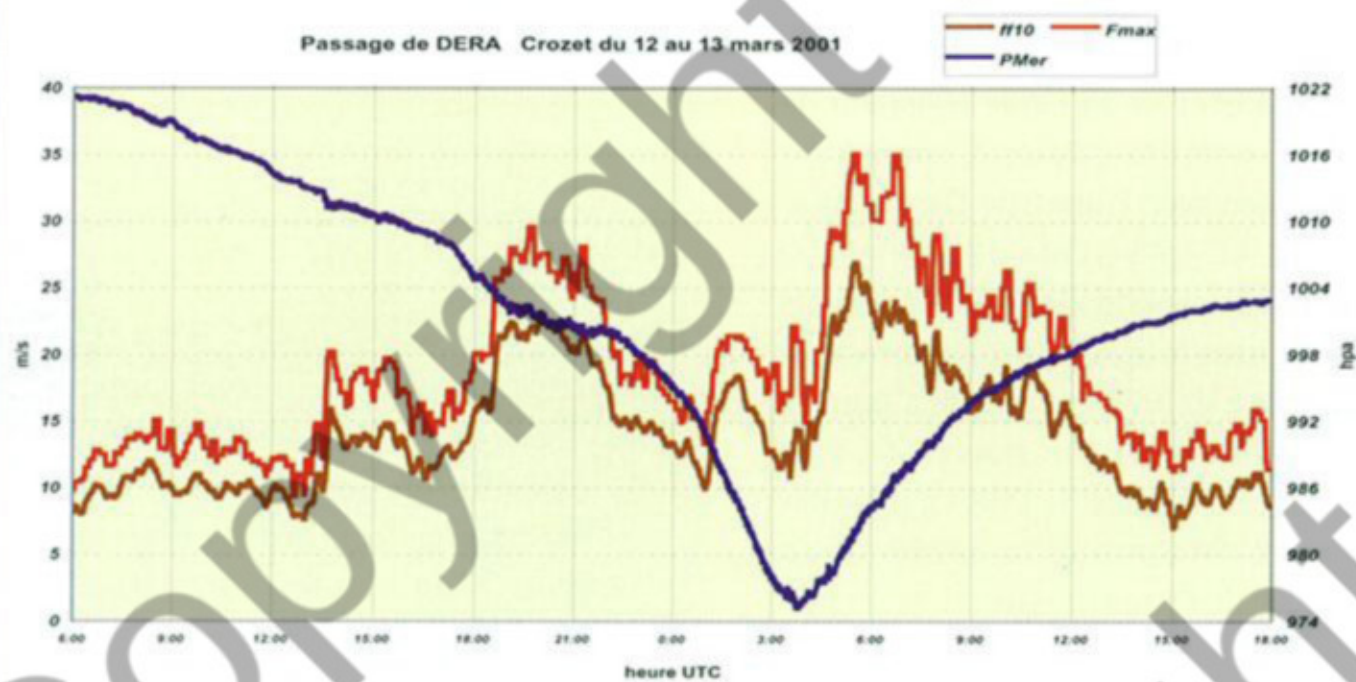
En fin de journée, un léger supplément d'organisation est observé, avec une vraie structure à œil classique, à la fois sur l'imagerie visible et sur l'imagerie micro-onde SSMI. Mais un début de déstructuration intervient en fin de nuit suivante et début de journée du 11 mars. L'œil perd en définition sur l'imagerie classique, tandis que le mur de l'œil apparaît érodé sur l'imagerie micro-onde. Cette velléité de début d'affaiblissement, probablement due à un renforcement temporaire du cisaillement vertical de vent en marge du talweg d'altitude présent au sud-ouest, n'est toutefois que transitoire et, dès la mi-journée, l'œil se reconstitue, devenant encore mieux défi-

ni et davantage noyé au sein de la convection que précédemment. Ce regain d'organisation permet finalement à DERA d'atteindre son maximum d'intensité en première partie de nuit du 11 au 12. C'est alors un cyclone tropical mature, présentant un mur de l'œil bien constitué entourant un œil d'une quarantaine de km de diamètre. Les vents maximaux sont estimés atteindre les 150 km/h en vents moyens sur 10 mn et les 210 km/h en rafales.

DERA va se maintenir peu ou prou à cette intensité jusque dans l'après-midi du 12 mars, conservant une structure presque intacte et ses caractéristiques tropicales jusqu'à une latitude inhabituellement élevée pour le bassin (l'œil ne disparaissant qu'au sud de 35°Sud). Le météore bénéficie en l'occurrence, à la fois des eaux chaudes du Sud du canal de MOZAMBIQUE (les températures de la mer étant alors à leur niveau le plus élevé de l'année, avec 25°C à 33°Sud) et d'un environnement, d'altitude en particulier, si ce n'est favorable, du moins encore peu défavorable.

Car le cyclone s'est intégré en "douceur" dans le domaine extratropical. Désormais aspiré vers les latitudes sud à l'avant d'un profond talweg polaire qui transite au sud de l'AFRIQUE, DERA n'a pas subi de plein fouet, comme c'est souvent le cas pour les systèmes dépressionnaires tropicaux du bassin, l'impact du courant perturbé d'ouest d'altitude. Baignant dans un flux unidirectionnel de nord-ouest relativement homogène suivant la verticale, le cyclone n'a pas été confronté d'emblée à une ventilation excessive, le cisaillement vertical de vent demeurant très modéré jusqu'aux abords du 35° parallèle sud.

Ce phénomène de "capture" extratropicale à l'avant d'un talweg des moyennes latitudes, s'accompagne d'une accélération remarquable dans le déplacement de la perturbation, le flux directeur demeurant, en l'absence de cisaillement, établi en moyenne troposphère. C'est ainsi qu'après avoir incurvé en direction du sud-sud-est à l'approche du 30° parallèle sud, DERA a vu sa vitesse de déplacement passer de 15 à 30 km/h entre la fin de journée du 11 et le milieu de nuit suivant, puis doubler encore au cours des 12 heures suivantes, pour

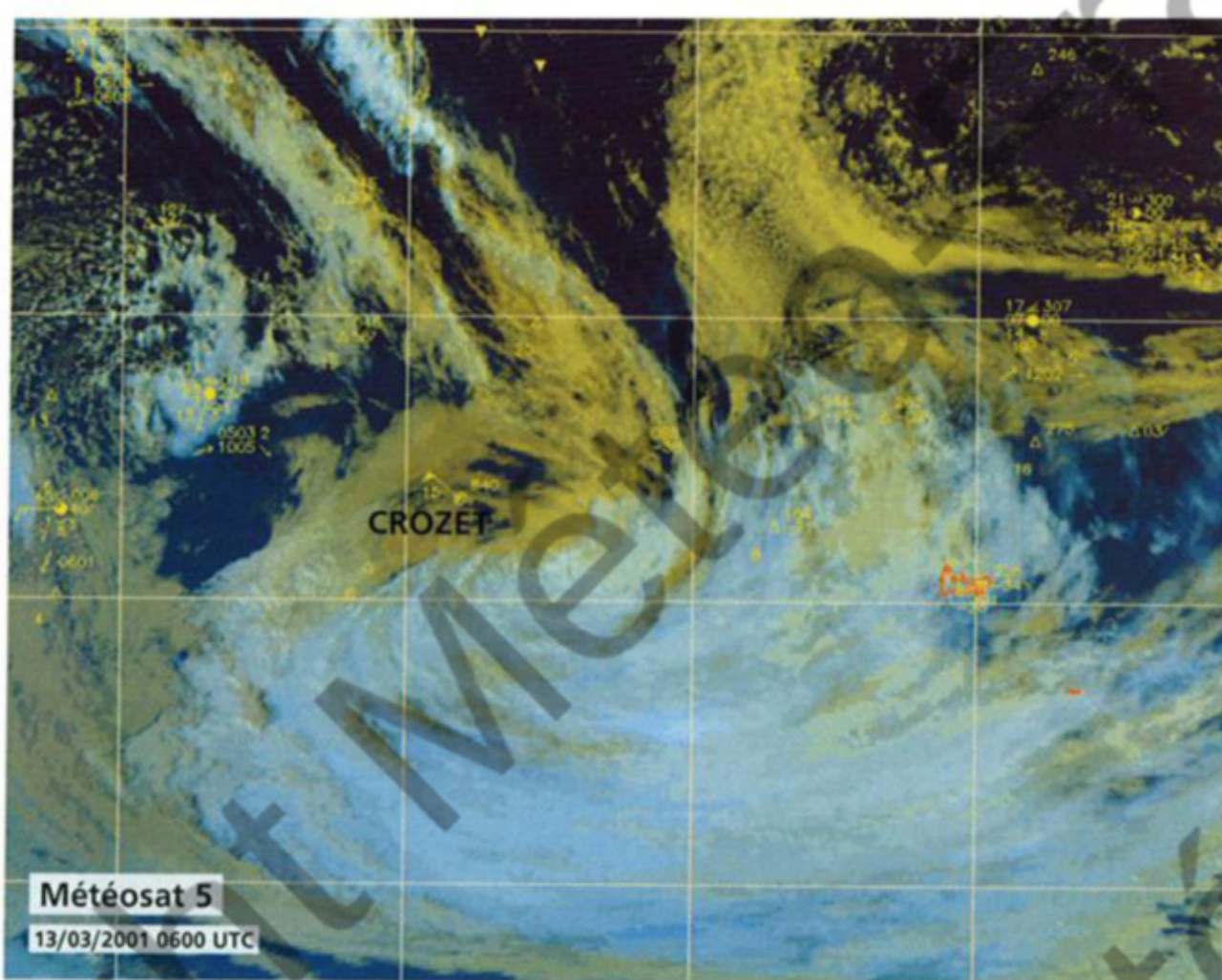


Graphes des évolutions temporelles de la pression (Pmer), du vent (moyen sur 10 mn et maxi instantané), ainsi que de la température, à CROZET lors du passage de l'ex-DERA.

Sur le graphe comparé de la température et du vent, noter la hausse, aussi spectaculaire que temporaire, de température (environ 7°C) qui a accompagné le maximum de vent, laissant supposer qu'un résidu de cœur chaud était encore présent (au sud de 45°S) et que le système dépressionnaire n'avait pas encore achevé sa phase de transition extratropicale.

*Time-evolutions of sea level pressure, wind (10-min average and gusts) and temperature recorded at CROZET during DERA's event. On the wind and temperature diagram, you can see the spectacular and transient temperature rise (about 7°C) that occurred at the time of the maximum wind, letting suppose that a residual low level warm core was still present (south of 45°S) and that the depression had not yet completed extratropical transition.*





Météosat 5

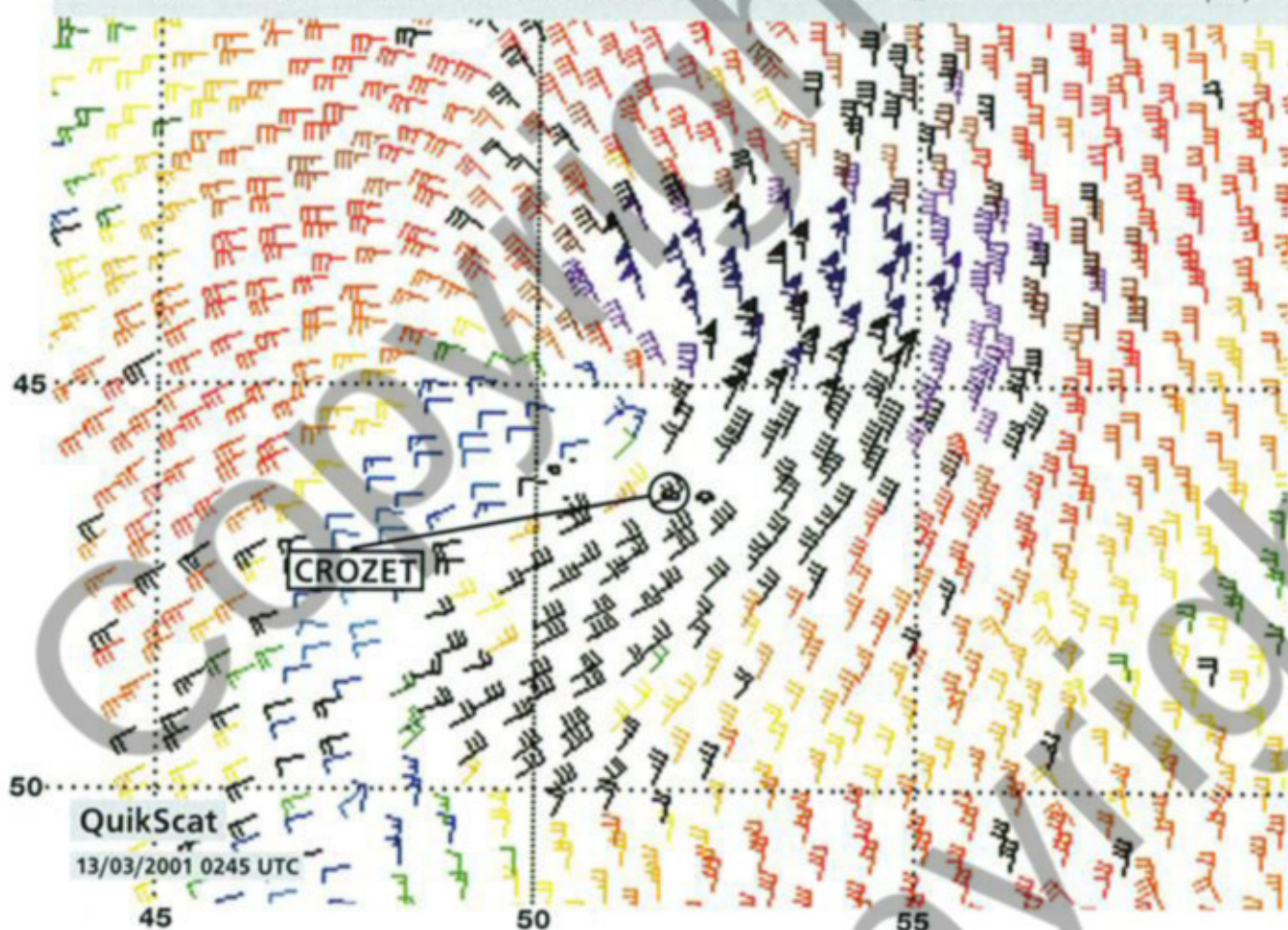
13/03/2001 0600 UTC

Sur cette image, acquise peu après le passage au plus près de CROZET et à laquelle ont été superposées les observations de surface, l'ex-DERA présente la configuration nuageuse d'un système encore en transition extratropicale, phase de mutation complexe le faisant passer de la structure à cœur chaud du cyclone qu'il présentait la veille (voir image page 51), à une structure classique à cœur froid de perturbation des moyennes latitudes.

Noter la présence de la bande nuageuse résiduelle du front froid vers lequel DERA convergeait la veille et le fort gradient de pression régnant entre CROZET et la bouée située plus à l'est, des vents de la force ouragan régnant encore dans cette zone de fort gradient. CROZET a échappé de peu à cette zone de vents forts au cours des heures précédentes (voir, ci-dessous, les vents dérivés de l'orbite QuikScat de 0245 utc).

On this picture, superimposed to surface observations and acquired shortly after the nearest passage to CROZET Island, ex-DERA displayed a cloud configuration with the pattern of a system still undergoing extratropical transition (a complex structure change from the warm core structure the cyclone still exhibited on the previous day - see image on page 51 - into a classical cold core mid-latitude low).

You can notice the presence of the cloud band of the residual cold front towards which DERA was tracking the day before and the strong pressure gradient existing between CROZET and the drifting buoy to the east. During the previous hours, CROZET avoided only just the hurricane force winds that were blowing within this area of strong gradient (see below the winds retrieved from the 0245 utc QuikScat pass).



atteindre les 60 km/h à la mi-journée du 12, alors que le météore présente encore une structure à œil à cette heure. Ce n'est qu'en fin d'après-midi que les premiers signes de cisaillement se manifestent, alors que le centre du cyclone se situe à moins de 600 km du front froid vers lequel il converge. DERA pénètre dans le même temps sur des eaux dont les températures de surface sont en baisse rapide (chutant de 20°C à environ 10°C entre 40 et 45°Sud). La transition

extratropicale débute brutalement. DERA se métamorphose rapidement, évoluant en l'espace de quelques heures vers une configuration de type extratropical, que ce soit au niveau de la structure nuageuse ou du champ de vent.

Son déplacement, toujours quasi rectiligne en direction du sud-sud-est, connaît une nouvelle accélération brutale en milieu de nuit du 12 au 13. Filant ainsi à la vitesse étonnante de plus de 65 nœuds (soit plus de 120 km/h !), le

one or two hPa uncertainty). One should emphasise that this value astonishingly evenly matched the estimated value derived a short while before (at 1611 utc) from the AMSU data by the CIMSS algorithm of the University of Madison (also 972 hPa - private communication with Kurt Bueske).

Two wind maxima were observed at EUROPA, each wind peak (of storm force) occurring when the banding eyewall of the forming eye crossed over the island. Absolute peak gust was recorded at the time of the first passage (that of the southern part of the banding eye) at 155 km/h (43m/s, 84 knots), while the highest 10-min average wind of 101 km/h (38m/s, 54 knots) was observed at the time the rear part of the building eyewall passed over the station. However, since EUROPA had been concerned by the navigable semi-circle of the storm, one can confidently estimate that the strongest related winds reached at least 60 knots in the eastern part of the band, and therefore that DERA's intensity was at the higher stage of severe tropical storm, which corroborates the corresponding Dvorak intensity analysis of 4.0 +/4.5-.

Moreover, if we consider that the pressure-wind relationship used in the basin gave a theoretical value of 973 or 972 hPa for the related central pressure, we can say that DERA's passage in the vicinity of EUROPA represents a textbook case where Dvorak intensity analysis and the corresponding wind-pressure scale worked nearly perfectly well and could be thereafter validated by a synoptic observation (which is quite infrequent). Finally, let's mention that there was limited rainfall recorded in EUROPA: 73 mm in 12h, including 52 mm in 3h during the approaching phase of the front part of the banding eye.

Straight after its closest passage to EUROPA, DERA crossed the threshold of tropical cyclone. But in the morning of 10 March, its intensity stabilised, the meteor still displaying a banding eye feature on the visible imagery of the afternoon (and a ragged eye on infrared). The synoptic configuration of the environment had remained nearly unchanged since the previous night, and DERA kept on travelling due south along longitude 40°East, its track becoming less regular though from the afternoon of the 10th. At the end of the day, the cloud organisation displayed slight improvement, with a real classic eye pattern both on the visible picture and SSMI microwave imagery. However, this was short-lived since the system started to decay somewhat at the end of the following night and in the early day of 11 March. The eye looked less well-defined



on the classic imagery, and on the microwave imagery the eyewall became eroded. This vague impulse of early weakening, which was ascribed to a temporary inroad of increased vertical windshear on the boundary of the upper trough present in the southwest, was only transitory and from the middle of the day the eye rebuilt and became better defined and more embedded than before within the convection.

This reactivation allowed DERA to finally reach its maximum of intensity in the first part of the night of the 11th. By then, it was a mature tropical cyclone displaying an eyewall of solid convection encircling an eye of about 40 km in diameter. Maximum winds were estimated to reach 150 km/h in 10-min average and 210 km/h in gusts.

DERA's intensity remained more or less such until the afternoon of 12 March, keeping a nearly intact structure and its tropical nature up to an unusually high latitude for the basin (the eye only disappeared in the south of 35°South). The meteor benefited from both the warm waters of the South MOZAMBIQUE Channel (sea surface temperatures were then at their highest level in the year, with 25°C at 33°South) and from a delayed unfavourable upper environment.

The cyclone had actually entered "gently" into the extratropical domain. Running towards the southern latitudes ahead of a deep polar trough transiting south of AFRICA, DERA was not hit headlong by the mid-latitudes westerlies, as is often the case for tropical cyclones in the basin. Embedded in a northwesterly unidirectional flow which was relatively homogeneous across the troposphere, the cyclone was not immediately faced with excessive ventilation as the vertical windshear remained very mild as far as latitude 35°South.

This phenomenon of extratropical "capture" by of a mid-latitude trough came together with a remarkable acceleration of the system, the steering flow keeping settled in the middle troposphere due to the lack of shearing. After recurving towards the south-southeast as it was drawing near latitude 30°South, DERA sped up from 15 km/h to 30 km/h between the early evening of the 11th and the middle of the following night, and doubled up its speed again throughout the next 12h to finally reach 60 km/h by the middle of the day of the 12th, while the meteor was still displaying an eye at the time. It was only in the late afternoon that the first shearing signs manifested when the cyclone centre was less than 600 km away from the cold front towards which it was

converging. At the same time, DERA underwent a rapid temperature drop of the underlying ocean (SST down from 20°C to about 10°C between 40°S and 45°S). The extratropical transition initiated abruptly. DERA changed structure swiftly converting in just a few hours into an extratropical-like system as regards the cloud structure and wind field.

Its almost rectilinear south-southeastward motion went through another sudden acceleration in the middle of the night of the 12th. Racing off at an amazing speed of over 65 knots (i.e. over 120 km/h!), the still deep low centre passed close to the west of the Island of CROZET in the morning of the 13th. The sea level pressure read by the Meteo-France automatic weather station dropped to 975 hPa (47 hPa drop in 24h), while storm force winds were recorded thereupon (maximum gusts close to 130 km/h, 35m/s). However, the island experienced the quietest area of lull present around the low centre and thus avoided the most violent winds of the eastern part of the clockwise circulation where hurricane force winds were still blowing.

Worth of note, ex-DERA, which was starting a second life-cycle as a mid and high latitudes disturbance and would soon display the classic shape of a frontal system, still presented some features of its initial tropical structure in the early day of 13 March, with the persistence of a residual warm core in the lower layers, as testified by the heat wave felt in CROZET 2h after the pressure minimum, with a spectacular temperature rise of nearly 7°C observed. This warm "bubble" then evacuated more rapidly than it came with an evenly immediate temperature drop occurring within one hour!

While ANDO shall be the most memorable cyclone of the 2000-2001 season, DERA was probably the most interesting system though. While presenting a lot of similarities with cyclone JOSIE of February 1997, it displayed a wider range of unusual features. Its explosive deepening over the central MOZAMBIQUE Channel (from the tropical depression stage to the tropical cyclone stage within 24h), its tropical structure maintaining at unusual southerly latitudes together with the nice example of extratropical capture by a polar trough it provided, were as many top pedagogical elements, especially since precious observations on the "ground-truth" of the phenomenon could be gleaned on its passage.

centre dépressionnaire, encore très creux, passe au matin du 13 mars à faible distance à l'ouest de l'île australe de CROZET. La pression mer relevée par la station automatique de Météo-France installée sur place chute à 975 hPa (47 hPa de baisse en 24h), tandis que le vent souffle temporairement en tempête après ce minimum de pression (rafales maximales mesurées approchant les 130 km/h -avec 35 m/s).

Mais l'île s'est retrouvée dans la zone d'accalmie existante autour du centre dépressionnaire et a échappé aux vents les plus violents présents dans son secteur est et atteignant encore la force de l'ouragan.

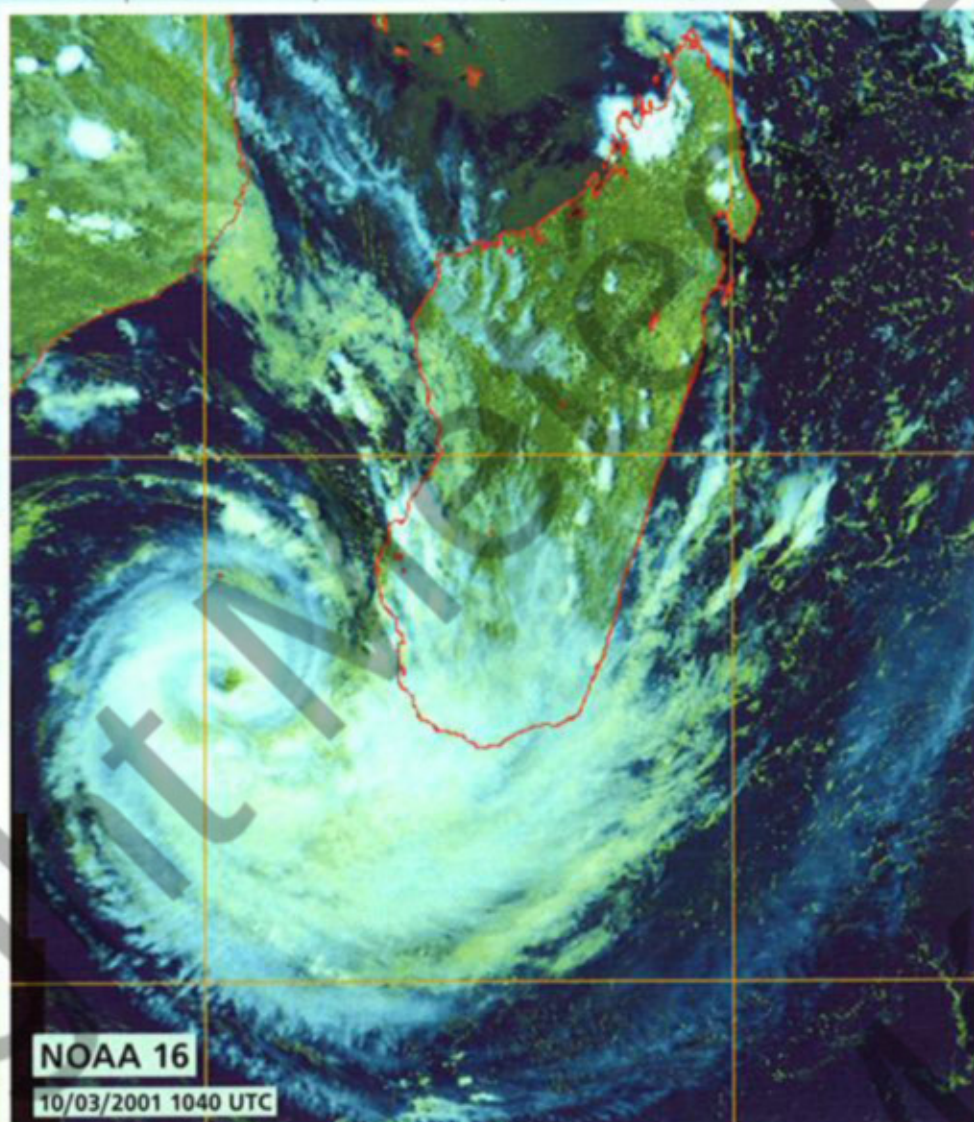
A noter que l'ex-DERA, qui entame une seconde vie en tant que perturbation des latitudes tempérées et ne va pas tarder à présenter une allure frontale d'apparence classique, conservait encore quelques réminiscences de sa structure tropicale d'origine en ce début de journée du 13 mars, avec la persistance d'un résidu de cœur chaud en basses couches, comme en témoigne la bouffée de chaleur ressentie à CROZET 2h après le minimum de pression, avec une spectaculaire hausse de température, de près de 7°C, observée. Cette "bulle" chaude s'évacue ensuite encore plus rapidement qu'elle n'était arrivée, la température chutant dans la foulée des mêmes 7°C, en l'espace d'à peine plus d'une heure de temps !

Même si ANDO restera probablement comme le cyclone le plus mémorable de la saison 2000-2001, DERA aura peut-être été le système le plus intéressant. Présentant nombre de points communs avec le cyclone JOSIE de février 1997, il aura présenté une palette variée de faits remarquables. Son intensification explosive sur le Centre du canal de MOZAMBIQUE (du stade de dépression tropicale à celui de cyclone tropical en l'espace de 24 heures), la conservation à des latitudes très sud de ses caractéristiques tropicales, ainsi que le bel exemple qu'il a fourni d'une "capture" extratropicale par un talweg polaire, auront été autant d'éléments de grande pédagogie, le plus étant d'avoir pu glaner à son passage des observations précieuses sur la "vérité" sol du phénomène.

