

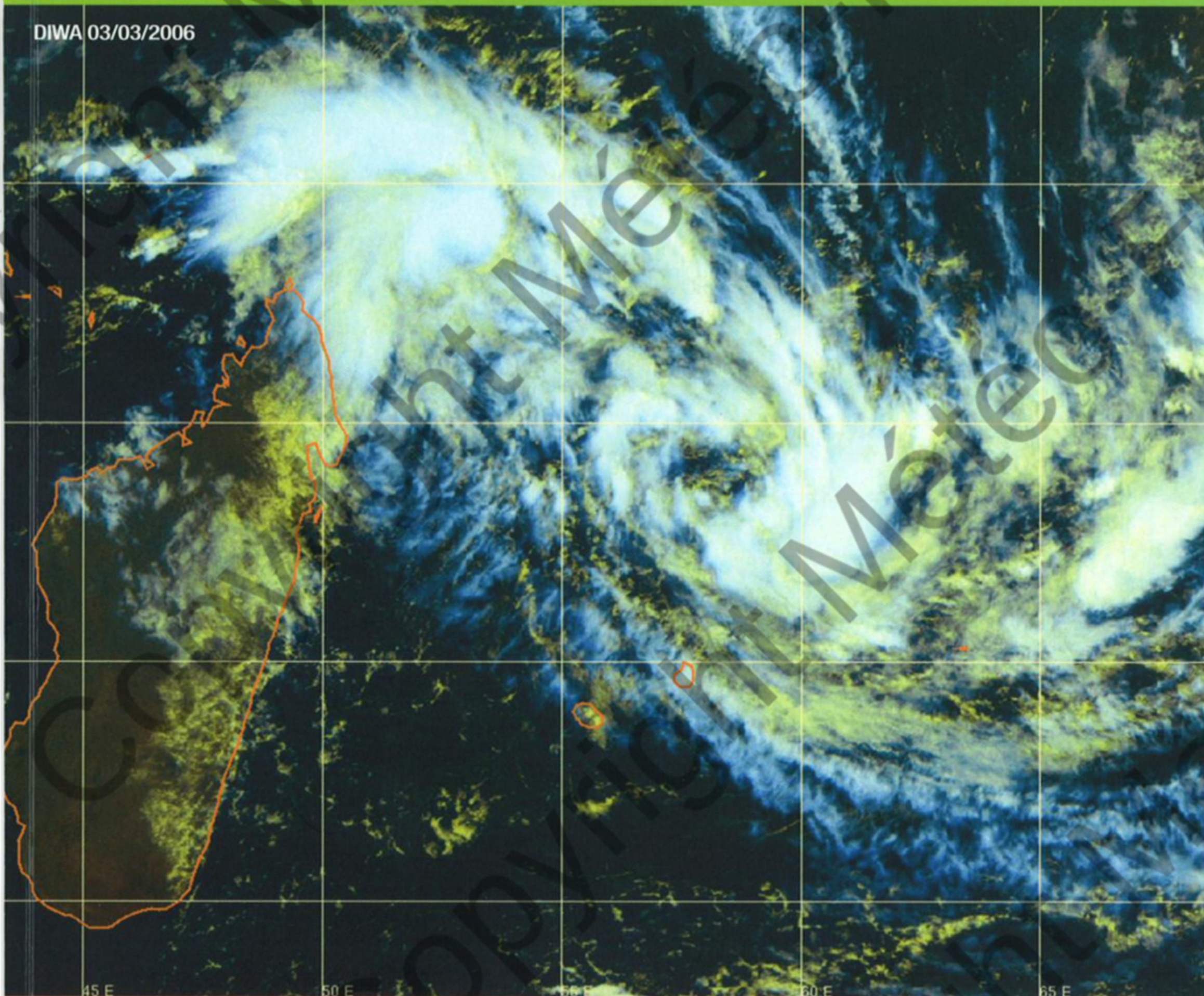
Centre des
Cyclones Tropicaux
de La Réunion