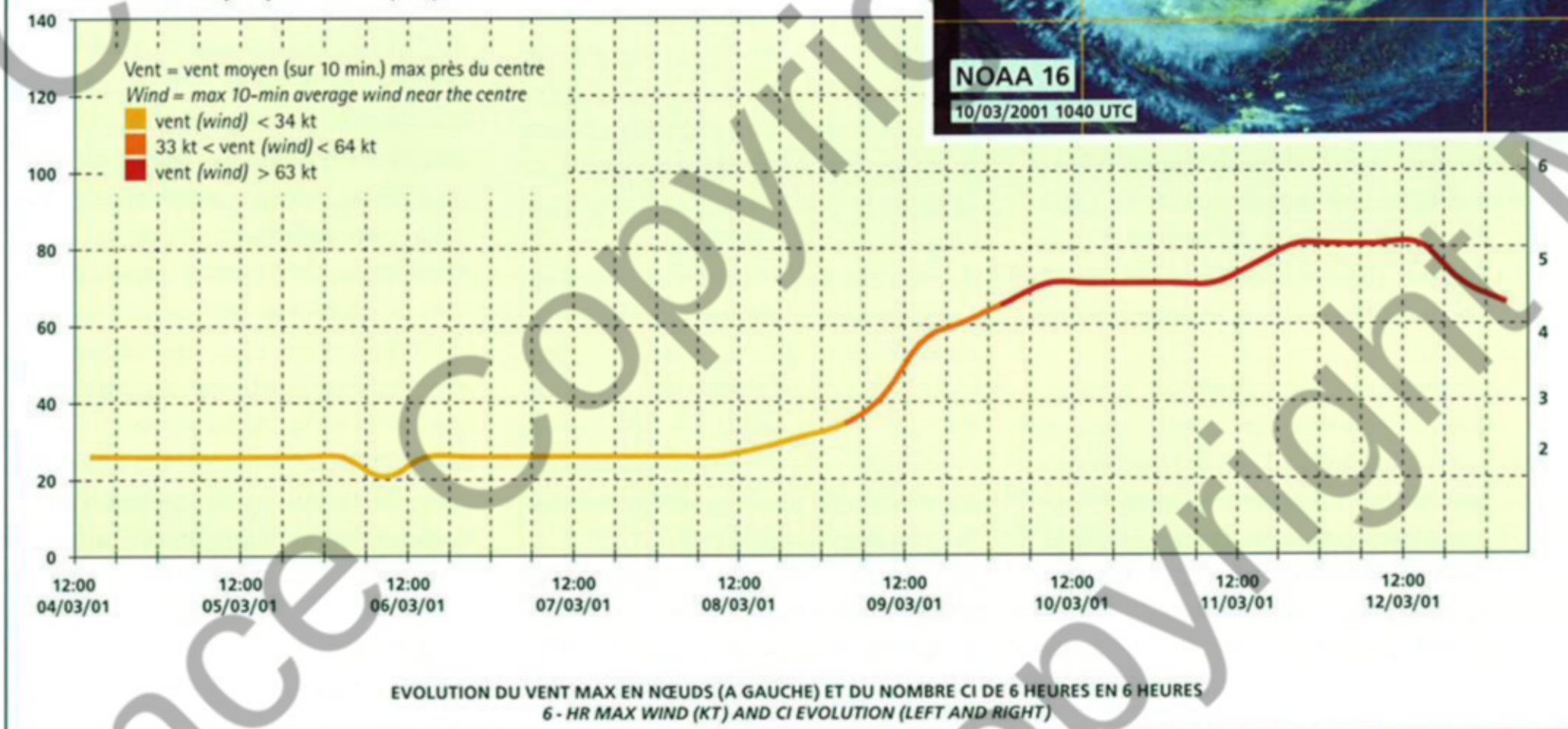




Le cyclone tropical DERA sur le Sud du canal de MOZAMBIQUE.  
Tropical cyclone DERA on the southern MOZAMBIQUE Channel.



DERA DU 04/03/01 AU 13/03/01





# TT N°10

## Tempête Tropicale Modérée Du 1<sup>er</sup> au 5 avril 2001

Moderate tropical Storm « N°10 » (01-05 April 2001)

### PREAMBULE

Après deux mois de remarquable inactivité en février et en mars, avec une seule perturbation formée sur le bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien, à savoir le cyclone tropical DERA, le début avril va voir une brutale explosion d'activité perturbée se déclencher de l'océan Indien jusqu'au Pacifique Sud. Ce sont pas moins de six circulations dépressionnaires qui vont de fait apparaître, quasiment simultanément, dans les premiers jours du mois d'avril, la moitié aboutissant à des systèmes matures baptisés.

Ce réveil spectaculaire de l'activité perturbée de l'hémisphère Sud mettait ainsi fin à près de trois semaines sans la moindre présence de système dépressionnaire tropical, non seulement dans l'hémisphère Sud, mais sur l'ensemble du globe. Il s'agit là d'un fait suffisamment peu fréquent pour être souligné, puisque, sur la décennie précédente par exemple, une telle situation de totale inactivité à l'échelle de la planète toute entière, 20 jours durant, ne s'était produite qu'à une seule reprise (en mai 1995).

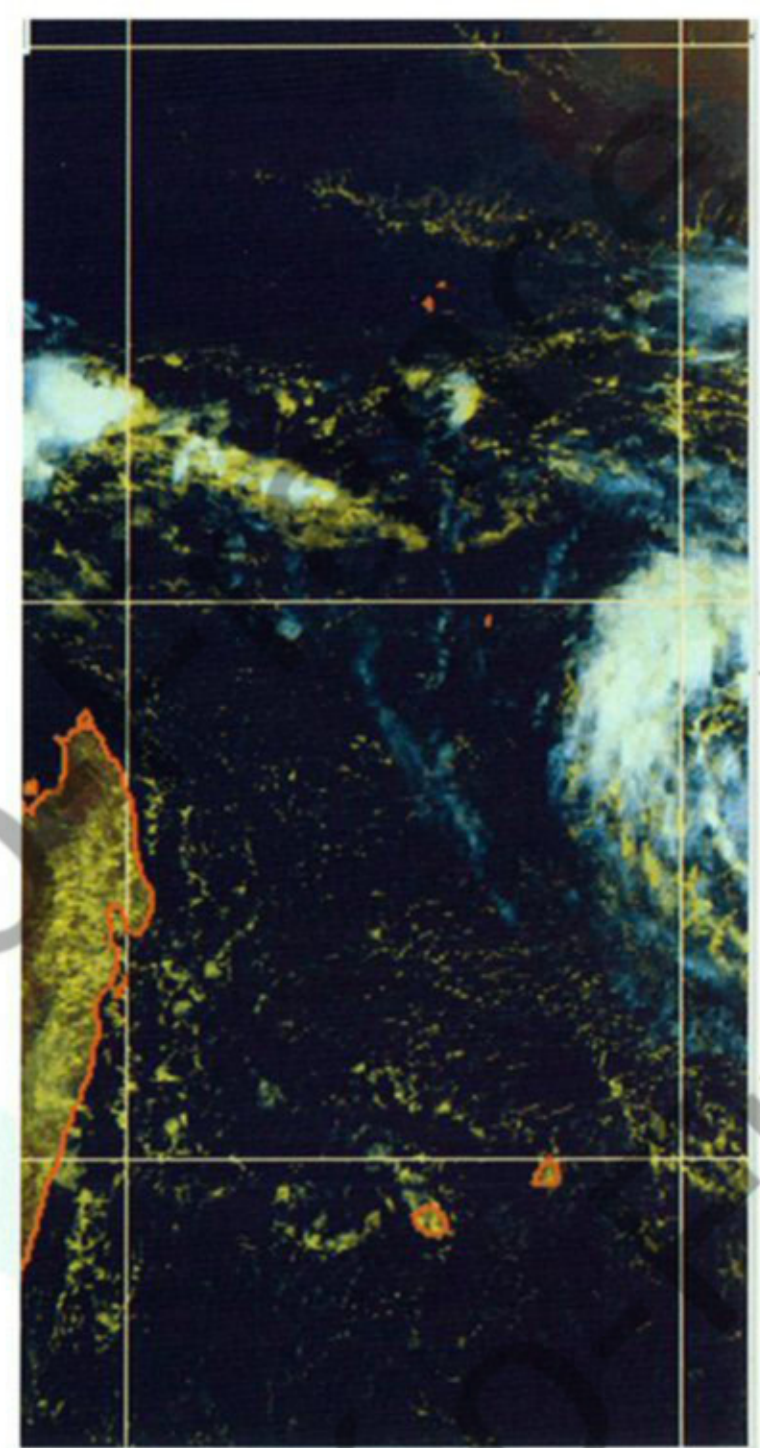
On peut bien sûr s'interroger sur l'origine de telles phases aussi marquées durant lesquelles l'activité cyclonique peut se voir totalement supprimée, puis reprendre de manière quasiment frénétique. L'influence des oscillations intra-saisonnières et leur lien avec l'activité cyclonique sont depuis bien longtemps un sujet de discussion. La phase de brutale activité de ce début avril, faisant

suite à une longue période de calme en mars, montre que les mécanismes pouvant aboutir à de telles situations demeurent encore pour bonne part incompris. Car autant l'éclosion de cyclogenèses en cascade sur l'hémisphère Sud des mois de janvier-février pouvait être mise en parallèle avec la propagation vers l'est d'une oscillation de Madden-Julian (MJO) particulièrement claire et puissante (voir pages 44 à 46), autant cette fois aucun signal évident n'était présent à l'occasion de cette transition brutale d'une phase d'inactivité cyclonique totale à une phase hyperactive.

### FORMATION

Après plusieurs semaines de calme absolu en mars, la saison cyclonique refait parler d'elle en ce début avril. Le changement de mois a, en effet, marqué une brusque reprise d'activité au niveau de la Zone de Convergence Intertropicale, ce sur l'ensemble de l'océan Indien Sud. Au sein des basses pressions associées, trois systèmes dépressionnaires se constitueront au cours des jours suivants, de part et d'autre du 10<sup>e</sup> parallèle sud. Un quatrième se développera en-dehors de la ZCIT. Deux d'entre eux parviendront à prendre réellement corps, plus ou moins rapidement.

Le système le plus à l'Est, né au sud de l'INDONESIE, évoluera le premier en perturbation mature. Dénommé WALTER par le Centre d'Avis de Cyclones Tropicaux de Perth, ce système s'intensifie-

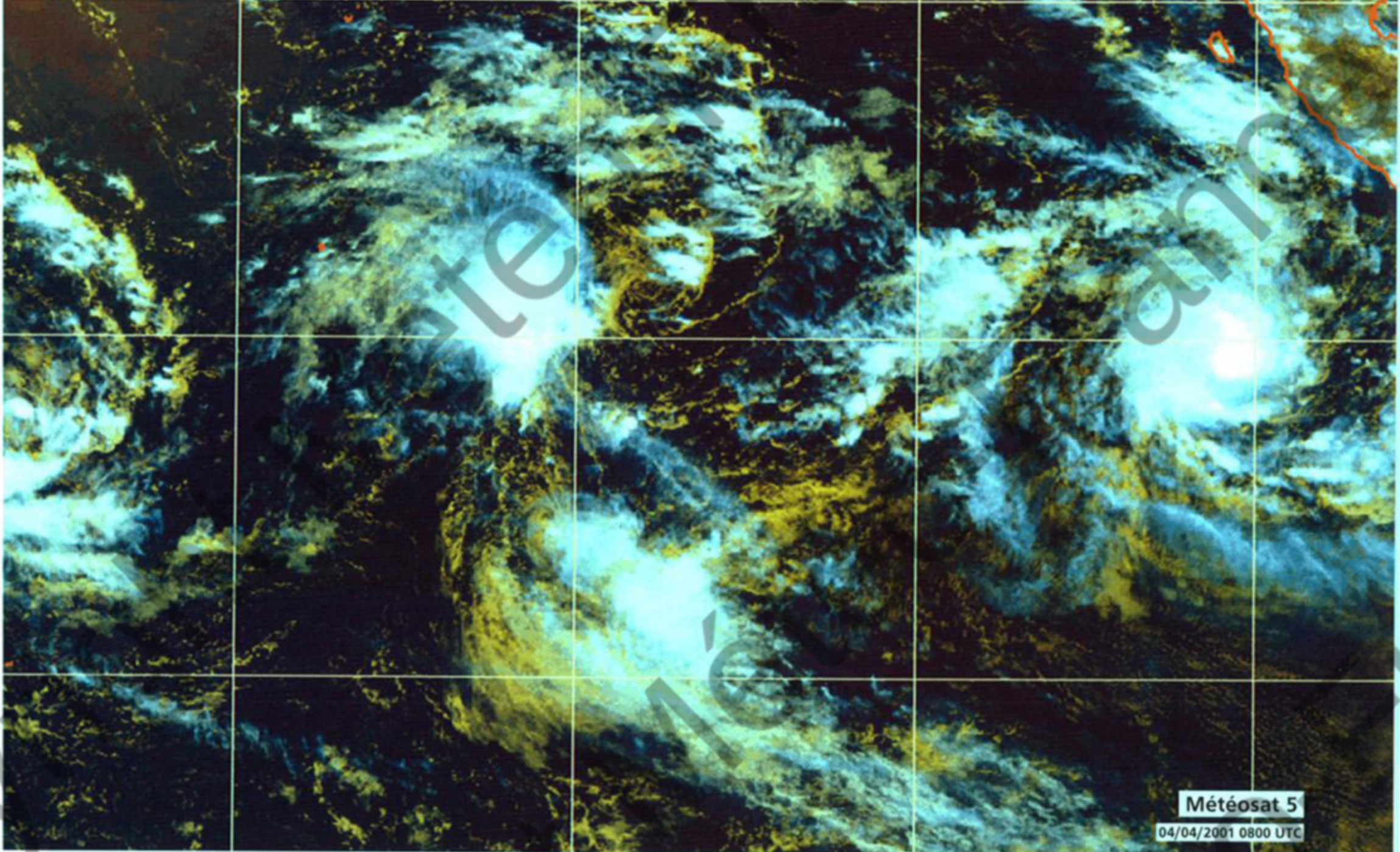


ra en cyclone tropical le 4 avril, avant de culminer en intensité la nuit suivante. Il passera ensuite à proximité nord de l'île COCOS en phase d'affaiblissement, avant d'incurver vers le sud, puis de se combler à compter du 9 sur le Sud-Est de l'océan Indien. Le système le plus à l'Ouest aura beaucoup plus de peine à se développer. Il n'atteindra le stade de tempête tropicale qu'au moment où WALTER sera à son maximum d'intensité, devenant ensuite la forte tempête tropicale EVARISTE.

Entre les deux circulations de WALTER et d'EVARISTE, deux autres minima tenteront également de se faire une place et un nom. En vain cependant, puisque aucun de ces deux systèmes, de durée de vie assez brève, n'arrivera à se développer véritablement. Le premier aurait toutefois pu être baptisé, mais il ne sera classé en temps réel qu'au stade de dépression tropicale, pour finalement être reclassé a posteriori au stade minimal de la tempête tropicale.

Ce système n°10 se forme le 1<sup>er</sup> avril en zone de responsabilité australienne, à quelque 350 km dans l'ouest-sud-ouest de l'île de COCOS, à partir d'une onde d'est circulant sur la façade septentrionale des hautes pressions subtropicales (déjà visible la veille sur l'imagerie satellitaire et esquissée sur le champ de vents





**Ballet de quadruplets dans l'océan Indien Sud.** Le début du mois d'avril avait vu une explosion de l'activité perturbée dans l'hémisphère Sud, avec le développement quasi simultané de 4 systèmes dépressionnaires dans l'océan Indien (voir images pages 58-59). Quelques jours plus tard, l'ex-tempête tropicale n°10 est déjà en phase d'affaiblissement, tandis que la tempête tropicale WALTER s'intensifie sur le Sud-Est de l'océan Indien. A l'ouest, la future tempête EVARISTE est toujours en phase de genèse assez laborieuse et n'a pas encore atteint le stade de dépression tropicale. On devine assez bien, grâce au positionnement assez symétrique des 4 systèmes, la situation qui prévaut en altitude : WALTER et EVARISTE se situent grosso modo sous l'axe de la dorsale et apparaissent peu ou pas cisailés, le système n°10 subit lui un cisaillement de nord-ouest du côté polaire de la dorsale, tandis que du côté équatorial de cette dorsale d'altitude relativement étroite, une autre perturbation est présente, cisailée d'est.

*Quadruplets of tropical systems playing a ballet in the South Indian Ocean. The spectacular outbreak of disturbed activity which had occurred in early April in the southern hemisphere had seen the nearly-simultaneous blooming of 4 systems in the Indian Ocean (see images on pages 58-59). A few days later, former tropical storm n°10 had already started to weaken, while tropical storm WALTER kept on intensifying in the South-East Indian Ocean. To the west, to-be EVARISTE was still labouring prior to genesis and had not yet reached tropical depression status.*

*Thanks to the rather symmetrical lay-out of these 4 systems, one could easily guess the upper level situation : WALTER and EVARISTE were laying roughly beneath the upper ridge, thus in an environment of very low shear; system n°10 was undergoing northwesterly shear poleward of the ridge, while another unnamed disturbance looked clearly easterly sheared equatorward of this rather narrow ridge.*

dérivé des données diffusiométriques QuikScat). En dehors de cette particularité de se développer hors de la ZCIT, c'est la petite taille de ce système qui constituera sa seconde caractéristique majeure. Le lendemain 2 avril, il se présente ainsi sous la forme d'une petite "virgule" de convection, bande incurvée encore fluctuante et déconnectée de la ZCIT (assez active dans son secteur nord-ouest, jusqu'aux CHAGOS). Se déplaçant en direction de l'ouest à plus de 20 km/h, le minimum dépressionnaire associé à cette perturbation tropicale, a franchi le 90° méridien Ouest en matinée et évolue désormais dans le Sud-Ouest de l'océan Indien.

## EVOLUTION

La très petite taille de ce système (système nain dit "midget") ne va pas sans poser quelques problèmes d'analyse, avec

## PREAMBLE

*After two months of unusual inactivity in February and March, with only one disturbance forming over the SouthWest Indian Ocean basin (tropical cyclone DERA), the beginning of April would undergo a sudden outbreak of disturbed activity spanning from the Indian Ocean to the South Pacific. As many as six depressions would appear almost simultaneously in the first days of April, half of them ending up as named matured systems.*

*This spectacular wakeup of the disturbed activity of the southern hemisphere thus put an end to a nearly three weeks or so uncondusive to any tropical depression development, not only in the southern hemisphere, but also worldwide. This rather infrequent fact deserves to be emphasized since during the preceding decade for instance, such situation of absolute inactivity lasting 20 days all round the world had only occurred once (in May 1995).*

*One would tend to wonder about the origin of such marked phases of suppressed cyclone*

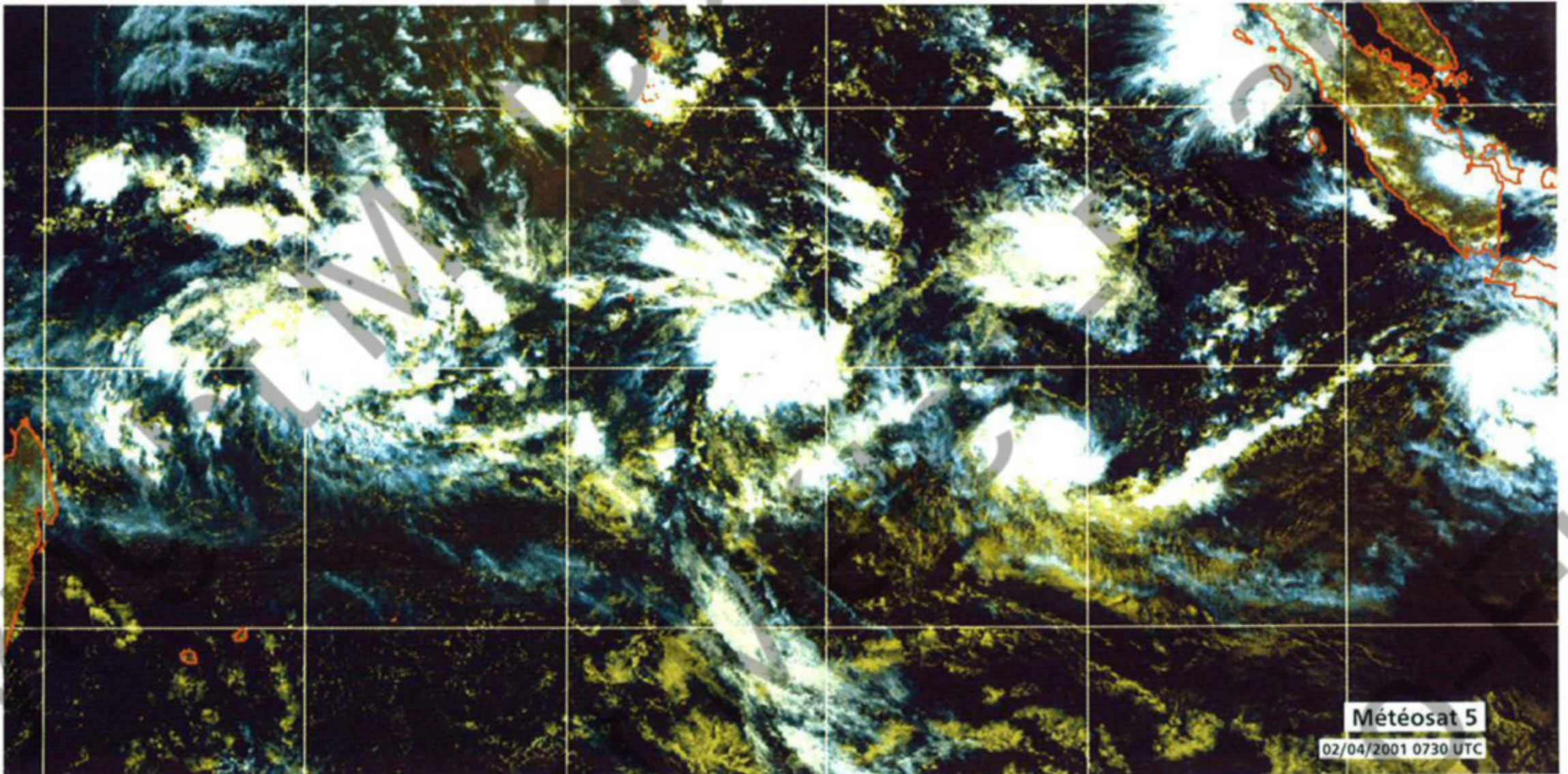
*activity followed by a sudden explosion of activity. The influence of the intra-seasonal oscillations and their relation to cyclone activity have been debated for long. The sudden flurry of activity in the beginning of April following a long period of lull in March, show that the mechanisms leading to such situations are still not well-understood.*

*Indeed, inasmuch the emergence of successive cyclogenesis on the southern hemisphere in January and February could be considered by the light of the simultaneous eastward propagation of an especially clear and powerful Madden-Julian oscillation (refer to pages 44 to 46), in this case there was no obvious signal at the time this inactivity phase suddenly turned into a hyper-active phase.*

## FORMATION

*After a few weeks of total quiet in March, the cyclone season was heard of again at the beginning of April. Indeed, the new month marked a sudden revival of activity in the*





*Intertropical Convergence Zone on the whole of the South Indian Ocean. Within the monsoon trough, three depressions would form in the course of the following days on either side of latitude 10°South. A fourth one would spring to life outside the ITCZ. Two of them managed to take off more or less rapidly.*

*The easternmost system emerged south of INDONESIA and was the first to develop into a mature disturbance. Named WALTER by the Tropical Cyclones Warning Centre of Perth, this system intensified into a tropical cyclone on 4 April, before reaching peak intensity on the following night. Then it passed near COCOS Island while in its weakening stage before recurving southward and finally filling from 9 April over the SouthEast Indian Ocean. It was much more difficult for the westernmost system to develop. It managed to reach the stage of tropical storm only at the time WALTER was at its maximum of intensity to become thereafter the severe tropical storm EVARISTE.*

*Between the two main clockwise circulations of WALTER and EVARISTE, two other areas of low pressure tried to make room and a name for themselves. In vain though, since neither of them, both rather short-lived, could manage to really develop. However, the first one could have been named but in real time it was only carried on as a tropical depression to eventually be upgraded to a minimal tropical storm after post-analysis.*

*System N°.10 formed on 1st April in the Australian area of responsibility, some 350 km to the west-southwest of COCOS Island, from an easterly wave circulating on the northern boundary of the subtropical high (already visible on the previous night on the satellite imagery, and as a faint trace on the wind field retrieved from the QuikScat scatterometer data). The system developing outside the ITCZ was not the only peculiarity, its small size being another distinctive feature. On the following day, 2nd April, the system displayed a small comma of convection, a tiny curved band still fluctuating and disconnected from the ITCZ (quite active to its northwest, as far as CHAGOS). While moving westward at a pace exceeding 20 km/h, the low centre of this tropical disturbance crossed longitude 90°East in the morning and from then on was travelling in the SouthWest Indian Ocean.*

#### EVOLUTION

*The very small size of this midget system created some analysis concerns and hesitations regarding its real intensity, especially on the 3rd, at the time of its peak of intensity. The deep convection was then practically confined to a mere small CDO (Central Dense Overcast) barely exceeding one degree average in diameter (cloud configuration very similar to that of tropical storm HAMISH in April 1999,*

*Ci-dessus, d'ouest en est, EVARISTE, le système n°10 et WALTER en début de vie, alors qu'ils n'étaient pas encore baptisés (ces deux derniers, alors classés en perturbations tropicales, étant "reliés" par une bande nuageuse).*

*From west to east early stages of EVARISTE, TS n°10 and WALTER still unnamed, the latter ones being ranked as tropical disturbances and "linked" by a cloud band.*

*des incertitudes sur son intensité réelle, en particulier le 3, au moment de son maximum d'intensité. La convection profonde se limite alors, quasi exclusivement, à la présence d'un petit CDO (amas nuageux central dense) d'à peine plus d'un degré de diamètre moyen (configuration nuageuse rappelant celle de la tempête tropicale HAMISH d'avril 1999 – qui présentait une extension horizontale moins restreinte cependant). Sur l'animation de l'imagerie satellitaire, il apparaît en outre difficile de suivre une structure nuageuse stable plus de quelques heures consécutives.*

*Les données diffusiométriques pourraient être d'un précieux secours, mais les deux orbites QuikScat de cette journée du 3 avril peinent à résoudre correctement la circulation dépressionnaire (alors qu'elles analysent par contre clairement, et ce depuis le 1<sup>er</sup> avril, une circulation dépressionnaire fermée centrée vers 10S/80E, circulation pourtant encore non matérialisée sur l'imagerie satellitaire). La plupart des solutions*



algorithmiques proposées n'arrivent pas à "fermer" la circulation dans le secteur nord du minimum associé à la perturbation n°10 et se contentent d'indiquer un effet de talweg accusé, s'encastrent sur la bordure septentrionale des hautes pressions subtropicales.

Une observation de bateau de 00 UTC ce 3 avril, a pourtant bien validé l'existence de cette circulation fermée, affichant du vent d'ouest à 65 milles dans le nord-nord-ouest du centre estimé de la dépression. Mais la faiblesse du vent (10 nœuds) et la valeur plutôt élevée de la pression (1003,7 hPa) ont confirmé, à la fois la petite taille de la circulation, mais également le fait que les vents étaient effectivement faibles dans le demi-cercle nord du minimum, d'où la difficulté de résoudre correctement les

*which displayed a less restrained horizontal extension though). Moreover, on the animated satellite picture it turned out to be difficult to keep trace of a stable cloud structure for several hours in a row.*

*The scatterometer data could have been a precious help but the two QuikScat swaths acquired in the course of 3rd April toiled at resolving accurately the clockwise circulation (while they could clearly analyse -since 1st April- a closed clockwise circulation centred towards the point 10°S/80°E, even though this low circulation was not yet discernible on the satellite imagery). Most of the available algorithmic solutions could not "close" properly the circulation in the northern sector of the low centre related to Disturbance N°.10 and only managed to indicate a prominent trough effect sinking into the northern boundary of the subtropical high.*

*A ship observation at 00 UTC on 3 April did actually confirm the existence of the closed circulation, indicating westerly winds at 65 miles to the north-northwest of the estimated location of the low centre. But the weakness of the wind (10 knots) and the rather high*

*pressure value (1003.7 hPa) confirmed both the tiny size of the system and the fact that winds were effectively weak in the northern semi-circle of the low, hence the difficulty to correctly resolve the wind ambiguities from the QuikScat data in that area. However, the gale force winds displayed on the QuikScat data south of the low, in the strong pressure gradient with the subtropical high, seemed quite realistic even if the wind retrieval was probably affected by rain contamination.*

*In that southern semi-circle of the disturbance, the windfield dissymmetry was emphasised by the travelling speed of the system (25 km/h in average). Given the scatterometer data (confirmed by the next QuikScat swath acquired on 4 April at dawn), the intensity of the depression was revised and assessed as being stronger in post-analysis, and so tropical depression N°.10 was finally classified as a moderate tropical storm.*

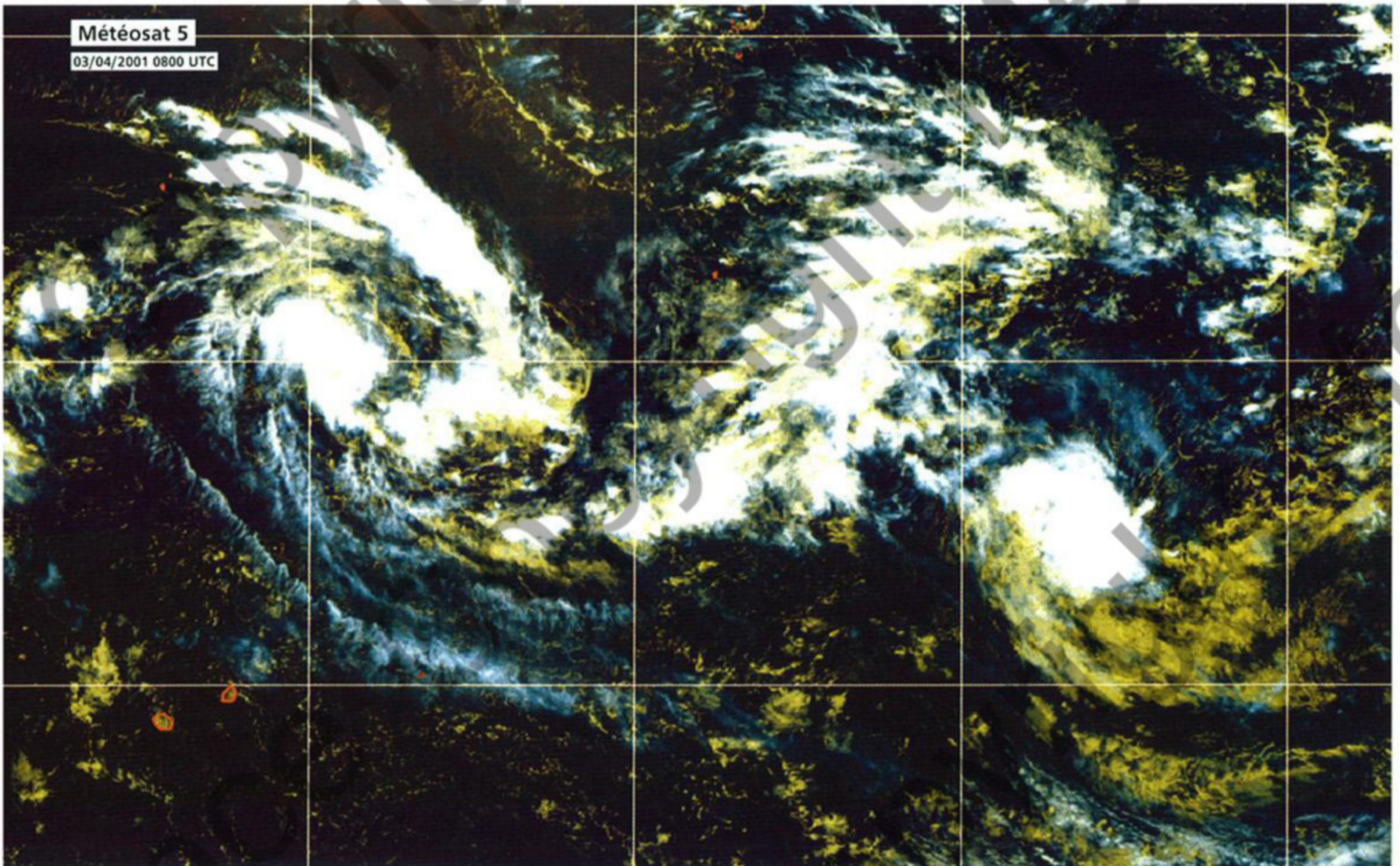
*After a temporary southwestward shift of heading during the day of the 3rd, the system hereafter opted for a westerly course. The weakness within the subtropical high induced*

**La tempête tropicale n°10 au moment estimé de son maximum d'intensité.** Au nord des MASCAREIGNES, la future tempête EVARISTE est en phase de genèse, au stade de perturbation tropicale.

*Tropical storm n°10 at peak intensity while genesis of to-be TS EVARISTE was brewing north of the MASCARENES (analysed at tropical disturbance stage at the time).*

Météosat 5

03/04/2001 0800 UTC





by the transiting mid-latitudes mobile trough in the far-south, no longer influenced the disturbance. But if a powerful anticyclone was consolidating rearwards of the trough in the lower troposphere, the trough associated to the mid-latitudes westerlies was still encroaching on the upper levels north to latitude 15°South, thus impinging on the disturbance which, since the night of the 3rd, had started to be affected through a moderate -yet sufficiently strong- northwesterly wind shear. The shear then dismantled the convection which vanished altogether during the day on 4th, leaving the tiny low-level vortex encircling the low centre exposed. Despite a temporary flare-up of convection on the following night, the system did not recover from this fatal blow and filled rapidly afterwards. Since the night of the 4th, the residual low had entered into a binary interaction (through Fujiwhara effect) with the afore-mentioned low which had now become discernible on satellite imagery, as an easterly sheared vortex, since the early morning of the 4th. Less than 800 km apart, the two vortices went merging through clockwise rotation but the former depression N°10 finally dissolved into the much broader circulation of the northeast low. The latter never managed to develop beyond the embryonic stage displayed on the 4th and 5th April and remained purely anecdotal.

Disturbance N°.10, apart from its uncertain intensity of short-lived midget-type system, belongs to those category of systems which would have gone unnoticed not so long ago, were it not for the advent of the permanent geostationary satellite coverage over the basin.

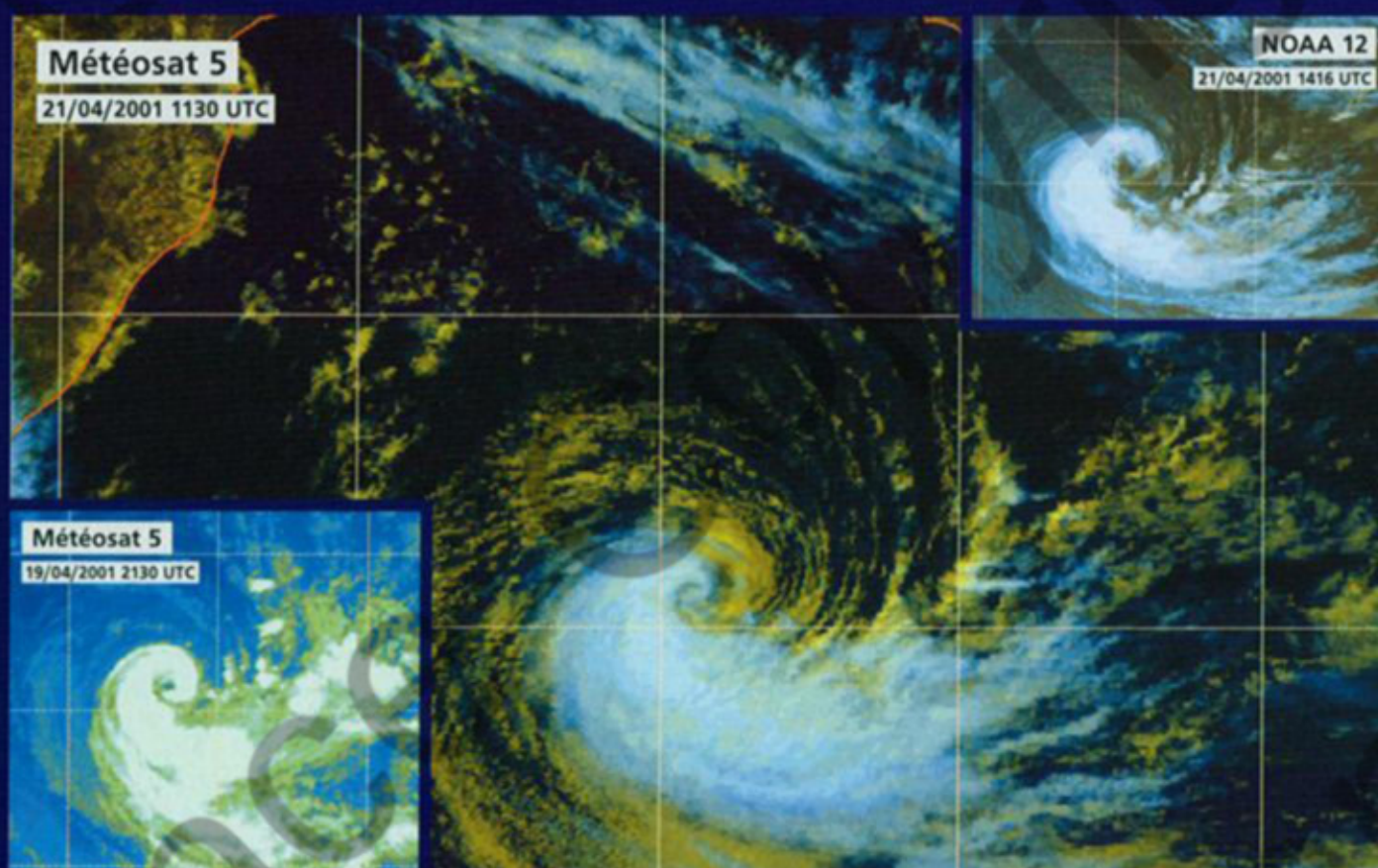
vents dérivés de QuikScat dans ce secteur. Mais le coup de vent à fort coup de vent affiché sur les données QuikScat au sud du minimum, dans la zone de fort gradient avec les hautes pressions subtropicales, apparaît relativement réaliste, même si les vents dérivés sont suspects de contamination par les précipitations. Dans ce demi-cercle sud de la perturbation, la dissymétrie du champ de vents est accentuée par la vitesse de déplacement très soutenue du système (25 km/h de vitesse moyenne). Au vu de ces données diffusiométriques, confirmées par l'orbite suivante QuikScat acquise à l'aube du 4 avril, l'intensité de la dépression a été revue à la hausse en analyse post-opérationnelle et la dépression tropicale n°10 finalement classée en tempête tropicale modérée.

Après avoir infléchi temporairement plus en direction du sud-ouest en journée du 3, la trajectoire a désormais redressé en direction de l'ouest. La faiblesse au sein des hautes pressions subtropicales induite par le transit, loin au sud, d'un talweg mobile des moyennes latitudes a cessé d'influencer la perturbation. Mais, si en basse troposphère un puissant anticyclone se reconstitue à l'arrière, en haute troposphère, le talweg d'altitude associé à ce flux perturbé des moyennes latitudes remonte lui jusqu'au nord du 15° parallèle et commence au contraire d'affecter sérieusement la perturbation, qui, depuis la nuit

du 3 au 4, subit les effets d'un cisaillement de vent de nord-ouest modéré, mais suffisant pour désintégrer la convection, qui se volatilise en journée du 4, laissant apparaître le minuscule vortex de basses couches associé au minimum dépressionnaire.

Malgré une reprise temporaire de la convection la nuit suivante, le système ne se remettra pas de ce coup fatal et se comble ensuite assez rapidement. Depuis cette même nuit du 4 au 5, le minimum résiduel est entré en interaction binaire (effet Fujiwhara) avec le minimum dépressionnaire évoqué précédemment et qui a fini par se matérialiser, depuis le début de journée du 4, sous la forme d'un autre vortex (cisailé d'est lui). A moins de 800 km l'un de l'autre, les deux vortex sont entrés en rotation mutuelle, et l'ex-dépression n°10 finira par converger et se dissoudre dans la circulation, beaucoup plus large, du minimum du nord-est. Celui-ci ne parviendra jamais à se développer au-delà du stade embryonnaire affiché en ces journées des 4 et 5 avril et demeurera purement anecdotique.

Système éphémère de type "midget", cette perturbation n°10 à l'intensité incertaine fait partie de ces systèmes qui auraient probablement pu passer inaperçus il y a peu encore, avant l'avènement d'une couverture satellite géostationnaire permanente sur le bassin.



Une dépression subtropicale hors zone de responsabilité. Formée à partir d'un petit minimum dépressionnaire apparu au niveau des côtes sud-africaines le 17 avril, une dépression subtropicale s'est développée deux jours plus tard.

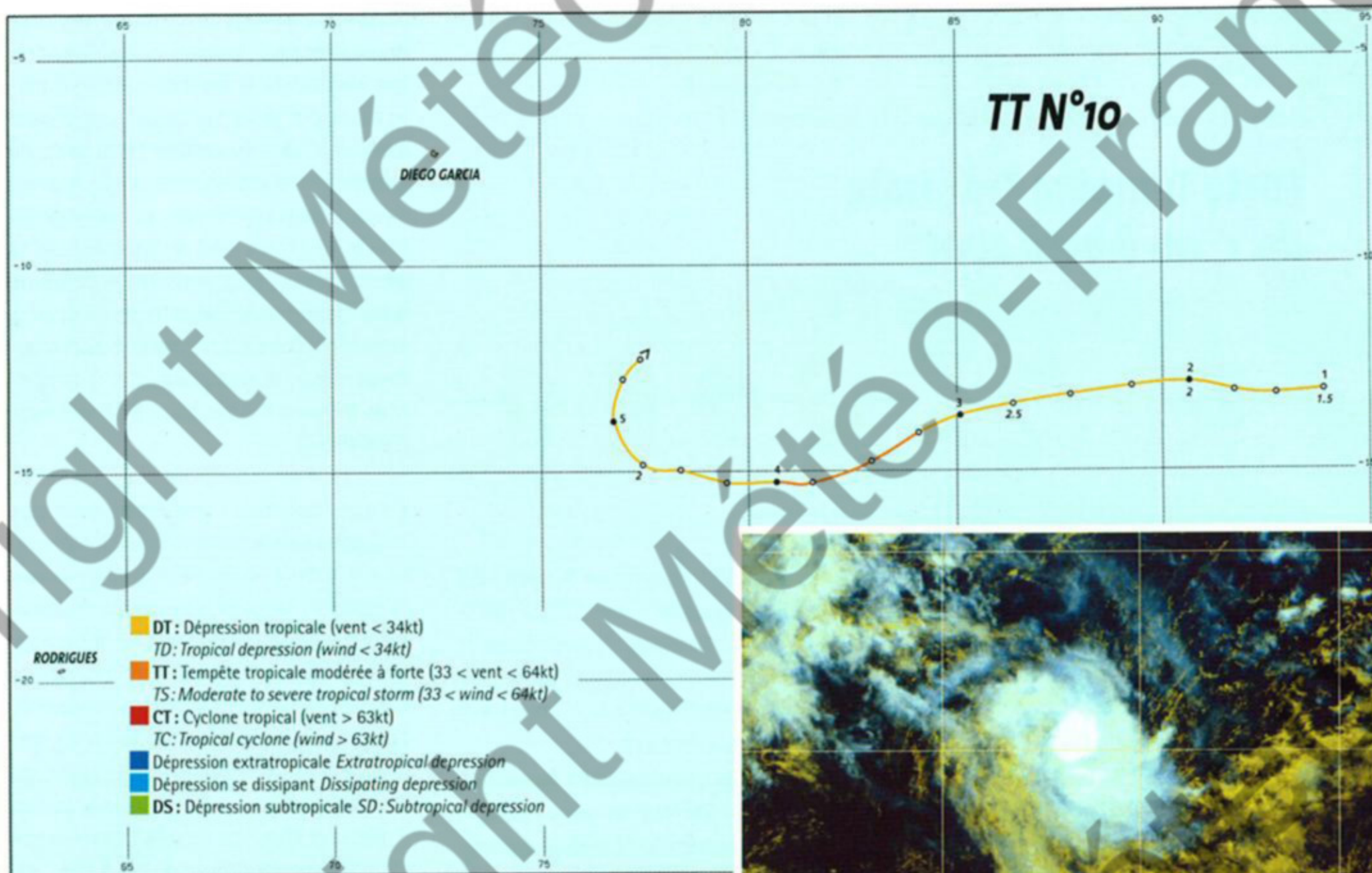
Bénéficiant des eaux encore relativement chaudes présentes au sud du canal de MOZAMBIQUE, elle s'est creusée de manière très significative et a ensuite évolué plusieurs jours durant entre 33 et 35°S, générant du fort coup de vent au sud du 30ème parallèle sud (limite sud de la zone de responsabilité du CMRS de LA REUNION).

L'extension programmée de cette zone permettra à l'avenir d'émettre des bulletins sur des systèmes de ce genre, certes peu fréquents.

*A subtropical depression out of the area of responsibility. A weak low exited from the South-African coastline on 17th April and evolved two days later into a mature subtropical depression, which developed south of the MOZAMBIQUE Channel over still rather warm waters.*

*Staying for several days between 33 and 35°S, it generated at least gale force winds on this area south of the boundary of RSMC LA REUNION's area of responsibility, which planned enlargement would soon enable the issuance of warnings on this kind of systems (indeed quite rare).*

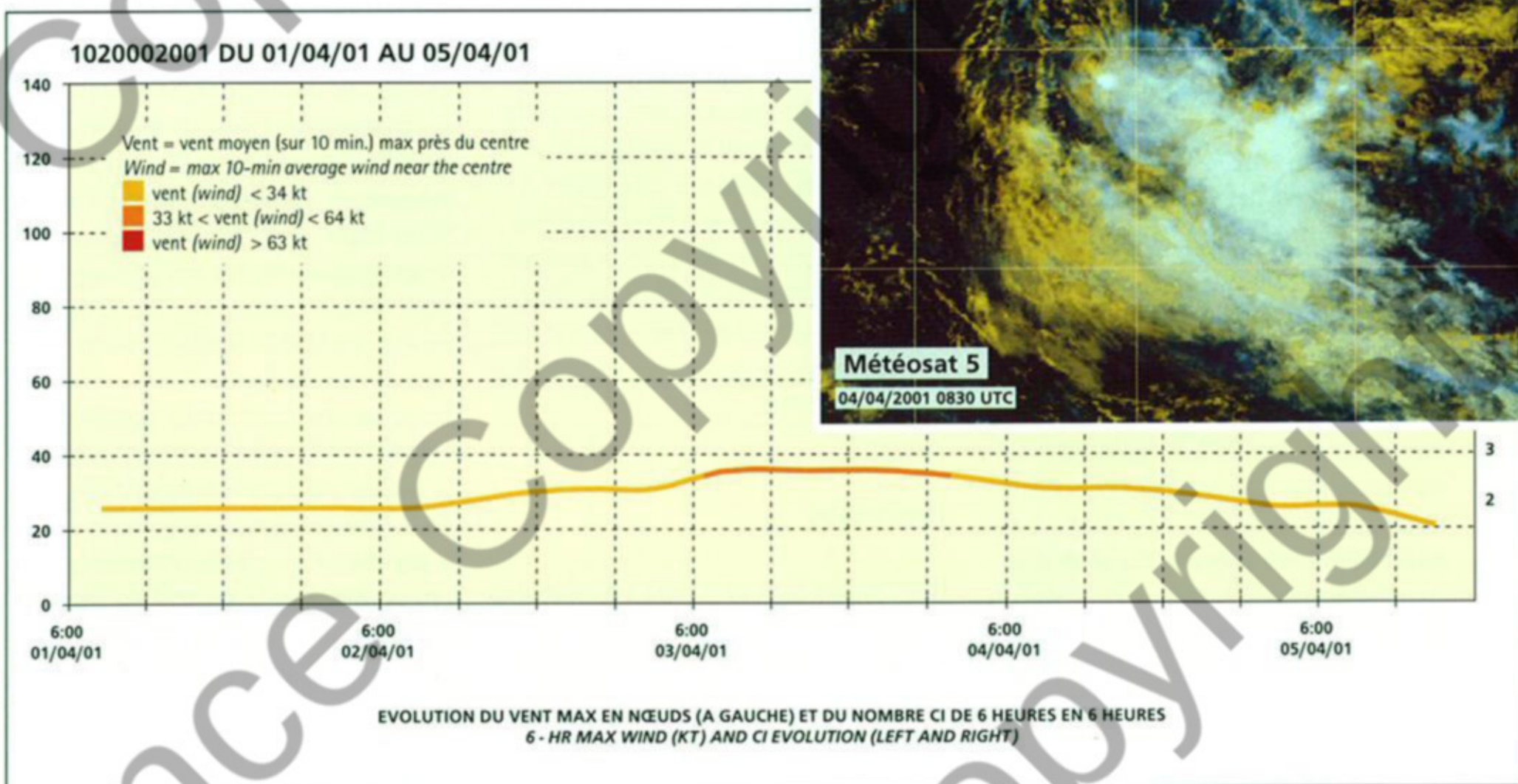
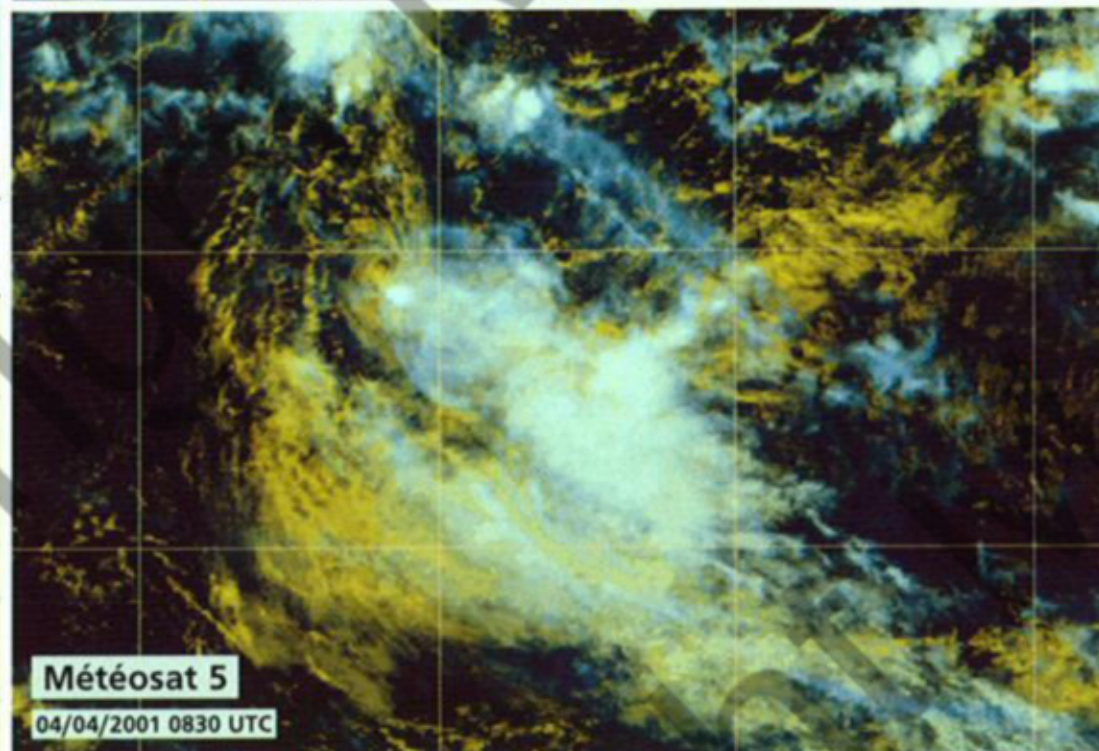
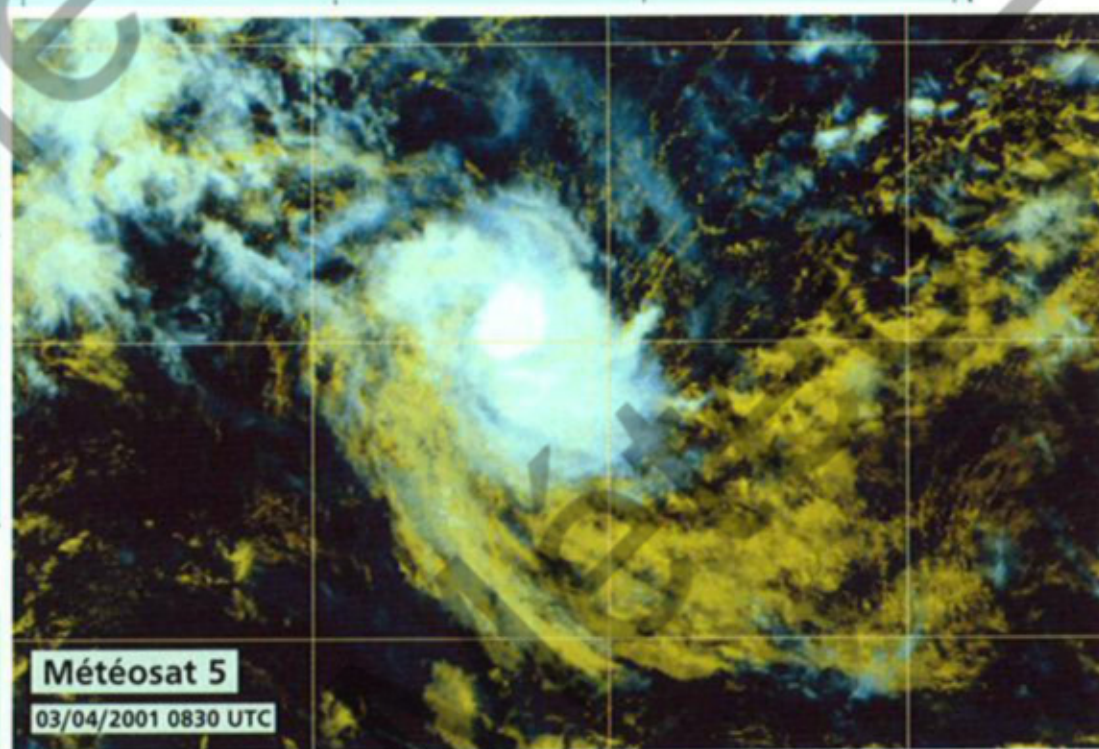




Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

La tempête n°10 au moment et 24h après son pic d'intensité. La très petite taille de ce système, quasiment assimilable à un "midget" (système nain), apparaît peut-être encore plus clairement lors de la phase de cisaillement aboutissant à la dégénérescence de la perturbation, quand le petit vortex associé au minimum dépressionnaire apparaît presque entièrement exposé.

*Tropical storm n°10 at peak intensity and then 24h later. The very small size of this system (which earned it to be considered only as a mere midget system) looked even more obvious when considering the sheared exposed residual vortex left during the degenerating phase of the low.*





# Evariste

## Forte Tempête Tropicale du 1<sup>er</sup> au 8 avril 2001

Severe Tropical Storm « Evariste » (01-08 April 2001)



L

e système dépressionnaire n°10 n'ayant pas été analysé en temps réel en tant que tempête tropicale, un seul système dépressionnaire a été nommé durant ce mois d'avril 2001 dans le Sud-Ouest de l'océan Indien. Il s'agit de la forte tempête tropicale EVARISTE, qui a constitué le pendant du cyclone tropical WALTER s'étant développé concomitamment dans le Sud-Est de l'océan Indien, ces deux perturbations "encadrant" deux autres circulations dépressionnaires, plus éphémères et n'ayant pu se développer jusqu'à un stade mature sur le Centre du bassin cyclonique du Sud de l'océan Indien (dont la perturbation n°10).

### FORMATION

Les prémices de ce qui aurait pu être le dernier système de la saison cyclonique (mais ce ne sera pas le cas, avec le système nain -midget- amené à se développer fin juin sur le Sud du canal de MOZAMBIQUE), apparaissent dès la fin du mois de mars. Le regain d'activité important observé à ce moment-là au sein de la Zone de Convergence Intertropicale (voir préambule de la page 56), se matérialise en particulier par l'esquisse, dans la partie la plus occidentale de l'activité nuageuse et convective, d'un embryon d'organisation tourbillonnaire le 31 mars. L'orbite QuikScat acquise en début de cette même journée du 31, ayant révélé la présence d'une circulation dépressionnaire fermée associée à cette zone perturbée, celle-ci peut déjà être considérée comme sus-

pecte. Alors centré à quelque 600 km dans l'ouest-sud-ouest de l'île de DIEGO-GARCIA, le petit minimum dépressionnaire (estimé à 1006 hPa) se décale ensuite en direction de l'ouest-sud-ouest, ne se creusant que très lentement.

Malgré un environnement favorable (cisaillement vertical de vent faible et bonne divergence d'altitude), le système nuageux peine en effet à s'organiser. La convection, très fluctuante, demeure morcelée et présente en quantité insuffisante jusqu'au 2 avril. A cette date, le regroupement des masses nuageuses et l'aspect tourbillonnaire globalement plus affirmé des éléments nuageux, laissent toutefois présager que la cyclogenèse est amorcée. Le renforcement de la circulation dépressionnaire affiché par l'orbite QuikScat de la fin d'après-midi, plus particulièrement du côté équatorial, au sein du flux de mousson, confirment l'impression visuelle laissée par l'imagerie satellitaire. Le minimum dépressionnaire, désormais estimé à 1003 hPa, évolue alors à quelque 600 km dans l'est-nord-est de l'île d'AGALEGA, dérivant lentement en direction générale du sud et se rapprochant ainsi du 10° parallèle sud.

### EVOLUTION

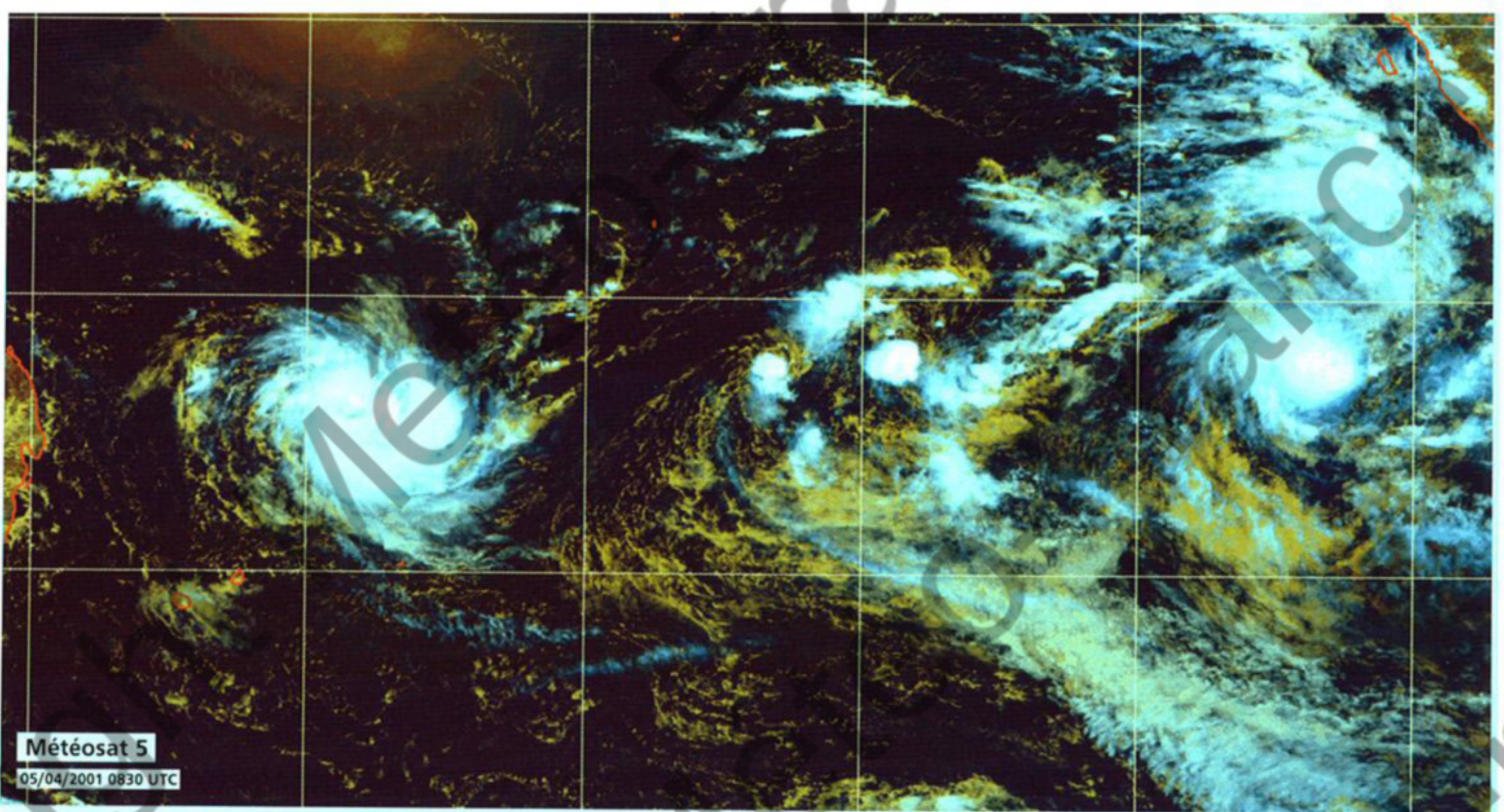
Dans la nuit du 2 au 3 avril, un amas de convection profonde se développe puissamment autour du minimum dépressionnaire, amenant le classement du système en perturbation tropicale (n°9). Après ce premier pic de convection, celle-

ci périclité et dégénère ensuite en cours de journée du 3, laissant apparaître cette fois clairement le vortex de méso-échelle associé à la perturbation. Les choses demeurent peu ou prou en l'état jusqu'au lendemain; de la convection se reforme par bouffées sporadiques au voisinage du minimum, mais sans réel impact sur la perturbation, dont l'intensité demeure quasi stationnaire. Entre-temps, la dépression n°10, qui s'est intensifiée plus rapidement que la perturbation n°9, a manqué de peu d'être baptisée du nom d'EVARISTE.