*La Reunion
Tropical Cyclone
Centre*

SAISON CYCLONIQUE

Sud-Ouest de l'océan Indien

DIWA 03/03/2006



CYCLONE SEASON

South-West Indian Ocean

2005

2006



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Saison Cyclonique 2005-2006

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 6
<i>List of tropical disturbances with their maximum intensities</i>	
Cartographie des trajectoires.....	Page 7
<i>Map of trajectories</i>	
Caractéristiques de la saison cyclonique et données statistiques.....	Page 8
<i>Main features of the cyclone season and statistical data</i>	
Note explicative sur l'analyse individuelle des perturbations.....	Page 11
<i>Explanatory note on the individual analysis of disturbances</i>	
Activité du Centre des Cyclones Tropicaux de La Réunion.....	Page 12
<i>Activities of the Tropical Cyclones Centre/La Reunion</i>	
Analyse chronologique des perturbations de la saison.....	Page 14
<i>Analysis of the disturbances of the season in chronological order</i>	
Informations satellitaires et techniques d'analyse.....	Page 68
<i>Interpretation of satellite imagery</i>	
Terminologie.....	Page 70
<i>Terminology</i>	
Classification des systèmes dépressionnaires dans le Sud-Ouest de l'océan Indien.....	Page 71
<i>Classification of the tropical disturbances used in the South-West Indian Ocean</i>	

Directeur de la publication:
Gérard THERRY

Rédaction et réalisation:
Philippe CAROFF

Avec la contribution des prévisionnistes cyclone
du CMRS de La Réunion:
Catherine BIENTZ
Olivier CABANES
Anne CHARLAT
Thierry DUPONT
Anne-Claire FONTAN

ERRATUM

Saison cyclonique 2005-2006

Page 5, colonne de gauche, ligne 7 : lire « ... en grenat sur la carte page 3 » au lieu de « sur la carte ci-contre ».

Page 5, right column, line 6 : read " ... in garnet-red on the diagram page 3" instead of "on the opposite diagram".

Page 29 : lire « (voir image de 0720 UTC page 23) » en fin de légende (au lieu de page 25).

Page 29 : read " see the 0720 UTC image page 23" at the end of the legend (instead of page 25)..

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

CYCLONE SEASON
South-West Indian Ocean

2005 - 2006



METEO FRANCE

Toujours un temps d'avance

Introduction

La saison cyclonique 2005-2006 dans le Sud-Ouest de l'océan Indien

Cyclone season 2005/2006 in the Southwest Indian Ocean

La saison cyclonique 2005-2006 a été peu active dans le Sud-Ouest de l'océan Indien, figurant, que ce soit en termes de nombre de phénomènes (trois tempêtes tropicales et trois cyclones) ou de jours d'activité cyclonique, au cinquième rang parmi les saisons les moins actives depuis le début de l'ère satellitaire (1967), avec un déficit par rapport à la normale qui approche les 50% en nombre de jours d'activité cumulée. Après la saison cyclonique 2005 record dans l'Atlantique, les annonces par certains d'une recrudescence de l'activité cyclonique sur notre bassin ont été une extrapolation par trop hâtive.

Seuls deux météores ont eu une influence significative sur les terres habitées, avec un impact modéré.

Treize systèmes dépressionnaires ont fait l'objet de l'émission de bulletins par le CMRS de La Réunion, soit un nombre inférieur à celui constaté lors des exercices précédents. En fait, depuis que le CMRS a commencé d'exercer ses activités (au début des années 90), une seule saison avait vu un nombre de systèmes suivis moindre (2000-2001, avec 11 systèmes seulement), ce qui abonde dans le sens d'une saison d'activité réduite. Sur ces treize systèmes, six ont été classés en tempêtes tropicales (dont une non baptisée), un taux de conversion en phénomènes matures assez faible, cet indicateur de l'efficacité des cyclogenèses constituant également un bon critère pour évaluer l'activité des saisons, les saisons présentant un ratio inférieur à 50% étant généralement des saisons d'activité inférieure à la normale (dont on rappelle qu'elle corres-

pond dans le bassin à neuf tempêtes tropicales). Dans le détail, on constate que la saison a été assez contrastée de ce point de vue : après un début de saison plutôt agité, avec six phénomènes suivis avant le 31 décembre (autant que lors de la saison précédente), mais pour un rendement très faible (un seul système mature développé à l'arrivée, contre trois lors de l'exercice précédent), la suite a été anormalement pauvre en vellétés de cyclogenèses (seulement sept autres systèmes suivis), mais par contre beaucoup plus efficace (cinq cyclogenèses converties avec succès). Le nombre de six tempêtes tropicales situe cette saison à un niveau d'activité très bas, puisque depuis 1967 (début de l'ère satellitaire) on n'est descendu sous ce seuil qu'en quatre occasions seulement.