Ce n'est que dans l'après-midi du 4, que le stade de dépression tropicale est finalement atteint. Après s'être déplacé depuis la veille à vitesse plus soutenue en direction générale du sud-est, le minimum dépressionnaire vient alors d'incurver, sa trajectoire redressant en direction de l'ouest-sud-ouest, au contact de la dorsale de basse et moyenne troposphère qui s'est temporairement reconstituée au sud. Après une phase de genèse extrêmement laborieuse, la dépression va dès lors connaître une phase d'intensification très franche au cours des 24h suivantes, intervalle au cours duquel la perturbation va gagner près d'un point et demi d'intensité sur l'échelle de Dvorak. Faisant suite à une nouvelle forte poussée de convection, le seuil de la tempête tropicale modérée est franchi dans la nuit du 4 au 5. EVARISTE est nommé dans la foulée. Quelques heures plus tard, la tempête oblique en direction du sud-sud-ouest. Ce changement de cap répond à une modification rapide de l'environnement synoptique, consécutivement à l'arrivée d'une importante faiblesse dans le champ de pression au niveau des latitudes subtropicales, en liaison avec le transit, loin au sud des MASCAREIGNES, d'un talweg polaire assez accusé.

En se rapprochant du 15° parallèle sud, EVARISTE évolue désormais sous l'axe de la dorsale d'altitude et bénéficie de conditions d'intensification bonifiées, qu'il met à profit pour se creuser rapidement. Un petit œil en bande apparaît en milieu de journée du 5 sur l'imagerie visible dans la tête de la bande incurvée de convection, mais disparaît assez rapidement, noyé au sein d'un CDO (amas nuageux central dense) qui prend de l'ampleur en





Météosat 5

05/04/2001 0830 UTC

Les quadruplets sur le bassin cyclonique du Sud de l'océan Indien sont désormais quasiment alignés (voir image antérieure page 57). Tandis qu'à l'est WALTER est déjà au maximum de son intensité de cyclone tropical à proximité de l'île COCOS, EVARISTE est toujours en phase d'intensification au nord de l'archipel des MASCAREIGNES, ayant atteint depuis quelques heures le stade de forte tempête tropicale (voir aussi image visible de la page 67). Au milieu, le minimum résiduel de l'ex-tempête tropicale n°10 se situe dans l'ouest de la perturbation vers laquelle il converge par effet Fujiwhara (les deux systèmes en interaction binaire présentant alors des allures très similaires, avec un petit noyau de convection près du centre).

*The quadruplet of tropical systems evolving within the South Indian Ocean were nearly standing in a row at the time (see previous image on page 57). While in the eastern part of the cyclone basin WALTER was still at peak intensity in the vicinity of COCOS Island, EVARISTE was still intensifying north of the MASCARENES Archipelago, after reaching the stage of severe tropical storm a few hours before (see also visible image on page 67). In the middle, the residual low of former tropical storm n°10 was located to the west of the disturbance towards which it was merging through Fujiwhara binary interaction (the two systems looked pretty similar with a small core of convection near the centre).*

première partie de nuit suivante. EVARISTE n'est alors plus très proche du stade de cyclone tropical, quand son intensité plafonne finalement au stade supérieur de la forte tempête tropicale.

La suite ne s'annonce pas très favorable pour la tempête, car une fois franchi le 15° parallèle sud, EVARISTE est prévu pénétrer dans un environnement présentant un cisaillement vertical de vent croissant. Toujours attiré par la faiblesse dans le champ de pression présente aux latitudes subtropicales, le météore poursuit en effet son déplacement sur une trajectoire très méridienne et s'enfonce à 10-15 km/h en direction des latitudes sud. Ce faisant, la perturbation ne tarde pas à basculer du côté polaire de la dorsale d'altitude, et se retrouve confrontée au courant de nord-ouest circulant à l'avant du talweg polaire précité, talweg qui s'enfonce en altitude jusqu'au nord de l'archipel des COMORES.

A mesure de la progression vers le sud d'EVARISTE, le flux d'altitude de nord-ouest se renforce. Le cisaillement vertical de vent induit en fait de même, commençant d'affecter la structure nuageuse du système dès la matinée du 6 avril, comme en atteste sans ambiguïté l'imagerie satellitaire. Malgré cet affaiblissement amorcé et compte tenu de l'inertie

*As depression N°10 was not analysed in real time as a tropical storm, only one system was named in the course of April 2001 in the South-West Indian Ocean. It was the severe tropical storm EVARISTE, the match of tropical cyclone WALTER which developed simultaneously in the South-East Indian Ocean, those two disturbances encompassing two other shorter-lived low circulations which failed to develop to a mature stage over the central part of the South Indian Ocean cyclone basin (among which Disturbance N°10).*

#### FORMATION

*The early beginnings of what could have been the last system of the cyclone season (which would not be the case since a midget system developed end of June over the southern part of the MOZAMBIQUE Channel), appeared as early as the end of March. The main outbreak of disturbed activity which picked up at that very moment within the Intertropical Convergence Zone (see preamble on page 57), materialised namely by the westernmost cloud activity sketching out an embryonic eddy on 31st March satellite imagery. Since the QuikScat swath acquired early in the day on 31st had revealed the presence of a closed clockwise circulation related to the disturbed area, the latter could already be considered as suspect. Centred at some 600 km to the west-southwest of DIEGO-*

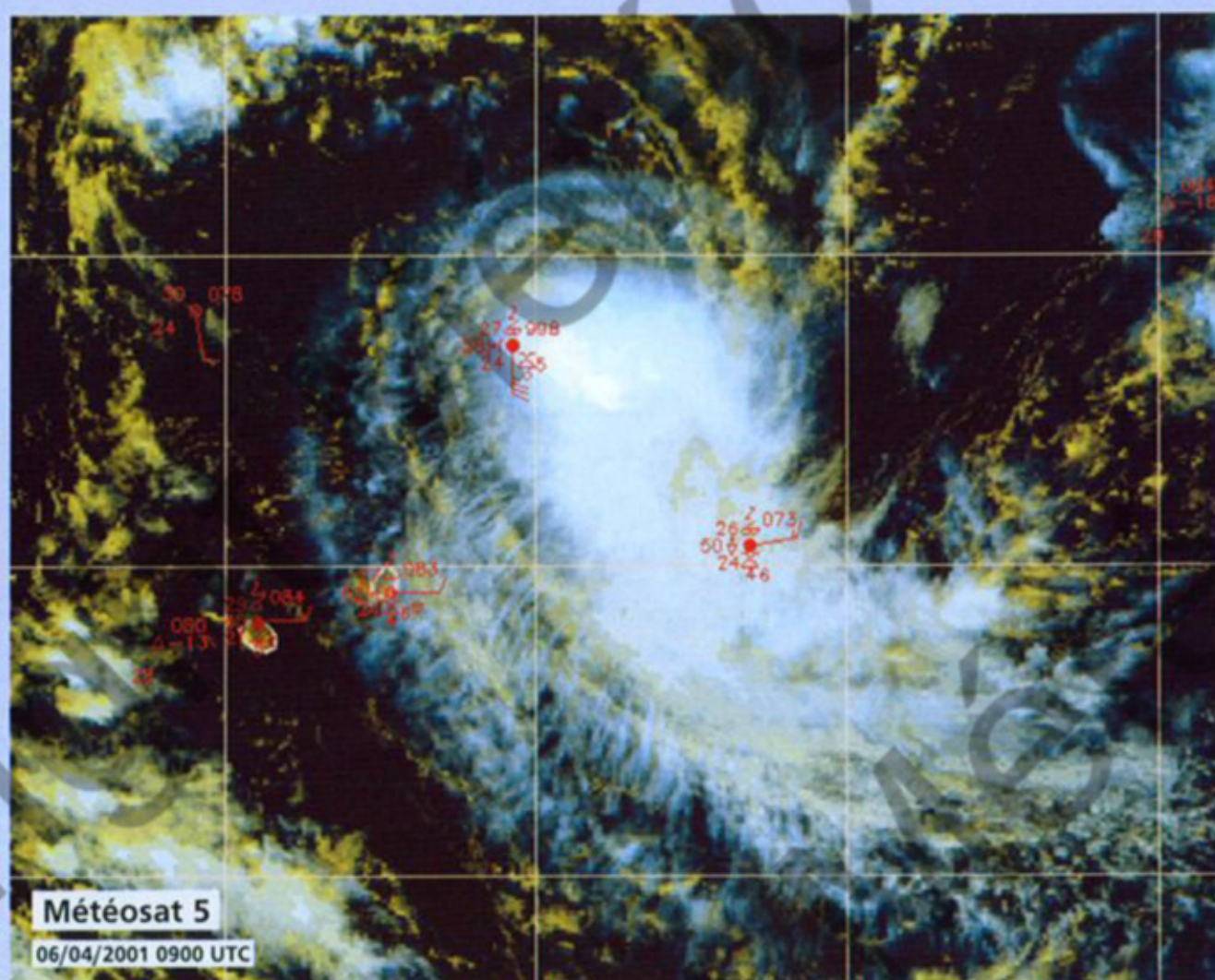
*GARCIA Island at the time, the weak low centre (estimated at 1006 hPa) then shifted to the west-southwest while deepening very slowly. Despite a favourable environment (weak vertical wind shear and good upper divergence), the cloud system toiled at getting organised. The very fluctuating convection remained broken and insufficiently represented until 2nd April. On that date, the gathering of the cloud clusters and the improved swirling shape asserted by the cloud elements could let one presume that cyclogenesis had initiated.*

*The enhanced low circulation displayed by the late afternoon QuikScat swath, especially on the equatorial side within the monsoon flow, confirmed the visual impression left by the satellite picture. The low centre, now estimated to be 1003 hPa, was then located some 600 km east-northeast of AGALEGA Island, drifting slowly southward and thus approaching latitude 10°South.*

#### EVOLUTION

*During the night of 2nd April, massive blow up of deep convection developed around the low centre leading the system to being graded as a tropical disturbance (N°9). After this first peak of convection, it collapsed and then degenerated in the course of the 3rd, leaving the meso-scale vortex related to the disturbance clearly visible this time. Things remained more or less the same*





**EVARISTE** passe au large de ST-BRANDON (à plus de 130 km à l'est). La tempête est en voie d'affaiblissement par cisaillement de vent de nord-ouest et présente l'allure caractéristique d'un système en début de phase de cisaillement (circulation de basses couches -en jaune- partiellement exposée, arc de cirrus du côté au vent du flux d'altitude, avec échappement sous le vent). Les observations de surface ont été superposées à l'image. ST-BRANDON se situe quasiment à la limite de l'extension du coup de vent dans le secteur ouest de la perturbation (correspondant ici au demi-cercle maniable).

**EVARISTE** when tracking east of ST-BRANDON (centre more than 130 km offshore). The storm was about to weaken through northwesterly windshear and displayed the typical cloud features of an initial shear pattern (low level clouds -in yellow- partly exposed, cirrus bowing on the windward side of the upper flow and blowing off on the leeward side). Surface observations have been superimposed to the image. ST-BRANDON was located on the western boundary of the gale force winds, here in the navigable semi-circle of the storm.

until the next day although some sporadic flare-ups of convection popped near the low centre, but without having any real impact on the disturbance whose intensity remained nearly stationary. Meanwhile, Depression N°10 which had intensified more rapidly than Disturbance N°9, nearly got named EVARISTE.

It was only in the afternoon of the 4th that the system finally reached the stage of tropical depression. After having trekked since the previous day at a more rapid pace southeastward, the low centre had just recurved, thus heading for the west-southwest along the isobars of the low and middle troposphere ridge which had temporarily strengthened in the south and to which the steering flow had now been handed over.

After an extremely laborious genesis, the depression then went through a downright intensification phase in the next 24h, during which the disturbance gained one and a half point on the Dvorak intensity scale. After another outburst of convection, the threshold of moderate tropical storm was crossed in the course of the night of the 4th and the system was thereafter named EVARISTE.

A few hours later, the storm turned to the south-southwest. This change of course was due to the rapid alteration of the synoptic environment following the arrival of a significant weakness in the pressure field at subtropical latitudes (induced by a transiting polar trough far south of the MASCARENES).

As EVARISTE got closer to latitude 15°South, it was now standing beneath the upper ridge axis and benefited from better intensifying conditions so as to quickly deepen. In the middle of the day on 5th, a small banding eye appeared in the inner part of the curved band of convection on the visible imagery, but then disappeared quite rapidly becoming cloud filled within a CDO (Central Dense Overcast) which expanded in the first part of the following night. EVARISTE was verging upon the threshold of tropical cyclone stage when its intensity finally stalled at the upper level of severe tropical storm stage.

The prospects did not look very promising for the storm since once it had crossed latitude 15°South, EVARISTE was expected to enter into an environment of increasing vertical wind shear. Being still attracted towards the weakness in the pressure field set in the

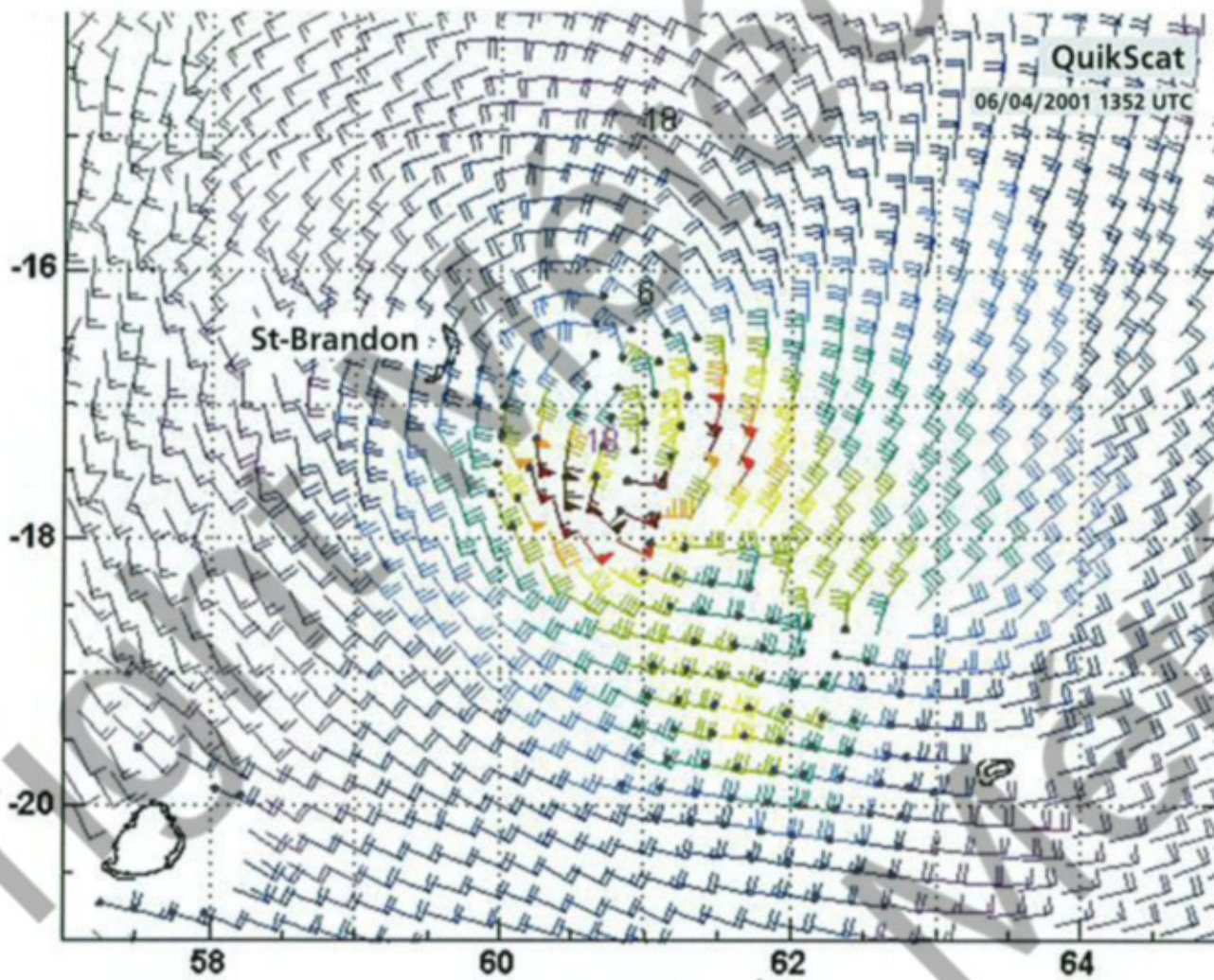
du champ de vent en surface, c'est encore au maximum de son intensité qu'EVARISTE passe quelques heures plus tard, en début d'après-midi du 6, dans l'est de ST-BRANDON, à environ 135 km au plus près. La station synoptique mauricienne basée sur un des îlots de l'archipel relève un minimum de pression de 1000,8 hPa (pression mer corrigée de la marée barométrique). Située dans le demi-cercle maniable de la tempête, elle n'avait enregistré préalablement que 91 km/h de rafale maximale (pour un vent moyen sur 10-mn culminant à 72 km/h).

Avec l'affaiblissement annoncé de la perturbation, deux scénarios sont alors envisageables : soit le cisaillement est rapide et la trajectoire du centre dépressionnaire risque d'incurver vers le sud-ouest, sous l'influence du flux directeur de basses couches, soit le découplage par cisaillement entre les basses couches et l'altitude ne s'opère pas rapidement, auquel cas le système peut être amené à accélérer tout en obliquant vers le sud-sud-est, aspiré à l'avant du talweg.

C'est finalement la seconde option qui se vérifie, du moins dans un premier temps. Le cisaillement de vent de nord-ouest demeure en effet modéré jusqu'au matin du 7. Le centre de basses couches, maintenu occulté jusqu'à ce moment-là sous la convection et les nuages d'altitude, devient difficile à positionner, passant à l'aube de ce 7 avril au plus près de l'île de RODRIGUES (à la distance estimée de 200 km au sud-ouest). Il ne réapparaît de manière évidente que dans l'après-midi (le petit vortex résiduel de basses couches associé se dévoilant enfin clairement hors de tout masque nuageux), ayant effectué dans l'intervalle un bond spectaculaire vers le sud (de plus de 650 km en 24h !). RODRIGUES, située elle dans le demi-cercle dangereux de la tempête, a connu des vents plus forts qu'à ST-BRANDON, avec 109 km/h en pointe (pour 79 km/h de vent maximal moyenné sur 10 minutes). Les précipitations, qui auraient été les bienvenues avant d'entamer la saison sèche, n'ont par contre pas été au rendez-vous, demeurant faibles (15 mm seulement sur l'épisode), tout comme à ST-BRANDON (23 mm).

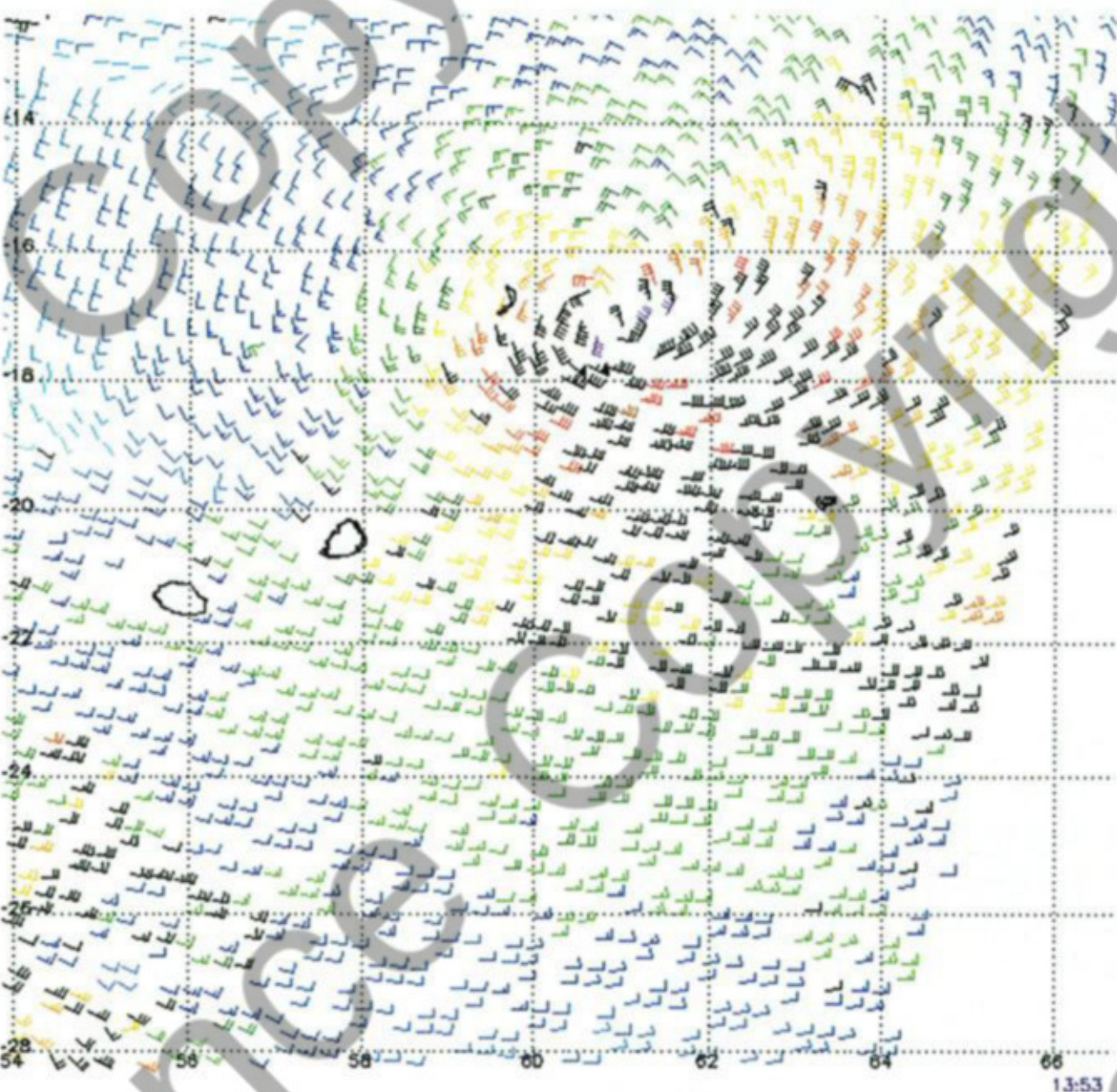
La masse nuageuse associée au météore, encore dense et compacte jusqu'en matinée du 7, ne peut résister davanta-





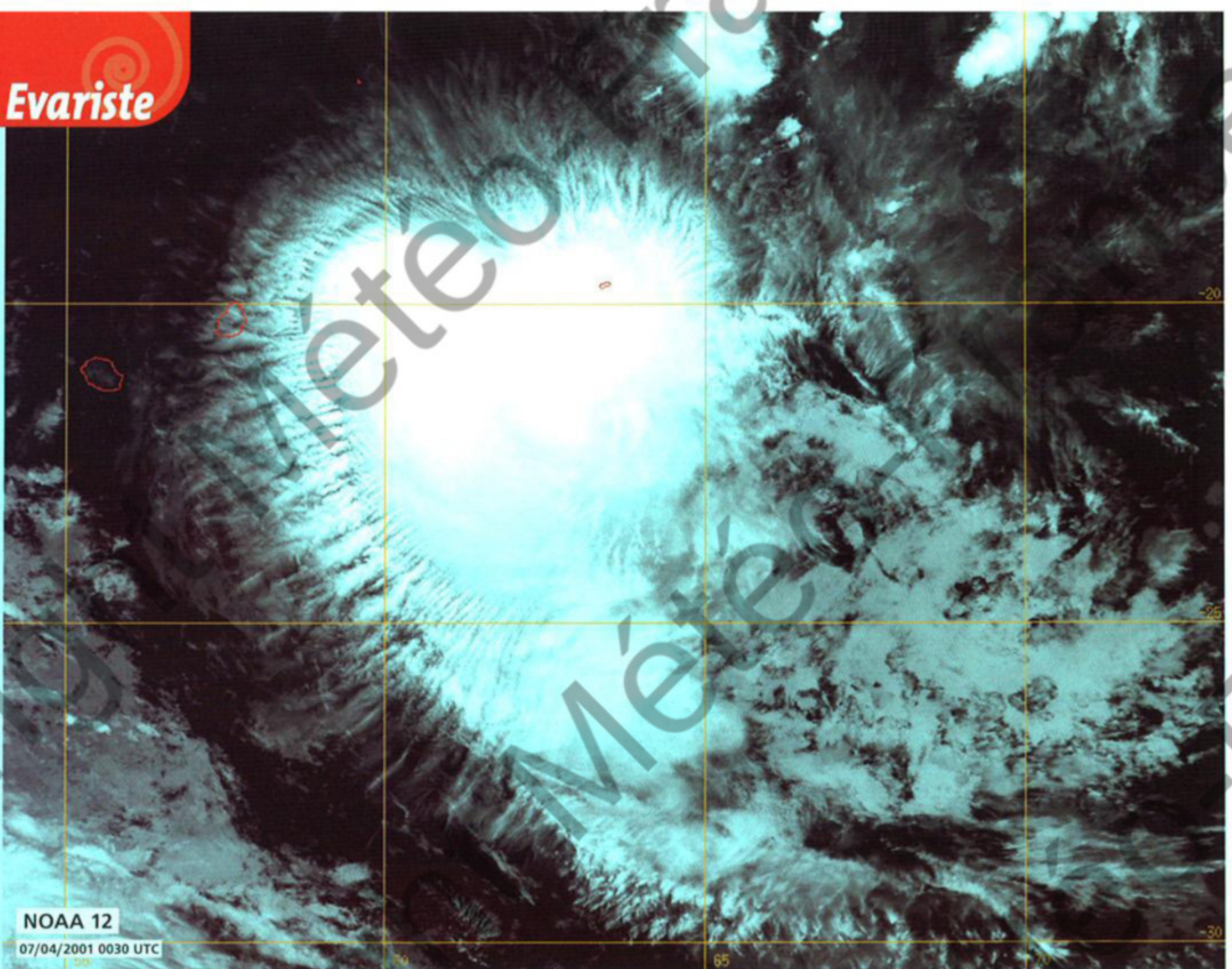
Les données diffusiométriques QuikScat sont une aide précieuse pour le suivi des systèmes dépressionnaires tropicaux. Elles permettant d'avoir accès à des éléments d'appréciation pertinents sur la position du centre de la circulation dépressionnaire, sur l'extension des vents forts (on peut voir ici que ST-BRANDON est désormais sorti de la zone de coup de vent dans laquelle il se situait quelques heures plus tôt au moment du passage au plus près du météore – voir image page précédente), et procurent également une information qualitative sur l'intensité des phénomènes, plus particulièrement pour les systèmes d'intensité faible ou modérée. Mais ils requièrent une certaine expertise pour leur interprétation. Il existe en particulier plusieurs "solutions" QuikScat pour les champs de vents dérivés. Sont présentées ici trois solutions différentes (NESDIS, RSS et FNMOC).

*QuikScat scatterometer data are a precious tool when monitoring tropical systems. They provide access to relevant information concerning the location of the centre, the extension of the strong winds (here we can see that the radius of gale force winds had moved away from ST-BRANDON – to be compared to the situation a few hours earlier when the meteor was at its closest distance, see above) and also to qualitative intensity estimates of the systems, especially valuable for weak and moderate systems. But they require some expertise in interpretation since there are for instance several QuikScat "solutions" for the retrieved wind fields. Here are shown three different solutions (coming from NESDIS, RSS and FNMOC).*



*subtropics, the meteor did indeed keep moving on a meridian-like course and was dipping down towards the south latitudes at 10 to 15 km/h. And so, the disturbance soon shifted poleward of the upper ridge, and faced the northwesterly stream flowing ahead of the aforementioned polar trough which spread as far as to the north of COMOROS in the upper troposphere. As EVARISTE moved further south, the northwesterly upper flow reinforced. So did the vertical wind shear, which started to affect the cloud structure of the system in the morning of 6 April, as testified by the satellite imagery. Despite this incipient weakening and given the inertia of the surface windfield, it was still at its peak of intensity that EVARISTE passed to the east of ST-BRANDON a few hours later in the early afternoon of the 6th, at about 135 km to the closest. Prior to that, the synoptic station belonging to MAURITIUS based on one of the archipelago's islets, thus in the navigable semi-circle of the storm, had recorded only 91 km/h of maximum gust (and 72 km/h max 10-min average wind). With the expected weakening of the disturbance, two scenarios were then possible : either the wind shear would be rapid and the track of the low centre might recurve towards the southwest under the influence of the steering flow of the lower layers, or else, the shearing cleavage of the lower and upper layers would be delayed in which case the system would be led to pick up forward speed while turning more to the south-southeast ahead of the trough.*





NOAA 12  
07/04/2001 0030 UTC

**EVARISTE** passe entre MAURICE et RODRIGUES en phase d'affaiblissement. Seule cette dernière île est concernée par le météore, la convection et les masses pluvieuses associées s'étendant principalement dans le secteur sud-est du centre dépressionnaire, alors situé sous la partie nord-ouest de la masse nuageuse (pour l'heure encore modérément cisailée).

**EVARISTE** on a weakening trend when passing between MAURITIUS and RODRIGUES Islands. Only the latter one was concerned by the meteor since the convection and cloud masses extended mainly southeast of the low level centre, which was located beneath the northwestern part of the storm (still moderately sheared at the time).

It was finally the second option that prevailed, for a while at least. The northwesterly wind shear did indeed remain moderate until the morning of the 7th. Hidden underneath the convection and upper clouds the low level centre became hard to pinpoint, passing closest to RODRIGUES Island at dawn of the 7th (at an estimated distance of 200 km to the southwest). Only in the afternoon did it obviously reappeared (the related small residual vortex of low clouds uncovering clearly at last outside the cloudshield) after having made a spectacular jump towards the south in the meantime (over 650 km in 24h!).

Unlike ST-BRANDON, RODRIGUES experienced the stronger winds of the dangerous semi-circle and recorded 109 km/h of peak gust (the peak 10-min average being set at 79 km/h). The rain bands, which would have been welcome before the dry season, missed the island so that the cumulated rainfall amount was only 15 mm (23 mm in ST-BRANDON).

The cloud mass related to the meteor, which had remained dense and compact until the morning

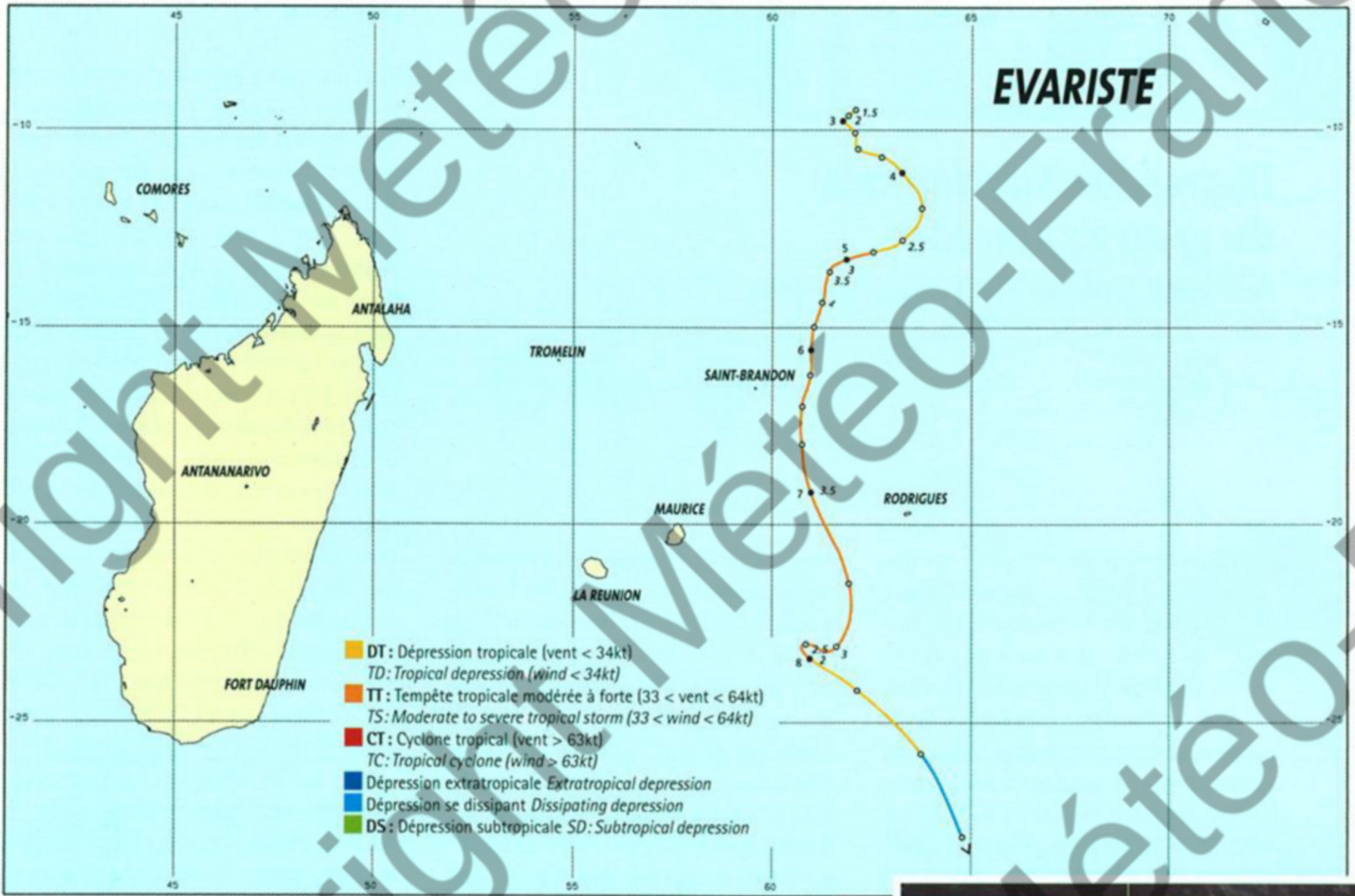
of the 7th, could no longer resist to the wind shear and so it mostly disintegrated in the course of the following night. Then the sheared off low filled up gradually, strong winds holding on for a while in its southeastern sector. After braking suddenly in the late afternoon of the 7th, the residual low was now moving reluctantly. Attracted for a while towards the west by the clockwise circulation related to a low which had formed off the southeast coast of MADAGASCAR, it eventually resumed motion towards the southeast in the late night of the 7th. In the afternoon of 8th April, it sped up to over 40 km/h and soon disappeared, dissipating on the following night not far from latitude 30°South.

After a laborious genesis, EVARISTE experienced not long enough favourable conditions to develop into a tropical cyclone. Despite that, it was a mature system which threatened the MASCARENES for a while, before finally passing in between the MAURITIUS' territories of ST-BRANDON and RODRIGUES causing no major influence.

ge à l'accentuation du cisaillement de vent et se volatilise pour l'essentiel la nuit suivante. Le minimum dépressionnaire cisailé va ensuite en se comblant ; des vents forts perdurent temporairement jusqu'à bonne distance dans son secteur sud-est. Ayant freiné brutalement en fin d'après-midi du 7, le centre dépressionnaire résiduel hésite quant à son déplacement. Un temps attiré vers l'ouest par la circulation dépressionnaire liée à un minimum s'étant formé au large des côtes sud-est de MADAGASCAR, il reprend finalement une trajectoire en direction du sud-est en fin de nuit du 7 au 8. Accélération ensuite à plus de 40 km/h dans l'après-midi du 8 avril, il disparaît rapidement, se dissipant la nuit suivante non loin du 30° parallèle sud.

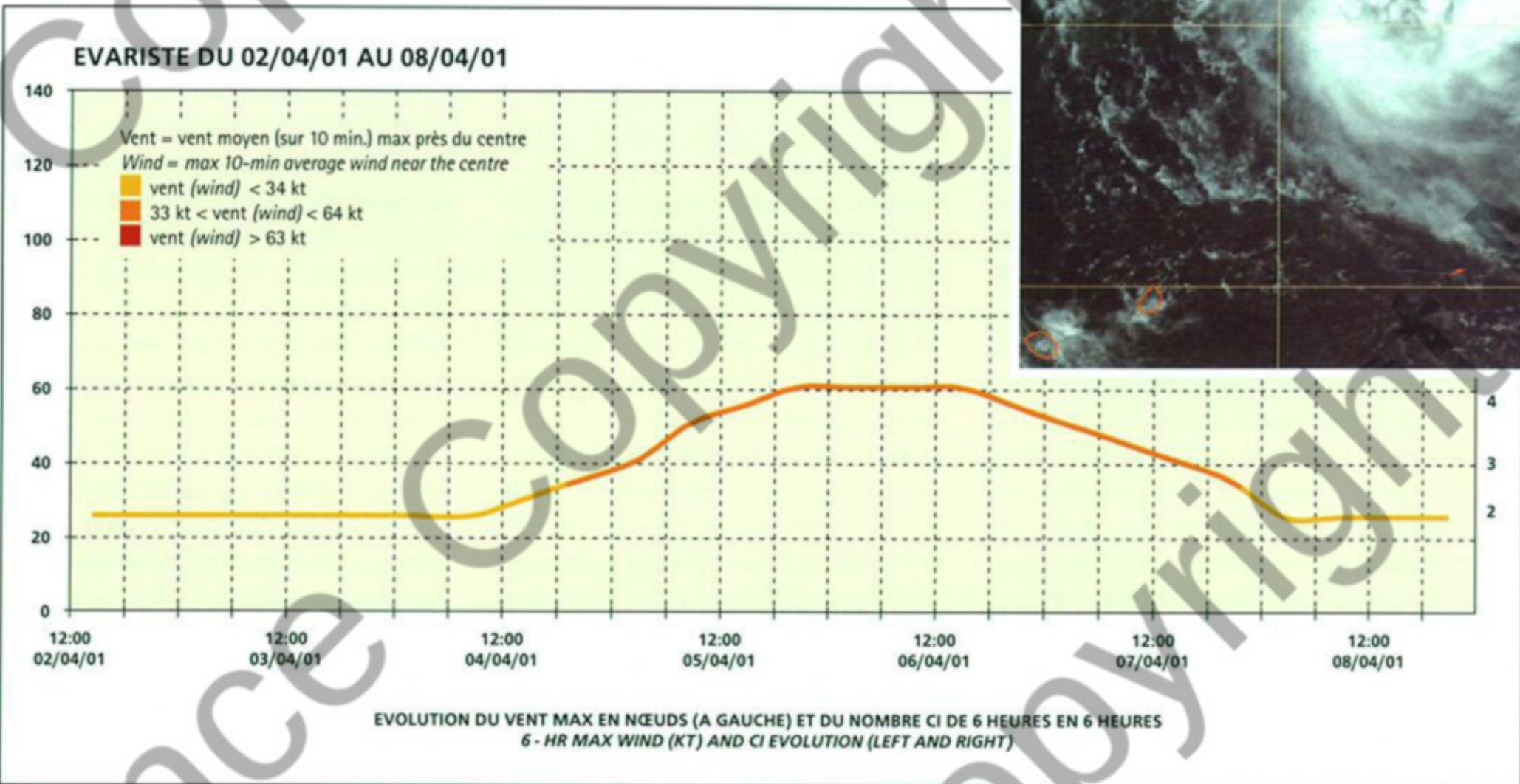
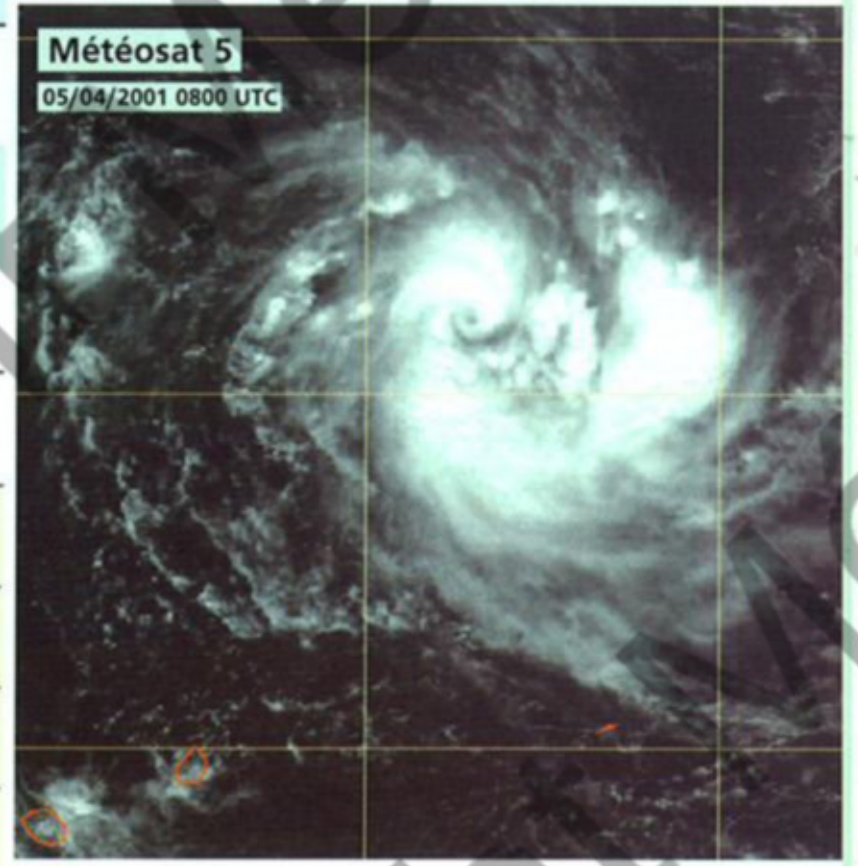
Après une genèse laborieuse, EVARISTE n'aura bénéficié de conditions de développement favorables que de manière trop éphémère pour lui laisser le temps d'atteindre le stade de cyclone tropical. Malgré cela, c'est un phénomène mature qui aura menacé un temps les MASCAREIGNES, avant finalement de passer entre les possessions mauriciennes de ST-BRANDON et de RODRIGUES sans conséquence dommageable.





Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

**EVARISTE** a franchi depuis peu le seuil de la forte tempête tropicale et vient de développer un petit œil en bande sur l'imagerie visible.  
**EVARISTE** had just crossed the threshold of severe tropical storm stage when it developed a small banding eye feature on visible imagery.





# DS N° 11

## Dépression Subtropicale du 19 au 24 juin 2001

*Subtropical Depression « N°11 » (19-24 June 2001)*

**L**e dernier système dépressionnaire de la saison cyclonique 2000-2001 s'est formé très tardivement et n'aura pas été le moins original. Ce système n°11 aura, en effet, connu une genèse et un développement totalement atypiques, mais présentant des analogies évidentes avec le système dépressionnaire subtropical n°13 qui avait été observé en avril 2000, lors de la saison précédente. Tout comme ce dernier, il n'a pu être nommé en temps réel, bien que l'intensité atteinte eût justifié sans la moindre ambiguïté un baptême.

### FORMATION

Tout part d'un simple et banal talweg polaire qui transite au sud de l'AFRIQUE du SUD entre 35 et 40°S le 18 juin. Associée à cette onde barocline, une ondulation de front froid encore peu marquée devient plus prononcée le lendemain, l'alimentation en air chaud à l'avant du front lui conférant un caractère franchement instable (présence de cumulonimbus). Mais l'élément le plus important intervient en fin de cette même journée du 19 juin, à savoir que cette ondulation se voit déconnectée du front froid initial et de la circulation d'ouest des moyennes latitudes, pour évoluer en dépression de "cut-off" au sud-est de l'AFRIQUE du SUD.

Le minimum dépressionnaire associé se situe alors au sud du canal de MOZAMBIQUE, légèrement au nord du 35° parallèle sud.

Mais, dès la nuit suivante, il amorce un déplacement en direction du nord-nord-ouest. Cette migration méridienne s'effectue le long de la bordure orientale de la puissante dorsale qui s'est installée en basse troposphère depuis l'AFRIQUE du SUD jusqu'au MOZAMBIQUE (succédant au talweg polaire initial) et s'accompagne simultanément d'une dégénérescence rapide de la perturbation nuageuse associée à cette dépression - désormais isolée au sein des hautes pressions subtropicales.

Dans un environnement de fait très subsidant en basse troposphère, seule la tête de l'occlusion présente au voisinage immédiat du minimum dépressionnaire conserve un peu de vitesse verticale ascendante et résiste encore, se réactivant même en fin de journée, avec un peu de convection associée qui se développe autour puis sur le centre dépressionnaire.

Parvenant ainsi à survivre à la dissipation nuageuse qui affecte majoritairement le système, ce petit amas nuageux a entre-temps poursuivi sa remontée vers le nord à grand train (plus de 40 km/h de vitesse moyenne de déplacement en journée du 20).

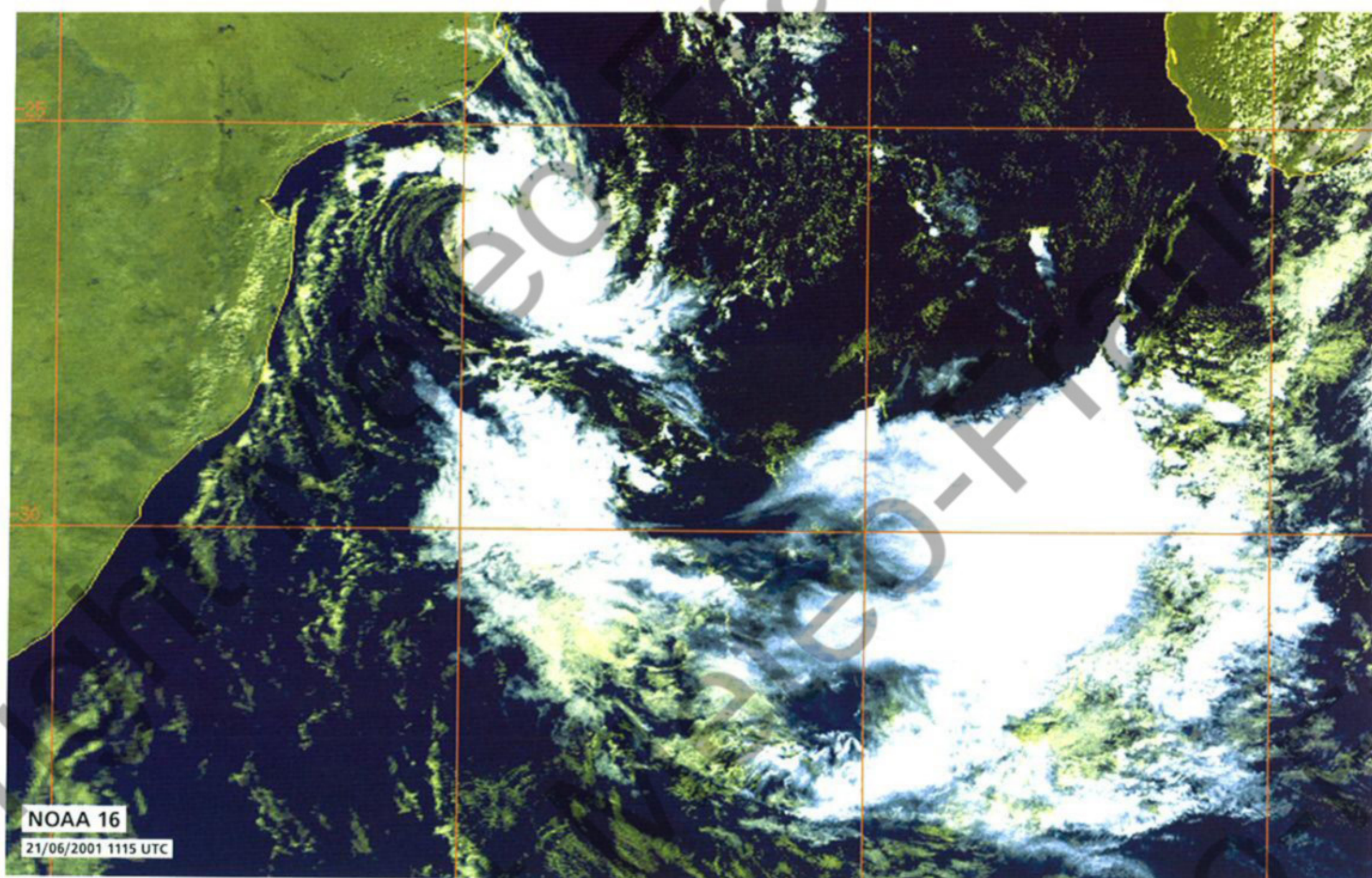
Le petit noyau de tourbillon associé à ce minimum dépressionnaire faible (pression centrale estimée à 1010 hPa en soirée) a jusque-là réussi à se maintenir essentiellement grâce à l'apport de vorticités alimenté, via le sud-ouest de la circulation dépressionnaire, par la vigoureuse poussée de flux de sud entretenue sur la façade orientale de la dorsale africaine.

### EVOLUTION

Mais les choses vont se modifier la nuit suivante. Du fait de sa remontée rapide vers le nord-nord-ouest, le minimum dépressionnaire se rapproche désormais du 27° parallèle sud et de la côte africaine, dont il ne se situe plus qu'à une centaine de km au large seulement en fin de nuit du 20 au 21 (dans le secteur sud-est de Maputo). Il se retrouve ainsi sur des eaux plus chaudes, avec la présence à ce niveau du courant marin chaud des Aiguilles. Avec des conditions thermodynamiques en surface ainsi nettement modifiées, le système va dès lors changer de structure assez rapidement et se tropicaliser fortement en cours de nuit du 20 au 21, de la convection se développant au fil de la nuit au sein de la circulation dépressionnaire, avant de venir se concentrer près du centre dépressionnaire en fin de nuit, avec constitution d'un petit amas nuageux central dense (CDO). Le changement de contexte océanique semble bien être le principal responsable de cette transformation rapide. Car le contexte atmosphérique demeure fondamentalement le même, c'est-à-dire foncièrement barocline, avec la présence d'une goutte froide d'altitude associée à la large circulation dépressionnaire isolée en "cut-off", cette situation d'altitude participant du potentiel de convection, via l'instabilité induite de la masse d'air en moyenne et haute troposphères. On a alors affaire à un système typiquement subtropical, système hybride se développant dans un environnement où se mêlent influences d'origine tropicale et d'origine polaire. En début de journée du 21, le système n°11 effectue un virage vers l'est, lui faisant ainsi suivre une trajectoire quasiment parallèle à la côte mozambicaine, puis en éloignement progressif. La vitesse de déplacement, qui a nettement chuté par rapport à ce qu'elle était la veille, n'est plus que de 20 km/h et va continuer de diminuer jusqu'en fin d'après-midi. Dans le même temps la perturbation va connaître une intensification spectaculaire.

Avec le renforcement et le regroupement de la convection observés au fil de la nuit précédente, le minimum dépressionnaire a commencé de se creuser significati-





La dépression subtropicale n°11 à son apogée. C'est un système de très petite taille, dit "midget" (seulement 75 km de diamètre pour la partie centrale entourant l'œil) et associé à de la convection peu profonde (la température de pixel la plus froide mesurée en canal IR pour cette image étant de  $-47^{\circ}\text{C}$ ).

*Subtropical depression N°11 at peak intensity is a very small-sized phenomenon (a mere 75 km in diameter for the central part surrounding the eye). This midget system is associated to rather shallow convection (the lowest value of the pixel-related temperature being set at  $-47^{\circ}\text{C}$  on the IR channel corresponding to this picture).*

vement, comme en atteste le champ de vents dérivé de l'orbite QuikScat du début de journée de ce 21 juin. Malgré les limites d'interprétation liées à la contamination des données par les précipitations, on peut estimer que les vents atteignent déjà la force du coup de vent. Mais les choses ne vont pas en rester là, car le creusement du système se poursuit et s'amplifie en matinée, avec, en l'espace de quelques heures, une organisation très rapide des masses nuageuses associées à la perturbation, qui aboutit, dès le courant de matinée, au développement d'une structure à œil au sein du CDO central. La définition de l'œil, d'environ 15 km de diamètre, s'améliore au cours des heures suivantes et atteint son apogée en fin d'après-midi.

La dépression subtropicale n°11 est alors un système de très petite taille (système nain dit "midget"), avec une masse nuageuse associée de 200 à 250 km d'extension horizontale, mais un cœur central du météore beaucoup plus restreint, puisque le CDO entourant l'œil ne fait lui que 75 km de diamètre. La circulation dépressionnaire présente des caractéristiques similaires, avec une extension extrêmement réduite des vents forts,

*The last depression of the 2000-2001 cyclone season formed very late and it was quite an original system. Indeed, this N°11 system went through totally atypical genesis and development phases while displaying obvious analogies to subtropical depression N°13 which had been observed in April 2000 during the preceding cyclone season. Just as it was the case for the latter, this system could not be named in real time although the intensity reached would have undoubtedly deserved such.*

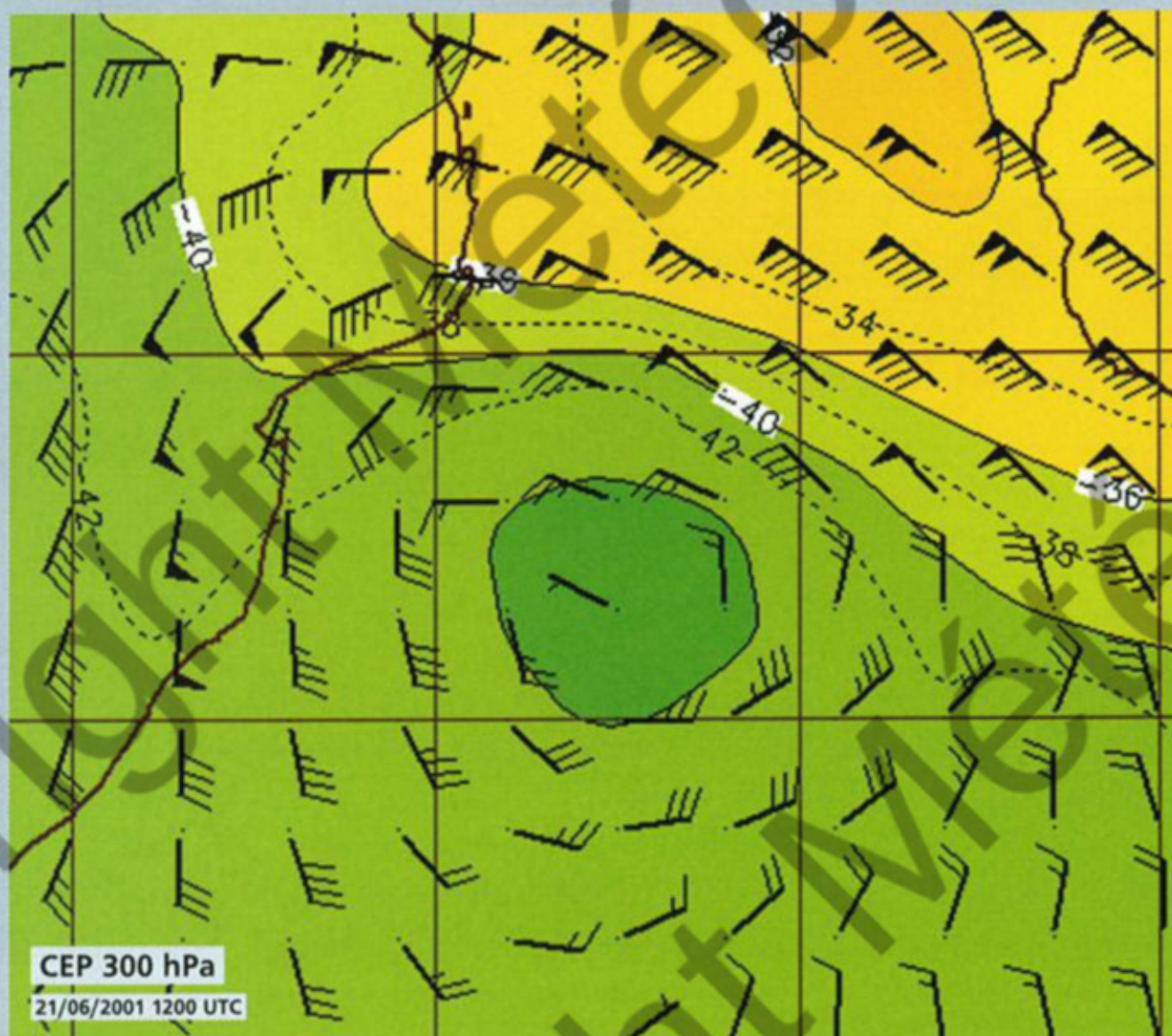
#### FORMATION

*Everything started from a simple and ordinary polar trough transiting south of SOUTH AFRICA between  $35^{\circ}\text{S}$  and  $40^{\circ}\text{S}$  on 18th June. Related to this baroclinic disturbance, a wave in the cold front could be seen -fairly weak at the time but which became more pronounced on the following day, with the feeding of warm air ahead of the cold front making it look extremely unstable (presence of cumulonimbus). However, the most important event occurred at the end of the day on 19th June, when this wave was disconnected from the initial cold front and from the mid-latitudes westerlies, thus evolving as a "cut-off" depression southeast of SOUTH AFRICA. The associated low was then situated south of the MOZAMBIQUE Channel, slightly to*

*the north of latitude  $35^{\circ}\text{South}$ . However, the very next night it started to move towards the north-northwest. This meridian-like migration occurred along the eastern boundary of the strong ridge which had settled in the low troposphere from SOUTH AFRICA to MOZAMBIQUE (replacing the initial polar trough). Simultaneously, the cloud disturbance related to the depression which was now embedded within the subtropical high, degenerated rapidly. In the highly subsiding environment in the lower troposphere, only the head of the occlusion right next to the low centre kept some vertical ascending motion and managed to resist and even reinvigorated at the end of the day with some related convection which developed around and then over the depression centre.*

*As it managed to survive the dissipating trend which mostly affected the cloud system, this small cloud cluster had kept speeding up north in the meantime (at over 40 km/h average moving speed in the day of the 20th). The small core of vorticity related to the weak low centre (central pressure estimated at 1010 hPa in the evening) had been able to stay alive mainly thanks to the supply in vorticity provided via the southwestern part of the low circulation by the vigorous surge of southerly flow sustained on the eastern side of the African ridge.*





Champs de vent et de température analysés par le modèle du Centre Européen (CEPMMT) à 300 hPa le 21/06/2001 à 12 utc.  
Temperatures and windfield analysis at 300 hPa valid 21/06/2001 at 12 utc (ECMWF model).