Le constat est identique si l'on considère le nombre de jours d'activité perturbée, paramètre plus représentatif de l'activité réelle de la saison, et les 30 jours cumulés avec la présence, sur la zone du Sud-Ouest de l'océan Indien, d'un système dépressionnaire d'intensité au moins égale à la tempête tropicale modérée (sachant que la moyenne se situe à 53 jours et la médiane à 48). Trois des six tempêtes tropicales recensées se sont transformées en cyclone tropical, une proportion normale, avec même deux cyclones intenses. En terme de nombre de jours cycloniques (nombre de jours cumulés avec la présence d'un cyclone tropical sur zone), on reste tout de même loin du compte, avec seulement 10 jours au lieu de 20 en moyenne climatologique. La tendance à la baisse régulière – et assez rapide – de l'activité perturbée observée ces der-

nières années (tendance amorcée après le pic de la saison 2001-2002), s'est ainsi confirmée (voir page 09).

Cette saison cyclonique 2005-2006 a présenté bien des similitudes avec la saison 1998-1999. Saison globalement peu active, début de saison laborieux, anomalie sèche sur le bassin, un constat analogue à 2005-2006 avait, en effet, été dressé en 1998-1999, qui avait été une saison également très tardive (si, en cette saison 2005-2006, il a fallu attendre la dernière décade de février pour baptiser le troisième système de la saison, un record depuis 1960, année à partir de laquelle on a commencé de nommer les systèmes dépressionnaires tropicaux dans notre bassin, en 98-99 la première tempête n'avait été baptisée que le 16 janvier, deuxième date la plus tardive de début de saison).

D'un point de vue purement comptable, ces deux saisons cycloniques sont presque des clones, que ce soit en termes de nombre de jours d'activité cyclonique ou de nombre de systèmes, puisque ces deux saisons sont non seulement créditées du même nombre de phénomènes baptisés (cinq), mais ont pour trait commun supplémentaire le fait qu'une sixième tempête tropicale, certes éphémère, mais qui aurait malgré tout mérité d'être nommée, ne l'a pas été en dépit des analyses du CMRS. En 1998-1999 il s'agissait de la lointaine tempête tropicale HAMISH, issue de la zone Sud-Est de l'océan Indien sous responsabilité australienne, qui n'avait pas été renommée par le Service Météorologique de Maurice sur l'extrême est du bassin, après son franchissement du 90° méridien Est.

Dernier point commun entre ces deux saisons : dans les deux cas, les îles sœurs de Maurice et de La Réunion ont, malgré une saison peu active à l'échelle du bassin, eu à subir l'influence significative d'un système dépressionnaire, à chaque fois en mars et par le système en «D» (le cyclone DAVINA en 1999, la tempête DIWA en 2006), ces météores ayant eu, lors de leur saison chaude respective, un impact majeur pour atténuer ou éliminer les effets d'une forte sécheresse préalable.