## EVOLUTION

But things would change on the following night. Due to its fast motion towards the north-northwest, the low centre was now getting close to latitude 27° South and to the African coast being only some 100 km offshore at the end of the night on the 20th (in the southeastern sector of Maputo). It was thus now standing on warmer waters and in the presence of the warm sea current of Agulhas. Given such greatly modified thermodynamic surface conditions, the system from now on changed structure quite rapidly and became tropical-like in the course of the night of the 20th, with convection developing during the night within the low circulation, before gathering close to the depression centre at the end of the night, leading to the development of a Central Dense Overcast (CDO). The change in oceanic context really seemed to be the one to be blamed for this fast transformation. Indeed, the atmospheric context remained more or less unchanged, i.e. mainly baroclinic, with the presence of an upper cold-air drop related to the vast "cut-off" low circulation; this upper situation contributing to the convection potential through the induced instability of the middle and high troposphere air mass. This was now a typical subtropical hybrid system which

was developing in an environment of mixed tropical and extratropical influences.

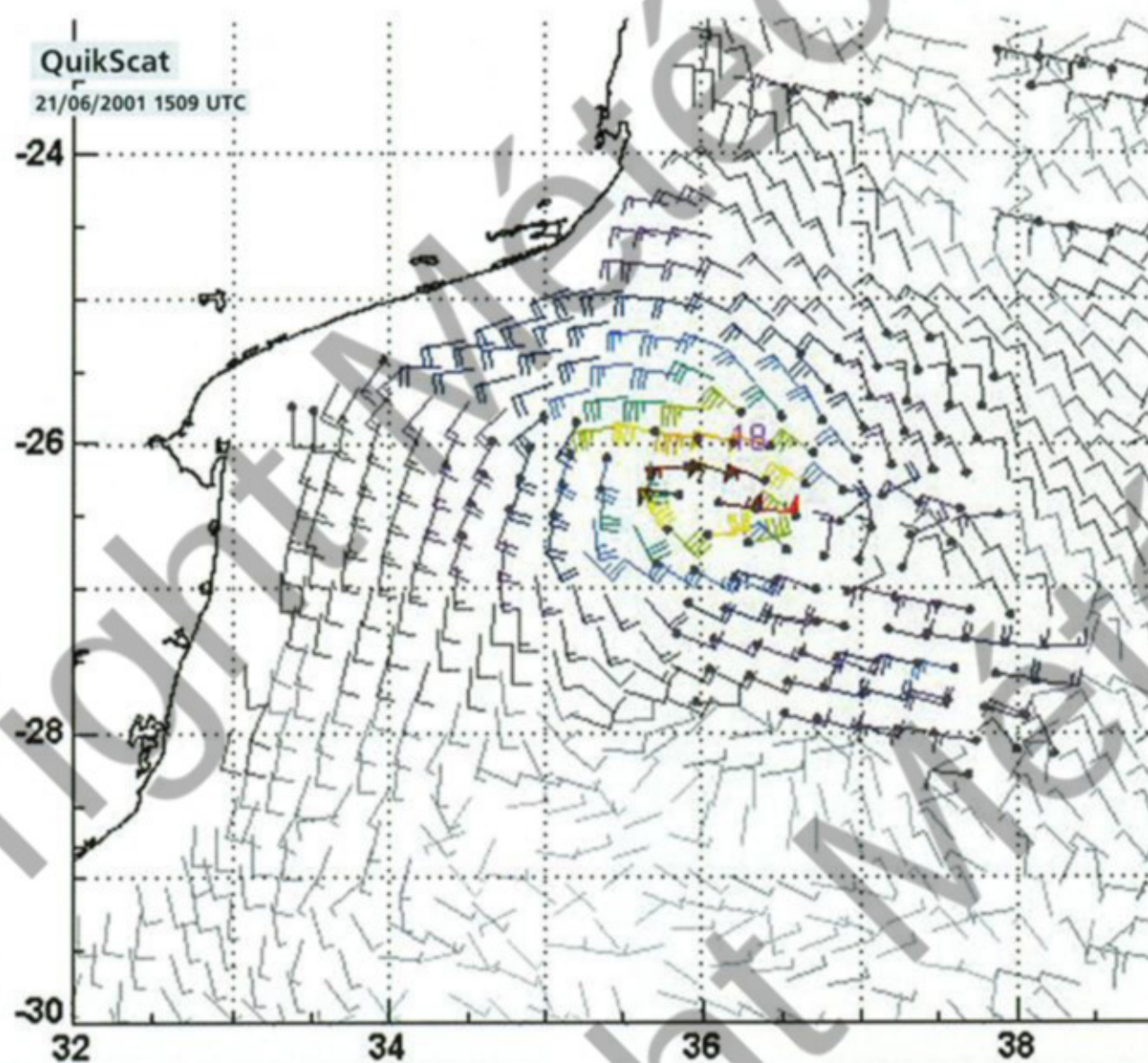
In the early day of the 21st, system N°11 veered to the east and took on a course which was nearly parallel to the Mozambican coast and then progressively moved off. The speed of movement was much slower than the previous day and had dropped to 20 km/h and went on diminishing until the late afternoon. At the same time, the system intensified dramatically. With the strengthening and gathering of the convection observed throughout the previous night, the low centre had started to deepen significantly as testified by the windfield derived from the QuikScat swath of the early hours on the 21st. Despite the limited data interpretation due to rain contamination, winds could be confidently assessed to reach gale force. But things would not remain such as the deepening of the system continued and amplified in the morning with, in just a few hours, a very fast organisation of the cloud masses related to the disturbance which led to the development of an eye structure within the central CDO. The 15 km diameter eye became better defined in the course of the succeeding hours and reached its peak definition in the late afternoon. Subtropical depression N°11 was then a very small system ("midget" system) with an associated cloud mass of 200 km to 250 km of

puisque l'on peut ainsi estimer le rayon du coup de vent à environ 60 km au vu des données QuikScat acquises peu après. Pour ce qui est de l'intensité des vents maximaux présents autour de l'œil, l'incertitude demeure quant à leur valeur réelle, mais ces mêmes données QuikScat laissent à penser que ces vents atteignaient au moins la force de la tempête au moment du pic d'intensité de la perturbation.

Ce système dépressionnaire, à l'origine hybride, présente, à cet instant, tous les traits d'un système purement tropical, à ceci près que la convection présente un développement atypique. A l'image du système subtropical d'avril 2000 (qui s'était développé dans la même zone, à quelque 300 km au nord), la convection est moins profonde que pour un système dépressionnaire tropical classique. La température de pixel la plus froide relevée au niveau de la convection (sur l'imagerie satellitaire haute résolution) a en effet été mesurée à -47°C (alors que les températures des sommets nuageux les plus froids sont généralement inférieures à -75°C, voire à -80°C, dans les perturbations matures d'origine purement tropicale). Cette température inhabituellement "chaude" s'explique par le contexte particulier de développement de cette perturbation hybride, l'extension verticale de la convection profonde étant en l'occurrence limitée par l'altitude de la tropopause (relativement basse au sein du "cut-off", avec un minimum local de tropopause situé vers 10 000 m d'altitude au niveau de la goutte froide d'altitude, la température de -47°C correspondant d'ailleurs tout à fait avec les valeurs affichées par les modèles numériques pour la température de ce minimum de tropopause).

Si les vents violents perdurent la nuit suivante, par inertie, le météore est déjà en voie d'affaiblissement au vu de la structure nuageuse du système. L'œil a disparu en début de nuit et le vortex de basses couches apparaît ensuite partiellement exposé dans la partie ouest du système, trahissant une ventilation excessive de ce côté "au vent" du flux d'altitude. Cette nouvelle configuration est la conséquence d'une évolution défavorable dans l'environnement de la perturbation. Désormais en déphasage croissant avec





Champ de vents dérivés des données diffusiométriques du satellite QuikScat sur la dépression subtropicale n°11, alors au maximum de son intensité. Sur cette solution RSS (Remote Sensing Satellite), la circulation dépressionnaire a été bien appréhendée. Notez la faible extension des vents forts au sein de ce système nain ("midget"), la taille du système (définie par le rayon du coup de vent) étant ici d'environ 60 km seulement. La force des vents les plus forts présents près du centre est sujette à caution, en raison de leur contamination potentielle par les précipitations, ainsi que de la résolution insuffisante du diffusiomètre.

*Subtropical depression n°11 at peak intensity: windfield derived from the QuikScat scatterometer data. On this RSS (Remote Sensing Satellite) solution the clockwise circulation has been fairly well resolved. Notice the small extension of the strong winds within this midget system, the size of the system (as defined by the radius of gale force winds) being of about 60 km only. The figures of the strongest winds existing near the centre should not be taken as fair values because of the potential rain contamination and also the insufficient resolution of the scatterometer.*

la dépression d'altitude, qui s'éloigne en direction du sud-est, celle-ci se retrouve de ce fait soumise à un flux de secteur ouest de plus en plus virulent sur la façade nord de la circulation dépressionnaire d'altitude. Le système nuageux ne va pas résister bien longtemps à ce renforcement du flux d'altitude. Au matin du 22 juin, la convection a quasiment disparu ; il ne reste plus qu'un anneau de nuages bas et moyens entourant une petite zone centrale claire, vestige de l'œil antérieur. La dégénérescence est aussi rapide qu'avait été la phase de creusement et à la mi-journée ne perdure plus qu'un petit vortex résiduel de nuages bas, déjà bien affaibli.

En cours de nuit précédente le système avait accéléré brutalement à 30-35 km/h, le flux directeur se renforçant vigoureusement en réponse à l'évolution dans le même sens du flux d'altitude. Mais suite au cisaillement, le flux directeur est

désormais découplé de la situation d'altitude et la vitesse de déplacement est retombée à moins de 20 km/h en cette mi-journée du 22 juin. La trajectoire, orientée depuis plus de 24h est à est-nord-est, ne tarde pas à se modifier également, prenant un cap plus nord-est dans l'après-midi.

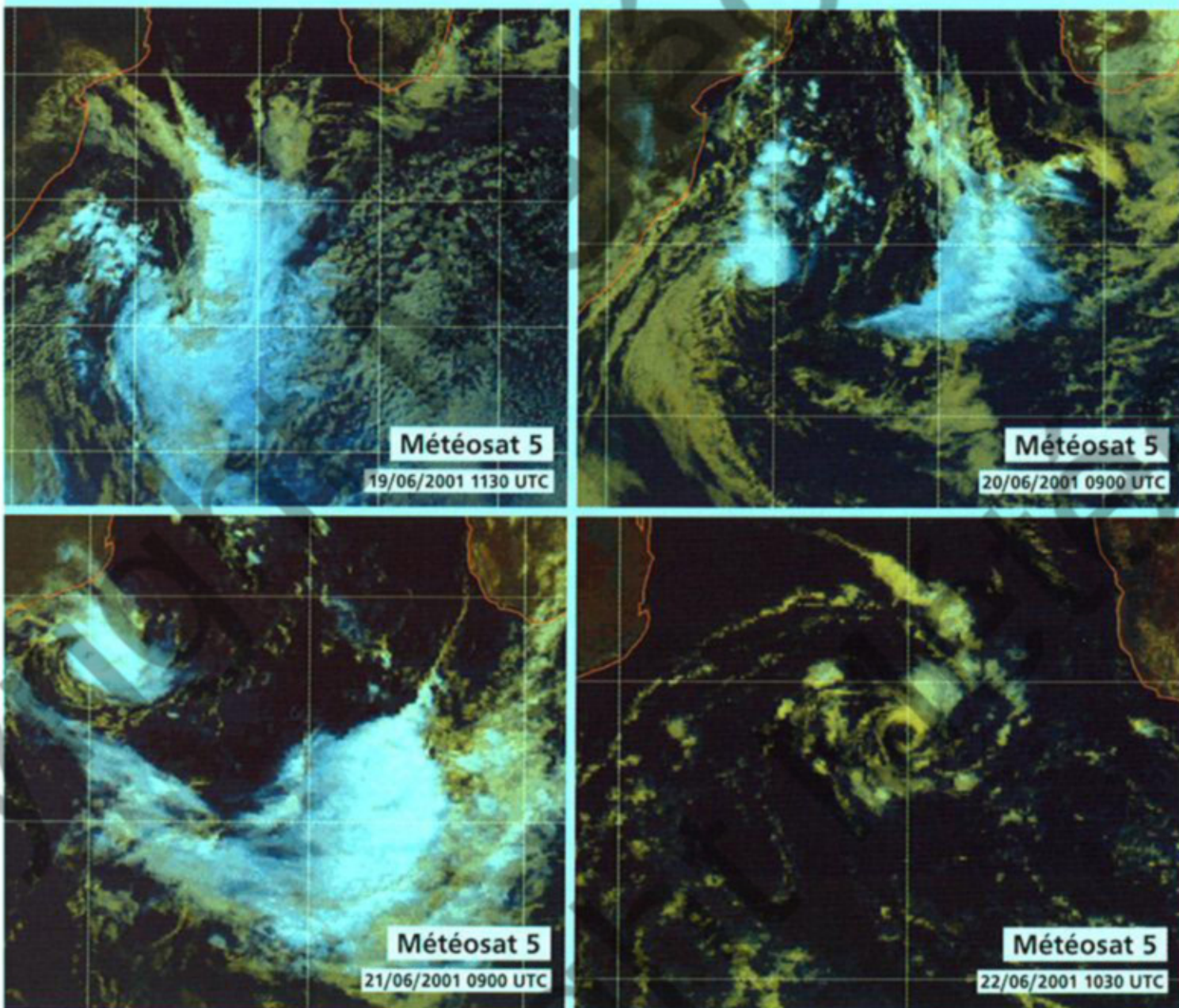
Le minimum dépressionnaire résiduel va ensuite en se comblant et incurve en direction du nord-nord-ouest à l'aube du 23, juste après avoir franchi le 25° parallèle sud. Repoussé vers le nord par une poussée anticyclonique qui se propage depuis le Sud du canal de MOZAMBIQUE, il peut encore être suivi durant 24h, avant de finalement se dissiper dans le secteur nord de l'île d'EUROPA.

Malgré une existence éphémère, ce système subtropical n°11 aura été singulier et remarquable à bien des égards. Outre son origine hybride, sa structure et sa

horizontal extension, yet the central core of the meteor was much smaller since the CDO encircling the eye was only 75 km in diameter. The clockwise circulation displayed similar features, with extremely reduced strong winds extension, since the radius of gale force winds could be estimated to be about 60 km according to the QuikScat data acquired a short while later. As for the intensity of the maximum winds present around the eye, there was still some uncertainty as regards their real value; however those same QuikScat data could let one believe that the winds reached at least storm force winds at the time of the disturbance's maximum of intensity. This initially hybrid depression system was now displaying all the features of a purely tropical system except for the fact that the convection was developing in an atypical way. Just as it was the case for the subtropical system of April 2000 (which had developed in the same area some 300 km more northward), the convection was not as deep as in a classic tropical system. The coldest pixel-related temperature read within the convection (on the high resolution satellite picture) was indeed  $-47^{\circ}\text{C}$  (while the temperature of the coldest upper clouds is generally below  $-75^{\circ}\text{C}$ , or even  $-80^{\circ}\text{C}$  in mature disturbances of purely tropical origin). This unusually "warm" temperature can be attributed to the particular development context of this hybrid system, the vertical extension of the convection being limited by the tropopause height (relatively low within the "cut-off", with a local minimum of tropopause height set at about 10 km within the upper cold air drop, while the associated temperature of this minimum of tropopause -estimated by the numerical weather products- corresponded well with this value of  $-47^{\circ}\text{C}$ ).

While violent winds perdured by inertia on the following night, the meteor was already on the wane according to the cloud structure of the system. The eye had disappeared at the beginning of the night and the low level vortex then became partially exposed in the western part of the system, thus revealing excessive ventilation on the "windward" side of the upper flow. This new configuration resulted from an unfavourable evolution in the environment of the disturbance, now getting increasingly out of phase with the upper low which was shoving off southeastwardly. Thenceforth subdued to an increasingly stiff westerly flow, the cloud system would not resist much longer to this strengthening upper stream. In the morning of the 22nd June, the convection had almost totally disappeared; there was only a ring of low and





Quatre jours à peine se seront écoulés entre la pré-génèse et la fin de vie de la dépression subtropicale n°11, un intervalle bien court durant lequel le système sera pourtant passé par de nombreux changements de structure : de l'ondulation de front froid originelle à la structure à œil lors de la phase mûre, puis au vortex cisailé résiduel de basses couches pour finir. Cette évolution sur 4 jours est ici retracée, à raison d'une image par jour.

*Only four days elapsed between the pre-genesis stage and the dissipation phase of subtropical depression n°11. Though quite short this lapse of time was sufficient to allow the system to go through many structural changes: from the original waving cold front to the sheared residual low-level vortex via the eye-pattern displayed at the mature stage. This four-day evolution is depicted above, at the rate of one picture a day.*

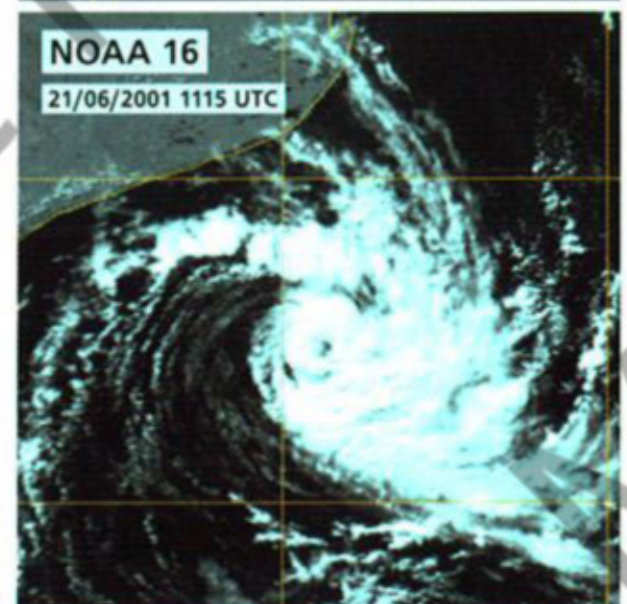
middle clouds left encircling a small clear central zone, the remnants of the former eye. The degenerating phase was as fast as the deepening phase had been and, by the middle of the day, only a small and already weakened residual vortex of low clouds subsisted. During the previous night, the system had sped up all of a sudden to 30-35 km/h, as the steering flow reinforced vigorously as a consequence of the corresponding evolution of the enhanced upper flow. But following the shearing, the steering flow was then decoupled from the upper situation influence so that the moving speed had dropped to less than 20 km/h by the middle of the day of 22nd June. The system which had been heading slightly equatorward than due east for over 24h, would soon change course and track more northeastward in the afternoon. Then the residual low gradually filled and recurved towards the north-northwest on the 23rd at dawn, just after crossing latitude 25°S. Pushed off to the north by a high pressure surge which spread from the southern MOZAMBIQUE

Channel, it was still traceable for 24h before finally dissipating in the northern sector of EUROPA Island.

Despite a short-lived life cycle, subtropical system N°.11 was quite unusual and remarkable in many respects. Beside its hybrid origin, atypical structure and trajectory (towards the low latitudes), the exceptionally late date of its formation will be recalled, since it developed on relatively cold waters (24-25°C sea surface temperature) as a result.

Finally, it was the most intense system to have developed so late in the season since the beginning of the satellite era (in 1991, GRITELLE had reached the tropical storm status very late but earlier still, as it was a little before mid-June). The fact that it developed over the MOZAMBIQUE Channel was yet another unusual and exceptional peculiarity, since there is no such trace of a tropical depression system having developed in the Channel in June, nor in May, since 1967 (beginning of the satellite era).

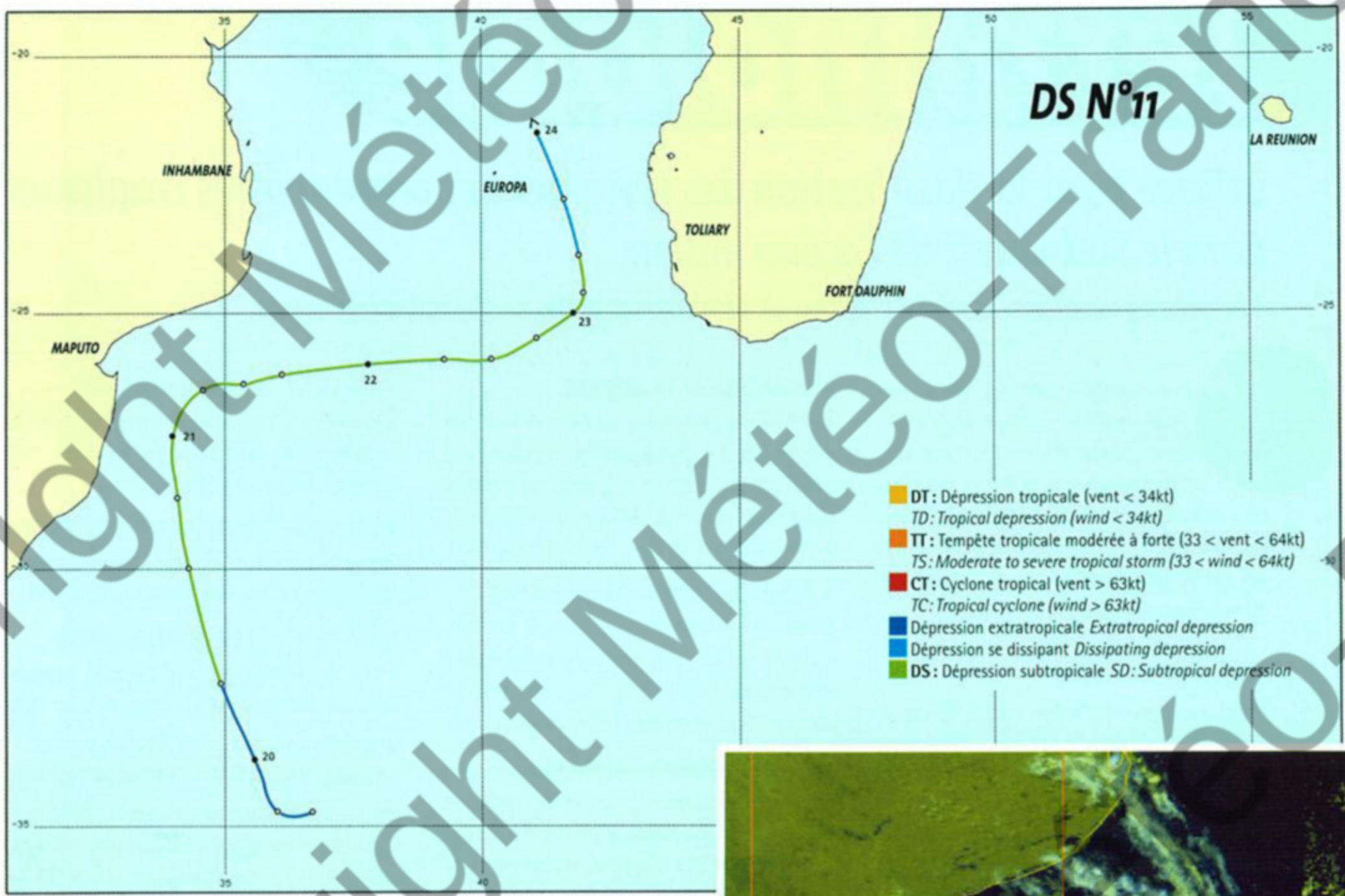
trajectoire atypiques (avec une remontée vers les basses latitudes), on retiendra le caractère exceptionnellement tardif de sa date de formation, qui l'a ainsi vu se développer sur des eaux relativement froides (24-25°C pour la température de surface de la mer). Enfin, c'est le système le plus intense à avoir évolué aussi tard dans la saison depuis le début de l'ère satellitaire (en 1991, GRITELLE avait atteint le stade de tempête tropicale très tardivement, mais plus tôt cependant -un peu avant la mi-juin). Le fait qu'il se soit développé sur le canal de MOZAMBIQUE constitue une singularité et une exception supplémentaires, puisqu'on ne retrouve trace d'aucun autre système dépressionnaire tropical à s'être développé dans le canal en juin, ou même en mai, depuis 1967 (début de l'ère satellitaire).



Si l'histoire ne se répète pas, elle bégaye parfois. En avril 2000, un système dépressionnaire subtropical complètement atypique s'était développé sur le Sud du canal de MOZAMBIQUE, système dont on avait dit à l'époque que sa structure à maturité "ne trouvait pas d'équivalent récent dans notre zone". On était alors loin d'imaginer qu'il ne faudrait pas attendre beaucoup plus d'une année pour voir la nature se charger de reproduire un phénomène comparable, comme en témoignent les images juxtaposées ci-contre des deux météores à leur apogée.

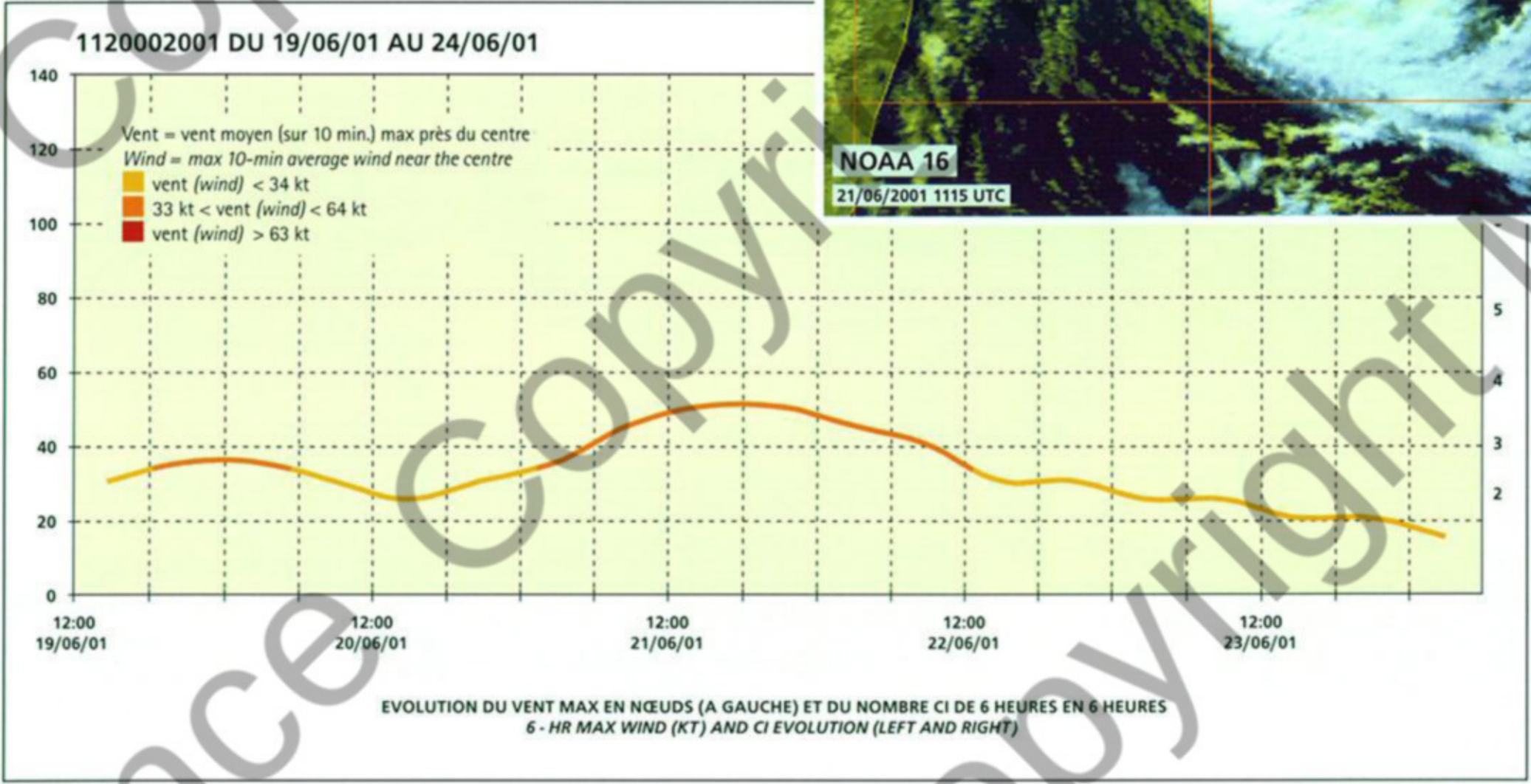
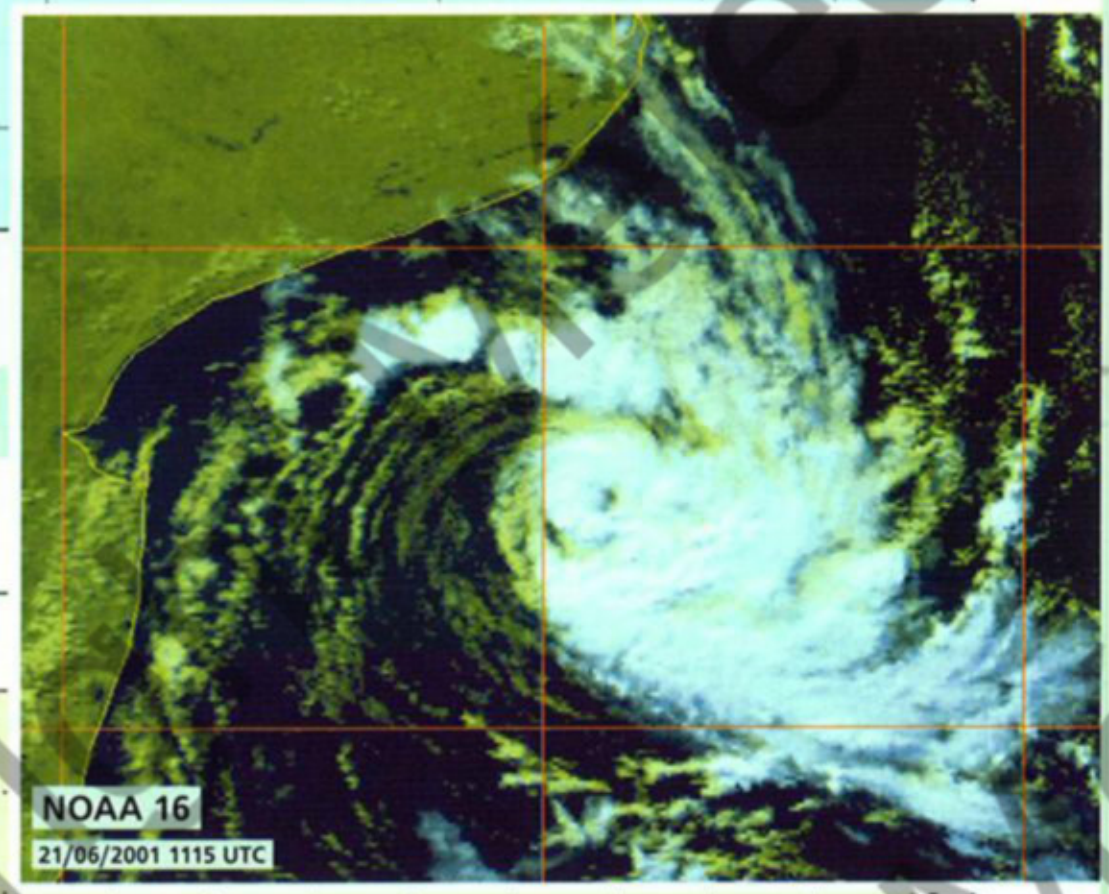
*Even if history never repeats itself, it does tend to stutter at times. In April 2000, a really atypical subtropical depression developed in the southern MOZAMBIQUE Channel, a system whose mature structure was told to have had "no recent analogue in our zone". One could not imagine at that time that only a year and a bit later a strangely similar event would take place, as shown by the side by side images of the two meteors at peak intensity.*





Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

La dépression subtropicale n°11 au maximum de son intensité.  
Subtropical depression N°.11 at peak intensity.





# Terminologie

## utilisée pour la classification des systèmes dépressionnaires tropicaux dans le Sud-Ouest de l'océan Indien

*A terminology used for classification of tropical disturbances in the South-West Indian Ocean*

**L**e terme générique de "perturbation tropicale" est le plus usité pour désigner un quelconque système dépressionnaire tropical évoluant sur la zone de responsabilité du Centre des Cyclones Tropicaux de LA RÉUNION (bassin cyclonique du Sud-Ouest de l'océan Indien).

- **ZONE PERTURBEE**

Zone où la pression est basse par rapport au voisinage et où les amas nuageux ne présentent pas de véritable organisation.

- **PERTURBATION TROPICALE**

Zone dépressionnaire d'échelle synoptique non accompagnée d'un système frontal, prenant naissance au-dessus des eaux tropicales et présentant une convection renforcée et une circulation tourbillonnaire dans laquelle les vents n'excèdent pas 27 nœuds (50 km/h, force 6 Beaufort).

- **DEPRESSION TROPICALE**

Dans un tel système, la convection est organisée et la circulation cyclonique caractérisée. Les vents, près du centre, sont compris entre 28 et 33 nœuds (51 à 62 km/h, grand frais, force 7 Beaufort).

- **TEMPETE TROPICALE MODEREE**

Dans un tel système, les vents, près du centre, sont compris entre 34 et 47 nœuds (63 à 88 km/h, coup de vent ou fort coup de vent, force 8 ou 9 Beaufort).

- **FORTE TEMPETE TROPICALE**

Dans un tel système, les vents, près du centre, sont compris entre 48 et 63 nœuds (89 à 117 km/h, tempête ou forte tempête, force 10 ou 11 Beaufort).

- **CYCLONE TROPICAL**

Dans un tel système, les vents, près du centre, sont compris entre 64 et 89 nœuds (118 à 165 km/h, ouragan, force 12 Beaufort).

- **CYCLONE TROPICAL INTENSE**

Dans un tel système, les vents, près du centre, sont compris entre 90 et 115 nœuds (166 à 212 km/h).

- **CYCLONE TROPICAL TRES INTENSE**

Dans un tel système, les vents, près du centre, sont supérieurs à 115 nœuds (212 km/h).

- **DEPRESSION EXTRATROPICALE**

Zone dépressionnaire d'échelle synoptique se trouvant hors de la zone tropicale.

- **DEPRESSION SUBTROPICALE**

Système hybride présentant au cours de son existence des caractéristiques tantôt des systèmes dépressionnaires tropicaux, tantôt des systèmes dépressionnaires de type polaire. Sur le Sud-Ouest de l'océan Indien, la genèse de ce type de dépression est régulièrement observée sur le Sud du canal de MOZAMBIQUE.

NB : Dans cette classification, les vitesses de vent données sont définies comme étant les vitesses du vent moyennées sur 10 minutes.

*It is worth noting that the generic term of "tropical disturbance" remains the more commonly used for the designation of any tropical system in the South-West Indian Ocean basin.*

- **ZONE OF DISTURBED WEATHER**

*A zone in which the pressure is low relative to the surrounding region and there are cloud masses which do not appear to be organized.*

- **TROPICAL DISTURBANCE**

*A non-frontal synoptic-scale low pressure area originating over tropical waters with enhanced convection and/or some indications of cyclonic wind circulation (wind estimated to be not exceeding 50 km/h, wind force 6 in the Beaufort scale).*

- **TROPICAL DEPRESSION**

*A non-frontal synoptic-scale low pressure area originating over tropical waters with organized*

*convection and definite cyclonic wind circulation in which the maximum of the average wind speed is estimated to be in the range 51 to 62 km/h (28 to 33 knots, wind force 7 in the Beaufort scale).*

- **MODERATE TROPICAL STORM**

*A tropical storm in which the maximum of the average wind speed is estimated to be in the range 63 to 88 km/h (34 to 47 knots, wind force 8 or 9 in the Beaufort scale).*

- **SEVERE TROPICAL STORM**

*A tropical storm in which the maximum of the average wind speed is estimated to be in the range 89 to 117 km/h (48 to 63 knots, wind force 10 or 11 in the Beaufort scale).*

- **TROPICAL CYCLONE**

*A tropical storm in which the maximum of the average wind speed is estimated to be in the range of 118 to 165 km/h (64 to 89 knots, wind force 12 in the Beaufort scale).*

- **INTENSE TROPICAL CYCLONE**

*A tropical storm in which the maximum of the average wind speed is estimated to be in the range of 166 to 212 km/h (90 to 115 knots).*

- **VERY INTENSE TROPICAL CYCLONE**

*A tropical storm in which the maximum of the average wind speed is estimated to exceed 212 km/h (115 knots).*

- **EXTRATROPICAL DEPRESSION**

*A synoptic scale low pressure area outside of the tropics.*

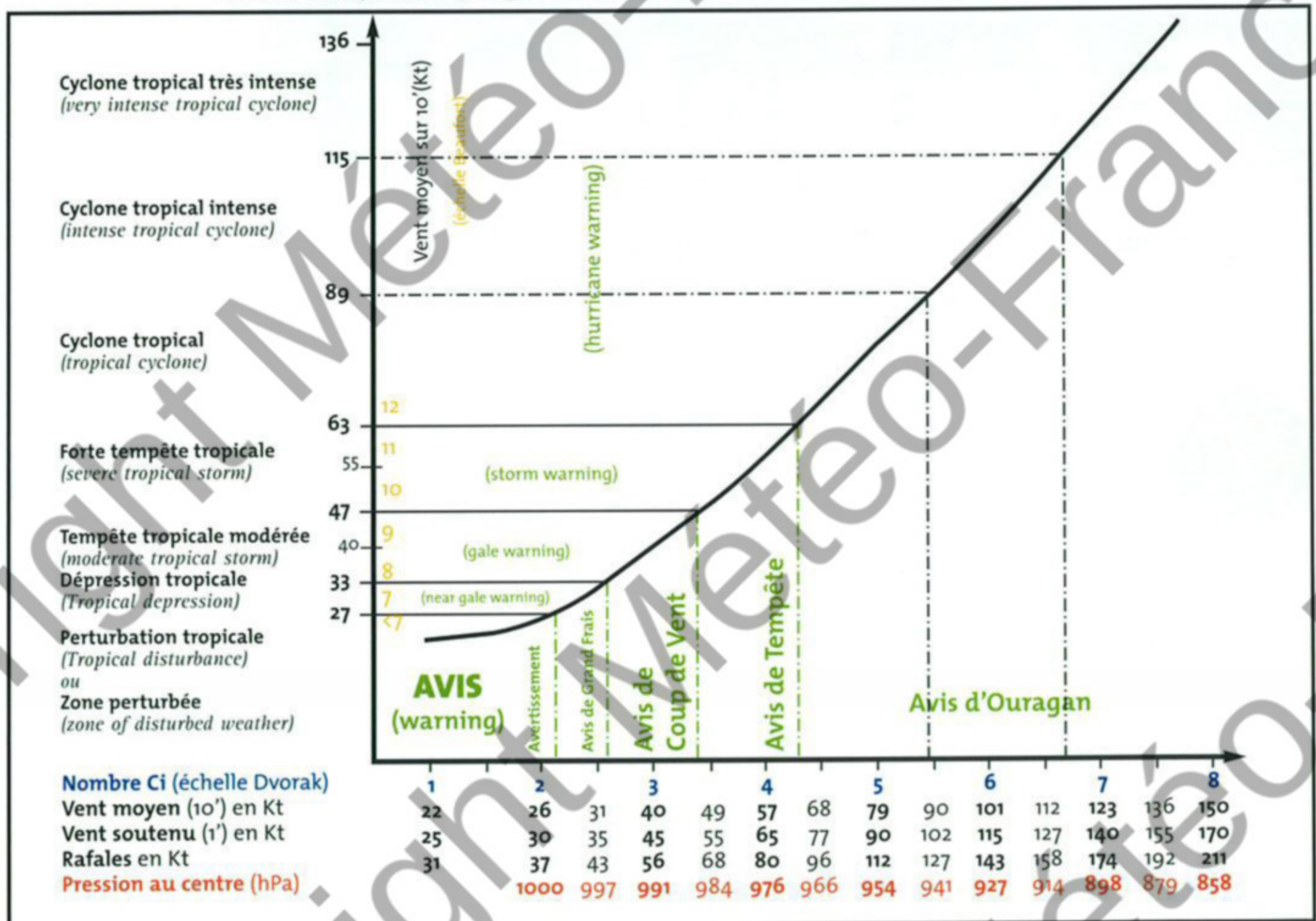
- **SUBTROPICAL DEPRESSION**

*An hybrid system having during its life some characteristics which could belong to both tropical and extratropical depressions. In the South-West Indian Ocean, the genesis of such system is regularly observed over the South of the MOZAMBIQUE Channel.*

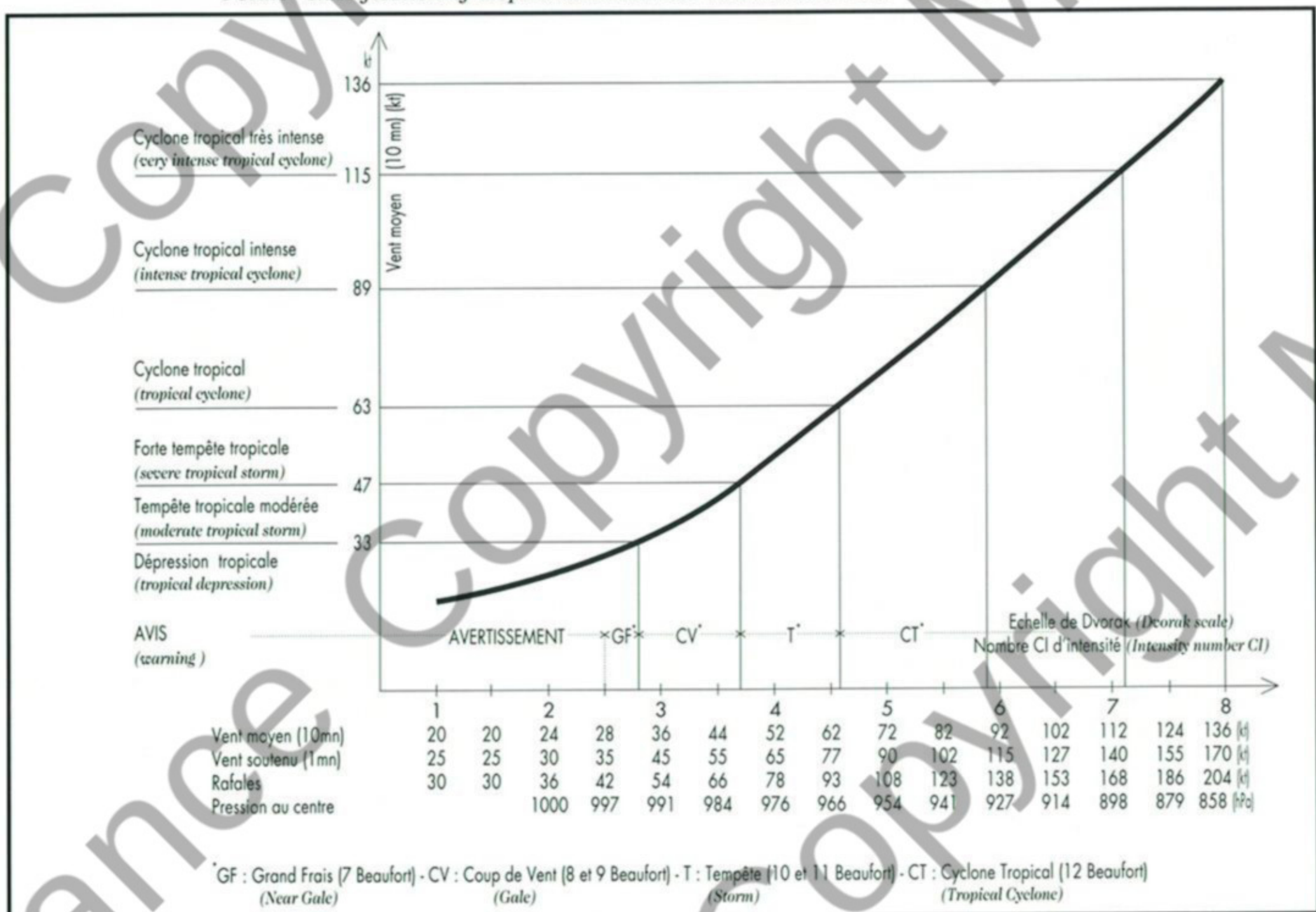
NB : In this classification mean wind speed is the mean over ten minutes.



**Nouvelle Classification des perturbations tropicales dans le Sud-Ouest de l'océan Indien**  
*Revised classification of tropical disturbances used in the South-West Indian Ocean*



**Ancienne Classification des perturbations tropicales dans le Sud-Ouest de l'océan Indien**  
*Former classification of tropical disturbances used in the South-West Indian Ocean*





# Informations

## satellites et techniques d'analyse

Interpretation of satellite imagery

L'absence de reconnaissance aérienne et le nombre très limité d'observations conventionnelles font de l'imagerie satellitaire, l'outil de base de la surveillance cyclonique dans le Sud-Ouest de l'océan Indien.

A LA REUNION, celle-ci reposait essentiellement, jusqu'à il y a quelques années, sur l'exploitation des images des satellites défilant de la série américaine TIROS.

Les données du satellite indien INSAT n'étant pas disponibles, le Sud-Ouest de l'océan Indien restait, en effet, le seul bassin cyclonique au monde dont la couverture par un satellite géostationnaire n'était pas assurée en totalité. Les données du satellite géostationnaire européen METEOSAT nominal (METEOSAT 7 actuellement -positionné au-dessus du Golfe de GUINEE) sont bien acquises au Centre depuis fin 1996, grâce à une station primaire de réception (PDUS). Mais ces images en haute résolution, reçues en direct toutes les 1/2 heures, ne permettent qu'une surveillance de la zone comprise à l'ouest de 60 degrés est et principalement du canal de MOZAMBIQUE.

Les images du satellite japonais GMS, transmises toutes les 3 heures sur le canal 2 de METEOSAT (simplement en basse résolution) permettaient, en outre, de suivre l'évolution des perturbations évoluant sur la bordure est de la zone de responsabilité du CMRS de LA REUNION.

Mais depuis la saison 1998-1999, une couverture géostationnaire globale du bassin est assurée en permanence grâce au satellite METEOSAT 5, qui a été maintenu en position au-dessus de l'océan Indien, suite à l'expérience scientifique internationale INDOEX, qui avait vu ce satellite METEOSAT 5, ancien satellite

nominal METEOSAT en fin de vie mais encore fonctionnel, déplacé et positionné au-dessus du 63° méridien est. Depuis mai 1998, des images en haute résolution couvrant l'ensemble du Sud de l'océan Indien, sont ainsi acquises en direct toutes les 30 minutes.

Par ailleurs, le Centre, qui dispose depuis novembre 1990 d'une station de réception et de traitement haute résolution (High Resolution Picture Transmission), station ayant fait en 1995 l'objet d'une refonte complète, a continué d'exploiter, comme les saisons précédentes, les images des satellites défilant américains NOAA 12, NOAA 14 et NOAA 16.

Concrètement, entre 8 et 15 images ont ainsi pu être acquises quotidiennement, les orbites associées couvrant la majeure partie ou la totalité du bassin cyclonique, seules les perturbations présentes sur l'extrême est de la zone de responsabilité pouvant demeurer temporairement non visibles sur cette imagerie des satellites défilant.

Par ailleurs, les données du satellite européen ERS2 (European Remote Sensing Satellite) ont continué d'être reçues en routine au Centre des Cyclones Tropicaux de LA REUNION. Lorsqu'elles sont disponibles, les observations de vents de surface (force et direction) recueillies, grâce au diffusiomètre de ce satellite, dans un système dépressionnaire tropical, apportent des renseignements objectifs précieux sur la position du centre (notamment dans le cas des systèmes naissants ou cisailés) et l'étendue du grand frais et du coup de vent (les vents les plus violents présents au cœur des cyclones ne peuvent par contre être appréhendés par ce biais). Malheureusement, le diffusiomètre d'ERS2 est tombé définitivement en panne début 2001. Seules les données altimétriques

sont désormais disponibles.

Mais le satellite QuikScat (pour "Quick Scatterometer"), satellite lancé en 1999, a pallié plus que largement à la défection d'ERS2. Le radar diffusiomètre SeaWinds embarqué à bord de ce satellite QuikScat de la NASA, possède en effet l'avantage, par rapport au diffusiomètre d'ERS, de disposer d'une double-fauchée, assurant une couverture spatiale beaucoup plus large. Jusqu'à deux orbites QuikScat quotidiennes sur chaque système dépressionnaire ont ainsi pu être exploitées cette saison cyclonique, via leur visualisation sur des sites Internet.

Les données d'autres satellites de recherche, que le Centre avait commencées d'exploiter depuis 1998-1999, ont encore pris une importance accrue cette saison. Devenus des outils opérationnels à part entière, ces satellites de nouvelle génération, SSMI (Special Sensor Microwave Imager) et TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission), par les images dans des gammes de fréquences particulières ("micro-ondes") qu'ils fournissent, constituent une puissante source d'informations additionnelles sur la position du centre et l'intensité des systèmes dépressionnaires tropicaux. A ces données TRMM et SSMI, il faut également rajouter les données micro-ondes AMSU (Advanced Microwave Sounding Unit) des satellites NOAA 15 et NOAA 16, sources de précieux éléments d'analyse.

### TECHNIQUE D'ANALYSE SATELLITAIRE UTILISEE

Malgré l'arrivée de ces nouvelles générations de satellites et le développement de nouvelles techniques d'analyse très



prometteuses, la principale méthode d'identification et d'analyse des perturbations tropicales utilisée par le Centre demeure celle en vigueur depuis 1982, à savoir celle basée sur la technique développée, à partir de l'imagerie satellitaire classique, par Vernon F. Dvorak (cette technique remplaçant à cette date celle de Vincent J. Oliver utilisée précédemment).

On rappelle que la technique de DVORAK est basée sur l'étude des configurations et des caractéristiques des formations nuageuses associées aux systèmes dépressionnaires. Un certain nombre de schémas types ont été établis qui déterminent des types courants de développement des perturbations tropicales. Différents paramètres des formations nuageuses sont pris en compte ; par exemple l'importance des bandes nuageuses spiralées, le diamètre et l'aspect de la masse nuageuse centrale, le diamètre et le degré d'inclusion de l'œil, le degré de cisaillement, etc. Cette analyse et la prise en compte de l'évolution passée de la perturbation, permettent de classer celle-ci sur une échelle d'intensité. Un nombre "CI" (pour "Current Intensity") lui est attribué, qui permet d'apprécier indirectement la vitesse maximale du vent près du centre ainsi que la pression minimale au niveau de la mer. L'échelle d'intensité de DVORAK est non linéaire. Elle classe les perturbations de CI 1.0 à CI 8.0 par pas de 1/2.

Une échelle de correspondance empirique permet ensuite d'affecter à un nombre CI déterminé, des valeurs correspondantes de vent maximal et de pression centrale associées au système dépressionnaire analysé. Deux échelles de correspondance avaient été définies à l'origine par V. Dvorak, après comparaison statistique entre imagerie satellitaire et données in-situ issues des reconnaissances aériennes, une pour le Pacifique Nord-Ouest et une pour l'Atlantique.

Dans le Sud-Ouest de l'océan Indien, faute de reconnaissances aériennes, il n'a pas été possible de valider une échelle de correspondance propre au bassin. Au vu des quelques rares observations disponibles (la probabilité de voir passer le centre d'un cyclone tropical direc-

*Due to the fact that aircraft reconnaissance is lacking and conventional observations are very limited, satellite imagery is obviously the most important tool for maintaining cyclone watch and monitoring in the South-West Indian Ocean.*

*In LA REUNION, satellite imagery from the polar orbiting American satellites of TIROS series was, until recently, the main source of data.*

*Since data from the Indian satellite INSAT are not available in the region in real time, the South-West Indian Ocean was previously the only cyclone basin in the world which was not covered totally by a geostationary satellite. Data from the operational European Geostationary satellite (METEOSAT 7 at the present time -positioned above the Gulf of GUINEA) are received at the Centre since the end of 1996 thanks to a primary reception station (PDUS). But this direct access to high resolution pictures (available every half-hour), only covered the area west of longitude 60°E and more specifically the MOZAMBIQUE Channel.*

*Additionally, to monitor the depressions located near the eastern boundary of the Region, pictures from Japanese geostationary GMS, which are transmitted every 3 hours on the channel 2 of METEOSAT (WEFAX), were also available at LA REUNION's RSMC.*

*But since cyclone season 1998-1999 a global and permanent geostationary coverage of the whole basin has been possible. In the frame of the international scientific experiment INDOEX, former operational satellite METEOSAT 5 had been displaced to longitude 63°East, providing thus (since May 1998) high resolution images covering the whole southern Indian Ocean every 30 minutes. At the present time METEOSAT 5 is still working and positioned above 63°East.*

*As during the previous seasons, the Centre has been operating a HRPT (High Resolution Picture Transmission) Station. This Station installed in November 1990, but which was the subject of a complete overhaul in 1985, allowed the acquisition of the imageries from the American satellites NOAA 12, NOAA 14 and NOAA 16. This means that 8 to 15 pictures were received daily, enabling to monitor the different systems, even though the orbits covering the depressions located on the far eastern part of the basin could temporarily remain out of LA REUNION's scope of acquisition.*

*Besides, the wind data derived from the European satellite ERS2 (European Remote Sensing Satellite) continued to be received daily at LA REUNION's RSMC. When available over a tropical disturbance, these scatterometer data*

*giving derived direction and speed of the wind are of great interest, for they provide valuable objective information on the position of the surface centre (particularly interesting in the case of incipient or sheared systems) and on the extent of the near gale force and gale force winds around the centre. However they do not have the skill and capability to analyse the high speed winds of the core (and so the intensity of the tropical cyclones). Unfortunately, ERS2 underwent fatal failure early in 2001 and scatterometer data were not available anymore. However NASA's satellite named QuikScat (for Quick Scatterometer) -launched mid-1999- made up for this loss of ERS2 data. The SeaWinds scatterometer radar aboard QuikScat benefits from a much larger swath compared to that of ERS, so ensuring much better spatial coverage. Up to two daily orbits on each tropical system could thus be acquired this season and made visible through Internet websites. Data from other research satellites, which had started to be used for operational purpose since season 1998-1999, took even increased importance during this season. Now considered like additional operational tools, these satellites of a new generation SSM/I (Special Sensor Micro-wave Imager) and TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission), by providing images in specific ranges of frequencies ("micro-waves") brought extensive valuable information on the centre and intensity of the tropical systems. AMSU data (Advanced Microwave Sounding Unit) from NOAA 15 and NOAA 16 also greatly contributed to more accurate analyses.*

#### TECHNIQUES USED FOR SATELLITE INTERPRETATION :

*Despite the advent of this new generation of satellites and the development of new techniques, the main method of analysis and classification of tropical disturbances used by the Centre remains the technique developed by Vernon F. Dvorak (this technique replacing since 1982 the one developed by Vincent J. Oliver which was in use previously).*

*It is worth remembering that the DVORAK technique is based on procedures for evaluating the satellite signature of the cloud features and their distribution around the depressions. Several cloud patterns have been established which determined the most common intensification stages of tropical disturbances. Several cloud parameters are considered, for example the size of the spiral bands, the*



diameter and shape of the central cloud mass, the diameter and the embedded distance of the eye, the degree of shear, etc. This analysis compared to that of previous pictures makes it possible to classify the depression on an intensity scale. A current intensity number (CI) is allocated to that depression. The DVORAK intensity scale is non-linear. It classifies depressions on the scale from CI 1.0 to CI 8.0 by steps of half a number.

Indication of the maximum wind speed and lowest mean sea level pressure are then inferred from an empirical scale of correspondence with the current intensity numbers. Two different scales, one for the North-West Pacific and one for the Atlantic, had been originally defined by V. Dvorak by statistical comparison between satellite imagery of tropical systems and corresponding in-situ data provided by the aircraft reconnaissances.

In the South-West Indian Ocean no aircraft reconnaissance data were available so that no specific scale of correspondence could be designed for the basin. Looking at the scarce observations recorded in vicinity of tropical cyclones (the likelihood of the centre of a tropical cyclone passing just right over an observing point being extremely low), it had been assessed that the scale of correspondence designed for the North-West Pacific was the most appropriate for the South-West Indian Ocean.

However some adjustments were required before using this scale as initially being designed for sustained winds, i.e. the 1-min average winds used by the American meteorological community, while 10-min mean is the common standard used elsewhere for the wind averaging period.

Measuring wind is something extremely complex. As being a very turbulent parameter depending on numerous factors like the stability of the boundary layer or the rugosity (for winds near the surface) wind is thus very difficult to define. Besides from the choice of the elevation of reference for measuring the "surface wind" (10 m being the standard elevation chosen by the World Meteorological Organization), the main problem is to define the "best" averaging period to represent the "significant" wind and to get rid off the rapid fluctuations induced by the turbulent gustiness.

There is no universal agreement in that. Winds averaged over 1, 2, 3, 10 minutes are thus used, the 10-min averaging period being recommended by the WMO. To convert between winds of different averaging times multiplication

factors do exist. But to compound further the complexities, there are unfortunately no universal conversion factors. For converting between 1-min and 10-min winds, numerous factors have been proposed by various searchers. Those assessed from data sets of high speed winds or hurricane force winds recorded in the tropics, are commonly in the range 0.86 to 0.90. As for averaged winds, dealing with maximum gusts (defined by the peak 2-s wind) is not an easy challenge, for gustiness is strongly dependent from the exposure. As a general rule, the averaged surface winds will be lower over the land than over the ocean, but the gustiness will be higher over land and especially in mountainous terrain.

There are different gust factors depending on the exposure. Recommended conversion factors giving the ratios of maximum gusts to 10-min winds at an elevation of 10 m for various exposures and for high winds (of at least hurricane force) are the following : over the ocean 1.41 (1.37-1.51) ; over flat grassland 1.56 (1.51-1.70) ; over woods or city 2.14 (1.89-2.14). The figures in parentheses indicate the potential range in the gust factors.