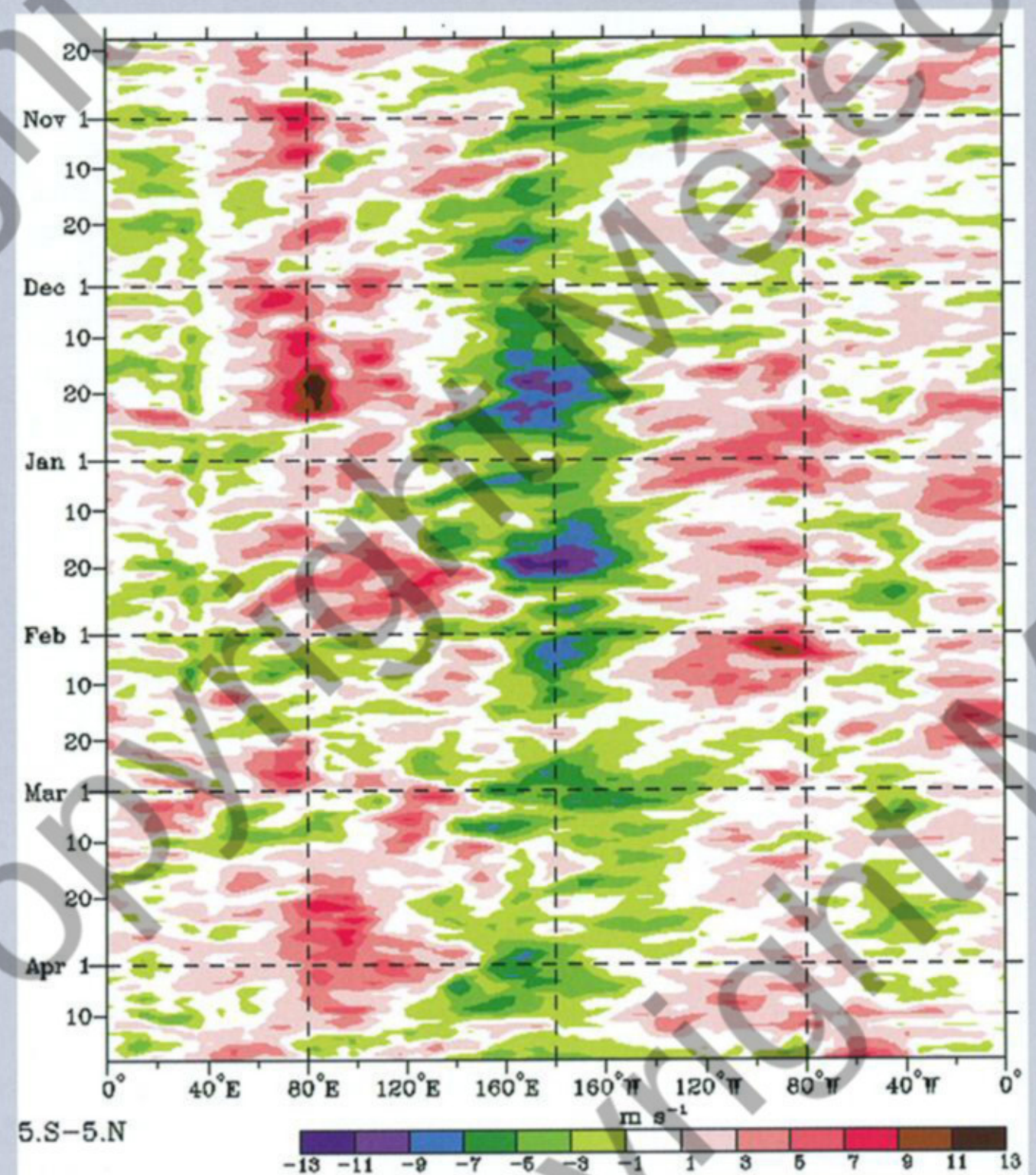
Les cyclogenèses se sont réparties sur deux zones bien identifiées : après un début de saison, jusqu'à fin décembre, où tous les systèmes suivis sont apparus sur l'est du bassin ou en marge orientale de celui-ci, i.e. sur le Sud-Est de l'océan Indien, les formations se sont ensuite majoritairement concentrées au nord des Mascareignes. Aucun système ne s'est formé, ni développé d'ailleurs, entre l'archipel des Chagos et les îles de la partie ouest du bassin, une situation inhabituelle. Le canal de Mozambique a également été plutôt calme et dénué de toute cyclogenèse, la régénérescence de BOLOETSE ne pouvant être qualifiée de cyclogenèse purement endogène.

Les trajectoires ont été assez variées, avec cependant une orientation climatologique sud-ouest dominante dans le domaine tropical. Contrairement à la saison précédente où les transitions extra-tropicales avaient été légion, la majorité des systèmes s'est dissipée dans le domaine tropical cette année.

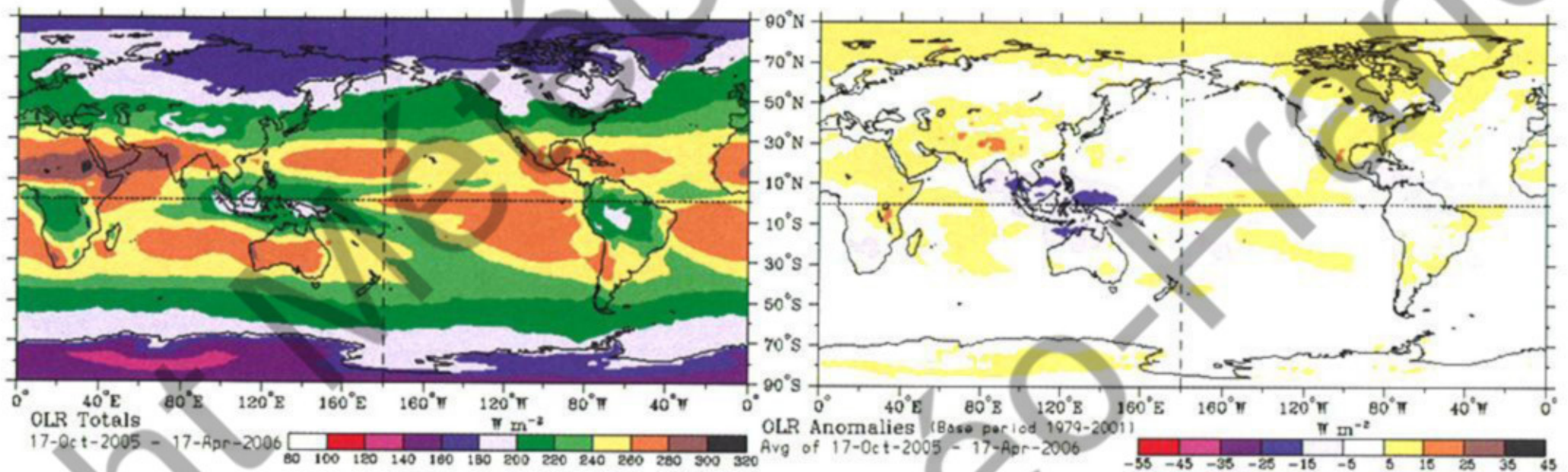
La saison a été plutôt clémente pour les populations, le continent africain ayant été à nouveau épargné et Madagascar n'ayant été que marginalement influencé par un seul phénomène, BOLOETSE, qui, avec une trajectoire analogue à ERNEST un an auparavant, a fait beaucoup moins de victimes sur la côte sud-ouest malgache. Les fortes pluies associées à DIWA ont affecté les Mascareignes et plus particulièrement La Réunion, où leurs conséquences ont causé, directement ou indirectement, la mort de plusieurs personnes.