Until the cyclone season 1998-1999, the multiplication factors used in the South-West Indian Ocean were 0.80 (to convert between 1-min and 10-min winds) and 1.50 (for the ratio of maximum gusts to mean 10-min winds). The conversion factor of 0.80 formerly used revealed to stand quite far from the conversion factors estimated through observed data sets and moreover did not match with the conversion factors generally used by the other Tropical Cyclones Centres working with mean 10-min winds. It has thus been decided to modify it. Starting from cyclone season 1999-2000, a new conversion factor of 0.88 would apply (a gust factor of 1.41 providing the estimate of the maximum gusts from the 10-min average winds -over the ocean).

Besides being more realistic, the new conversion factor chosen would have the great advantage to bring more uniformity amongst the different practices of the various Centres and especially so for those of southern hemisphere. The new scale of correspondence, the different parameters -minimum sea level pressure, maximum mean wind over 10-min and 1-min (sustained winds) and maximum gusts, as well as the category of warnings corresponding to each CI number- are presented in detail in the diagram that follows.

When comparing the new and former scales, one would see that the differences between

tient sur un point de mesure étant en effet excessivement faible), il a été considéré dans les années 80 que l'échelle de correspondance du Pacifique Nord-Ouest était la plus appropriée.

Se posait cependant un problème annexe pour utiliser cette échelle, car la correspondance originelle ne donne accès qu'à des vents soutenus, c'est-à-dire à des vents moyennés sur 1 minute, les Américains travaillant avec ce type de vents, alors que la majeure partie de la communauté météorologique travaille avec des vents moyennés sur 10 minutes.

La mesure du vent est chose excessivement complexe. Paramètre très turbulent et dépendant de nombreux facteurs, comme la stabilité de l'air, la rugosité (pour les vents près de la surface), sa définition pose de nombreux problèmes. Outre celui du choix de l'altitude de référence pour la mesure du vent représentatif du "vent en surface" (altitude fixée par convention à 10 m par l'Organisation Météorologique Mondiale), le problème majeur est celui du choix de la valeur temporelle la plus adaptée pour définir un vent moyenné qui permette de s'affranchir des rapides micro-variations turbulentes.

Il n'existe pas de pratique universelle en la matière. Des moyennes sur 1, 2, 3, 10 minutes sont ainsi utilisées, les vents moyennés sur 10 minutes étant recommandés par l'OMM. Pour jongler entre mesures de vents moyennés sur des périodes temporelles différentes, il existe des facteurs de conversion. Ces facteurs ne sont hélas pas figés dans le marbre. Ainsi les facteurs de conversion que l'on trouve dans la littérature pour passer d'un vent moyenné sur 1 minute à un vent sur 10 minutes sont nombreux. Ceux qui ont pu être estimés à partir de mesures en atmosphère tropicale et par conditions de vents forts ou cycloniques sont généralement compris dans une fourchette allant de 0.86 à 0.90.

De même que pour les vents moyennés, le traitement des rafales maximales (la rafale maxi étant définie comme le pic de vent sur 2 s) n'est pas chose aisée. Il est très dépendant de l'exposition. Ainsi si de manière générale le vent subit une atténuation moyenne sur terre par rapport à l'océan, les rafales sont par contre



supérieures sur terre, et tout particulièrement en terrain très rugueux ou montagneux.

Là encore il existe des facteurs de conversion variables suivant l'exposition. Les valeurs préconisées des facteurs de conversion donnant les rafales maximales à partir des vents à 10 m moyennés sur 10 minutes et pour des vitesses de vents élevées (au moins de la force ouragan) sont les suivantes : sur l'océan 1,41 (1,37-1,51) ; sur terrain herbeux plat 1,56 (1,51-1,70) ; en milieu boisé ou urbain 2,14 (1,89-2,14). Entre parenthèses figurent les fourchettes autour de ces valeurs.

Jusqu'à la saison cyclonique 1998-1999, les facteurs de conversion utilisés dans le Sud-Ouest de l'océan Indien étaient respectivement de 0,80 (pour passer d'un vent soutenu à un vent moyenné sur 10 mn) et de 1,50 (pour obtenir les rafales maximales à partir d'un vent moyen sur 10 mn). Le facteur de conversion de 0,80 choisi à l'origine se révélant éloigné des valeurs obtenues à partir de campagnes de mesures et se démarquant, en outre, sensiblement de ceux utilisés par les autres Centres travaillant avec des vents moyennés sur 10 minutes, il a été décidé de le modifier.

A compter de la saison cyclonique 1999-2000, le nouveau facteur de conversion utilisé est de 0,88 (un facteur de conversion de 1,41 étant par ailleurs appliqué aux vents sur 10 mn pour obtenir les rafales maximales attendues sur mer). Le choix de ce nouveau facteur de conversion, outre le fait d'être plus réaliste, présente par ailleurs l'avantage d'uniformiser les pratiques, notamment entre les différents Centres de suivi cyclonique de l'hémisphère Sud. La nouvelle échelle de correspondance, les paramètres pression minimale au niveau de la mer, vents moyens sur 1 et 10 minutes maximaux et rafales maximales, ainsi que les avis correspondants à chacun des nombres CI, sont détaillés sur le graphique de la page 75.

La comparaison avec l'ancienne échelle montre que les différences concernent principalement les vents moyens sur 10 minutes, les écarts demeurant minimes pour ce qui est des rafales maximales, ce qui est satisfaisant par rapport aux données d'observations dis-

ponibles (recueillies à l'occasion de passages de systèmes dépressionnaires tropicaux à proximité de points de mesure), ces valeurs de rafales maximales servant généralement de mesure de référence.

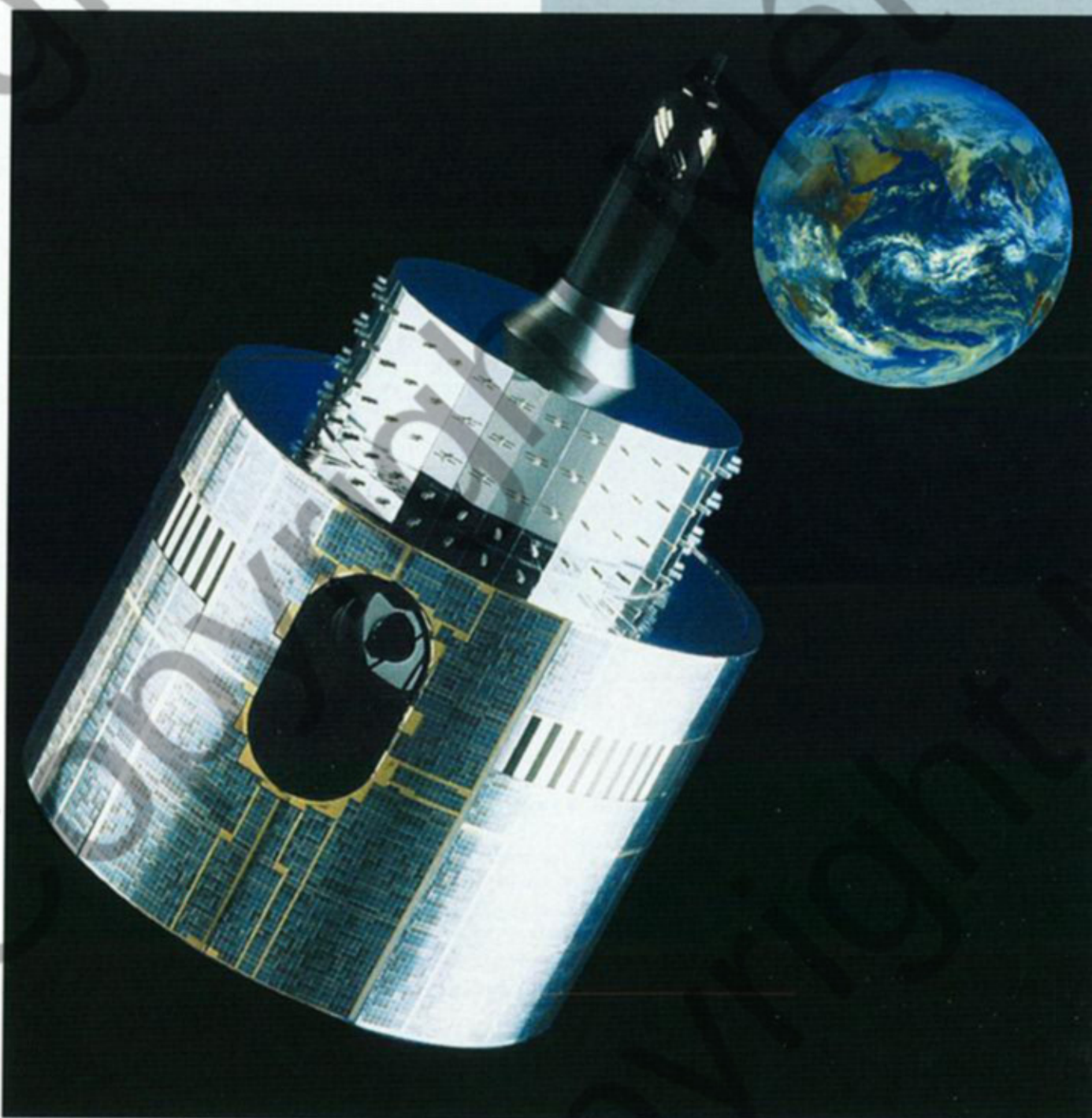
Sachant que la classification des systèmes dépressionnaires tropicaux du bassin demeure inchangée (correspondance appellations/force de vents sur 10 minutes), les conséquences du changement d'échelle de correspondance tiennent essentiellement en un décalage des intensités Dvorak vers des valeurs de vents plus élevées (ainsi un système d'intensité 4.5 sur l'échelle de Dvorak, antérieurement classé en forte tempête tropicale, est désormais classé en cyclone tropical).

Les intensités inférieures ou égales à 4.0 correspondent désormais à des dépressions ou des tempêtes tropicales ; celles supérieures ou égales à 4.5 à des cyclones tropicaux. Les valeurs 6.5 à 8.0 sont réservées à des cyclones de très forte intensité.

*them do mainly concern the 10-min average winds, while maximum gusts experienced only slight changes, which is satisfactory when considering the available observing data recorded when tropical cyclones passed in close vicinity of meteorological stations (the maximum gusts recorded being generally the main archived wind reference).*

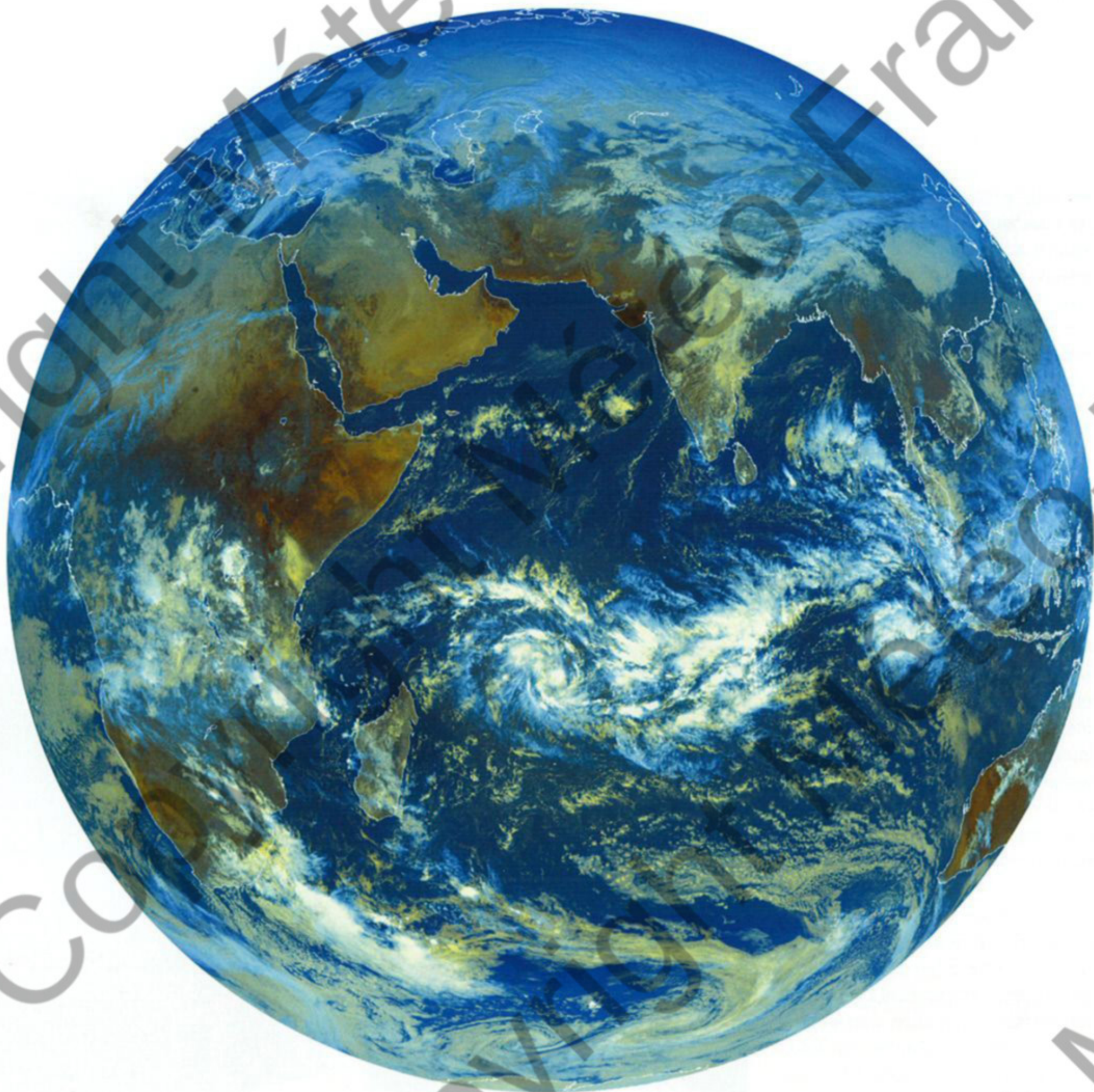
*Knowing that the classification of tropical systems in the basin remained unchanged (namely the correspondence between the 10-min average wind speeds classes and the different categories of names for designing tropical systems upon their intensities), the main consequences of modifying the scale of correspondance were to shift the Dvorak intensities towards higher wind speeds. For instance a system getting a current intensity of 4.5 on the Dvorak scale, which was formerly classified as a severe tropical storm, would now rank as a tropical cyclone.*

*Intensities of 4.0 or less are for tropical depressions or storms, those of 4.5 or more are for tropical cyclones. The numbers 6.5 to 8.0 are specifically dedicated for very intense cyclones.*



Le satellite géostationnaire METEOSAT 5 à 36 000 km au-dessus de l'océan Indien le 1<sup>er</sup> janvier 2001.  
The geostationary satellite METEOSAT 5 at 36,000 km above the Indian Ocean on the 1<sup>st</sup> January 2001.





Une image souvenir pour le début d'un nouveau millénaire  
Le 1<sup>er</sup> Janvier 2001 à 08 UTC

Satellite METEOSAT 5 Composition colorée (obtenue à partir des canaux visible et infrarouge)

L'avènement d'une couverture satellitaire géostationnaire opérationnelle sur l'ensemble du Sud de l'océan Indien, avec le satellite METEOSAT 5, a marqué un moment important dans la petite histoire de la veille cyclonique sur le bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien, en assurant une part prépondérante. Sur cette image satellite on peut voir l'ensemble du globe dit "INDOEX" (du nom de l'expérience scientifique ayant justifié le déplacement de cet ancien satellite opérationnel METEOSAT jusqu'à sa nouvelle position, à 36 000 km au-dessus de l'océan Indien, par 63°E). En ce 1<sup>er</sup> janvier 2001, la Zone de Convergence Intertropicale est relativement active : une zone perturbée est visible au sud-ouest de l'INDONÉSIE, tandis que, sur l'Ouest du bassin, la cyclogenèse du futur cyclone tropical ANDO est amorcée.

A memorable picture for the beginning of a new millennium  
1st January 2001 at 08 UTC

Satellite METEOSAT 5 Coloured composition (of visible and infra-red channels)

The advent of a permanent operational geostationary coverage over the whole southern Indian ocean, with the METEOSAT 5 satellite, marked a historical turn for tropical cyclone watch in the SouthWest Indian Ocean basin as it became the main tool for TC monitoring. This satellite picture displays the full globe called "INDOEX" (from the name of the scientific experiment that justified the displacement of the former operational satellite METEOSAT 5 to its new position at longitude 63°E, 36000 km above the Indian Ocean). On 1st January 2001, the Intertropical Convergence Zone looked fairly active : a zone of disturbed weather was discernible southwest of INDONESIA, while on the western part of the basin cyclogenesis of to-become tropical cyclone ANDO was on the way.



# Glossaire

## Glossary

**AMSU** : *Advanced Micro-wave Sounding Unit*. Radiomètre travaillant dans des gammes de fréquences particulières (micro-ondes) et embarqué à bord des satellites météorologiques défilants NOAA 15 et NOAA 16 (fonctionne par détection de l'énergie émise par les molécules d'oxygène).

**CACT** : Centre d'Avertissements de Cyclones Tropicaux (TCWC). Le Centre australien de Perth est le CACT assurant le suivi des cyclones tropicaux pour le Sud-Est de l'océan Indien.

**CDO** : *Central Dense Overcast*, désigne sur une image satellite une zone centrale et compacte de convection profonde associée à un système dépressionnaire tropical (amas nuageux central dense).

**CEP** : Centre européen de prévisions météorologiques à moyen terme.

**CIMSS** : *Cooperative Institute for Meteorological Studies (University of Wisconsin - Madison)*. Centre de recherche météorologique de l'université du Wisconsin (USA).

**CMRS** : Centre Météorologique Régional Spécialisé. Il en existe de différentes formes. Le Centre Météo-France de LA REUNION est depuis 1993 le CMRS reconnu par l'OMM et officiellement responsable du suivi des cyclones tropicaux dans le Sud-Ouest de l'océan Indien.

**CT** : *Cyclone Tropical (Tropical Cyclone)*.

**DD10** : Direction du vent moyen sur 10 minutes (*direction of 10-min average wind*).

**DMSP** : *Defense Meteorological Satellite Program*. Programme militaire américain de satellites d'observation météorologique.

**DS** : Dépression Subtropicale (*Subtropical Depression*).

**DT** : Dépression Tropicale (*Tropical Depression*).

**ECMWF** : *European Centre for Medium range Weather Forecasting*. Centre européen de prévisions à moyenne échéance.

**EIR** : *Enhanced Infra-red* : colours set of temperatures associated to infrared satellite pictures (used for tropical cyclone intensity analysis in the Dvorak Technique). Infrarouge renforcé : canal infrarouge associé à une palette de couleurs liée à des gammes de températures (très utilisé dans l'analyse d'intensité des cyclones tropicaux par la technique de Dvorak).

**ENSO** : *El Niño Southern Oscillation*. Oscillation australe dite El Niño.

**ERS** : Satellite de recherche européen disposant notamment d'un radar diffusiomètre (voir QuikScat pour autres détails).

**ff10** : vitesse du vent moyennée sur 10 minutes (*10-min average wind*).

**Fmax** : vitesse maximale du vent instantané (correspondant à la rafale maximale). *Maximum gust of wind*.

**FNMOC** : *Fleet Numerical Meteorological and Oceanography Center (US Navy)*. Centre de météorologie et d'océanographie de la Marine américaine.

**H1/3** : hauteur de houle significative (correspond à la hauteur moyenne du tiers des vagues les plus hautes). Significant swell.

**ICAO** : *International Civil Aviation Organization*.

**IR** : Infrarouge (*Infra-red*). Gamme de fréquence utilisée en imagerie satellitaire et donnant accès à une image thermique des sommets nuageux (de jour comme de nuit).

**ITCZ** : *Intertropical Convergence Zone* (voir ZCIT).

**MAX** : Produit radar issu d'une exploration volumique. Les échos pluvieux maximaux sont projetés sur un plan horizontal et sur deux plans verticaux axés Ouest-Est et Nord-Sud.

**MJO** : *Madden-Julian Oscillation*. Oscillation intra-saisonnière dite de Madden-Julian.

**NASA** : *National Aeronautics and Space Administration (USA)*. Administration américaine en charge de l'aéronautique et de l'Espace.

**NESDIS** : *National and Environmental Satellite Data and Information Service*. Département de la NOAA traitant des données satellitaires.

**NOAA** : *National Oceanic and Atmospheric Administration (USA)*. Administration américaine chargée des questions d'environnement dans les domaines de l'Océanographie et de la Météorologie. Egalement nom de satellites défilants américains de la série TIROS dont les images sont fréquemment utilisées dans cet ouvrage.

**OACI** : Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

**OMM** : Organisation Météorologique Mondiale. Organisme spécialisé de l'ONU traitant de la coordination mondiale des activités météorologiques.

**ONU** : Organisation des Nations Unies.

**PDUS** : *Primary Data Unit Station*. Station primaire de réception satellite.

**Pmer** : Pression réduite au niveau de la mer (*Sea level pressure*).

**Pstation** : Pression mesurée au niveau de la station météorologique de mesure.

**PPI** : *Plan Position Indicator*. Type de produit radar correspondant à un balayage azimutal ; les échos pluvieux étant projetés sur un plan horizontal.

**QuikScat** : *for Quick Scatterometer (the Seawinds scatterometer aboard the QuikScat satellite is commonly used for deriving wind fields from the superficial sea state)*. Satellite de recherche dont le radar diffusiomètre embarqué Sea-Winds permet d'accéder à des champs de vents dérivés de l'état d'agitation superficielle de la mer, ainsi qu'à des données altimétriques de vagues.

**RSMC** : *Regional Specialised Meteorological Center (voir CMRS)*. Météo-France Centre based in LA REUNION has been designated in 1993 as the WMO official Regional centre responsible for the monitoring warning and tracking of Tropical Cyclones in the South-West Indian Ocean.

**RSS** : *Remote Sensing Systems*. Agence de recherche américaine.

**SD** : *Subtropical Depression*. Dépression Subtropicale.

**SSMI** : *Special Sensor Microwave Imager*. Radiomètre travaillant dans des gammes de fréquences particulières dites micro-ondes et embarqué à bord des satellites météorologiques défilants militaires américains DMSP.

**TC** : *Tropical Cyclone*. Cyclone tropical.

**TCWC** : *Tropical Cyclone Warning Centre*. Centre d'avertissements de cyclones tropicaux.

**TD** : *Tropical Depression*. Dépression tropicale.

**TRMM** : *Tropical Rain Measurement Mission*. Satellite de recherche initialement dévolu à l'estimation des précipitations en zone tropicale, mais s'étant révélé un outil précieux dans le suivi des systèmes dépressionnaires tropicaux.

**TS** : *Tropical Storm*. Tempête tropicale.

**TT** : *Tempête Tropicale (Tropical Storm)*.

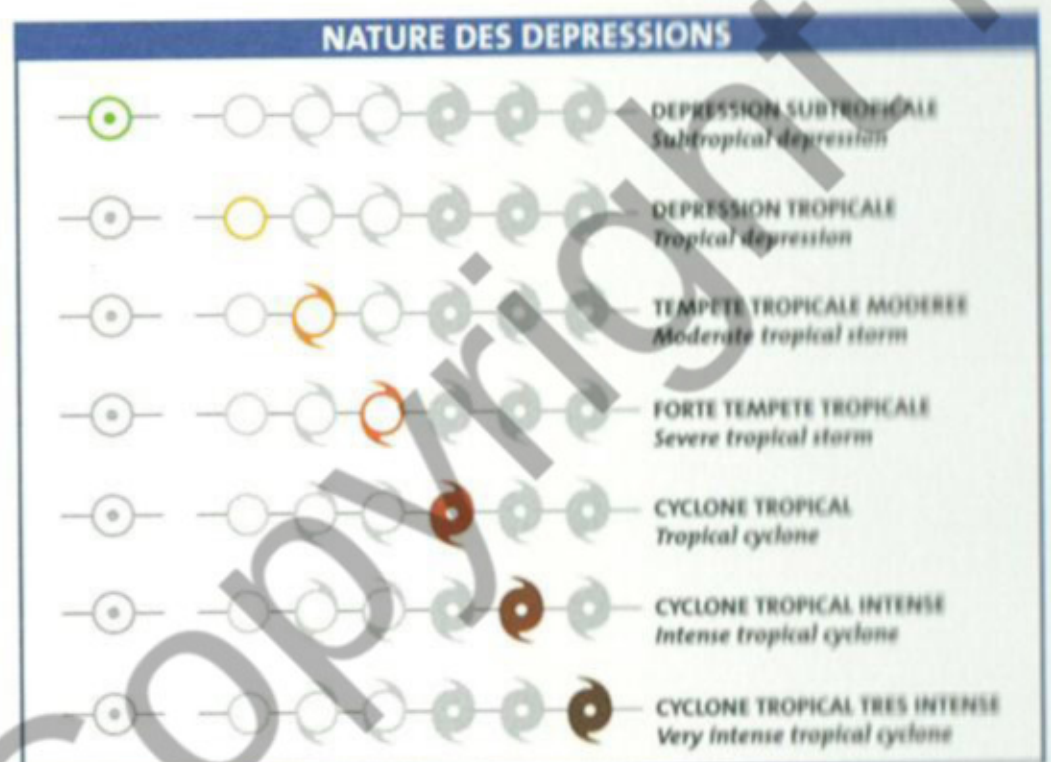
**TUTT** : *Tropical Upper Tropospheric Trough*. Talweg tropical de haute troposphère.

**UKMO** : *United Kingdom Meteorological Office*. Centre de la météorologie britannique.

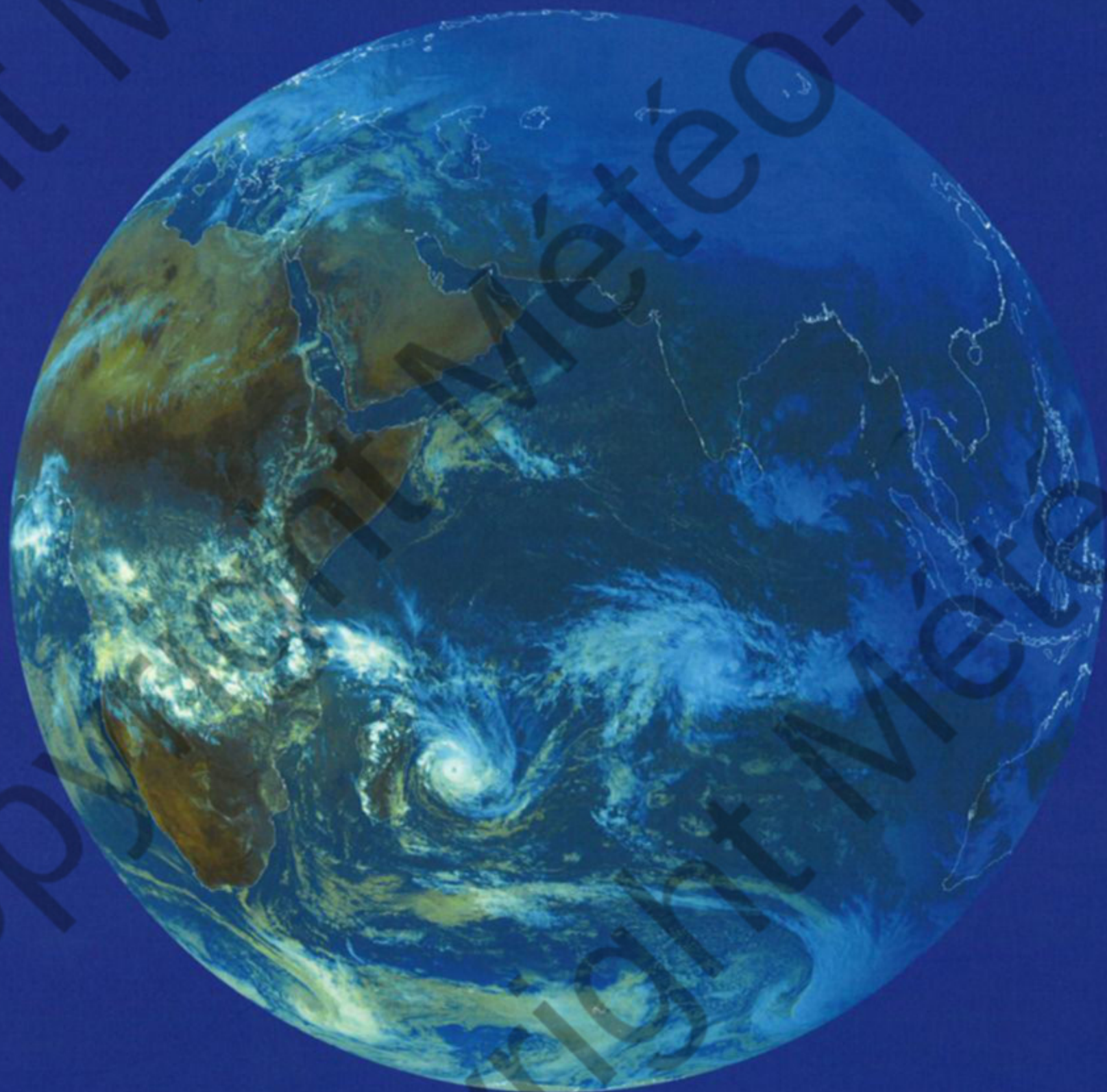
**UTC** : *Universal Co-ordinated Time*. Temps universel.

**WMO** : *World Meteorological Organization*. Organisation Météorologique Mondiale (voir OMM).

**ZCIT** : *Zone of Convergence Intertropicale (see ITCZ)*.







Le Cyclone tropical intense ANDO effleure LA REUNION  
*Intense tropical cyclone ANDO brushing LA REUNION*

**Prix : 20 €** (131,19 FF)  
ISBN : 2-9511665-4-0

 **METEO FRANCE**