The 2005-2006 cyclone season was scarcely active in the Southwest Indian Ocean. Both in terms of number of phenomena (three tropical storms and three cyclones) and days of cyclone activity, it ranked fifth among the least active seasons since the beginning of the satellite era (in 1967) dropping behind the normal by nearly 50% for the cumulated number of days of activity. After the record 2005 cyclone season in the Atlantic, the predictions of recrudescence of cyclone activity over our basin revealed to have been a too hasty extrapolation. Thirteen depression systems elicited the issuance of advisories by RSMC La Reunion, less than during the preceding seasons. In fact, since the RSMC started operations (in the early 1990s), only one season saw fewer systems being monitored (in 2000-2001 with only 11 systems), another evidence which supports a season of reduced activity.

Out of those thirteen systems, six were graded as tropical storms (including one unnamed), which is a rather weak rate of conversion into mature phenomena, this index of cyclogenesis efficiency being also a good criterion to evaluate the seasons' activity given that seasons which show a ratio under 50% are usually less active than the norm (which, as a reminder, amounts to 9 tropical storms in the basin). Looking more in detail, one can observe that the season was rather unbalanced in this way: after a rather disturbed start, with six monitored phenomena before 31st December (as many as in the previous season), but for a very poor yield though (only one mature storm developed against three in the previous season), the rest of the season was abnormally unproductive in cyclogenesis attempts (only seven other systems were monitored), but turned out to



Carte d'anomalie de vent zonal sur la zone proche-équatoriale (5°N-5°S) et évolution sur la période allant du 18 octobre 2005 au 18 avril 2006 (moyennes quotidiennes comparées à la climatologie 1979-2001).
Time evolution of the zonal wind anomaly in the near-equatorial region (5°N-5°S) during the period 18 October 2005 to 18 April 2006. Data courtesy BoM/BMRC.



Cartes globales d'OLR (en haut) et d'anomalie d'OLR sur la période allant du 17 octobre 2005 au 17 avril 2006. Les zones en jaune-orange correspondent à un déficit d'activité convective, alors que les zones colorées en bleu indiquent une activité convective supérieure à la normale.
Global OLR (Outgoing Longwave Radiation) and OLR-anomalies maps for the period 17 October 2005 to 17 April 2006. The areas in yellow and orange correspond to below normal convective activity while blue shaded areas correspond to above normal convective activity. Data courtesy BoM/BMRC.

be much more efficient (five cyclogenesis converted successfully).

The amount of six tropical storms places this season at a very low level in terms of activity considering that since 1967 (beginning of the satellite era) only four seasons remained under this threshold.

The same statement applies for the number of days of disturbed activity, which is a more representative parameter to the actual activity of the season, with a total of 30 cumulated days with the presence on the Southwest Indian Ocean of a depression system of an intensity equal to or greater than that of a moderate tropical storm (to compare with a mean of 53 days and the median of 48). Three of the observed tropical storms turned into tropical cyclones – a normal ratio –, including two intense cyclones. The number of cyclone days (cumulated number of days with the presence of a tropical cyclone on the zone) nevertheless remained far from the normal amount with only 10 days – instead of 20 in climatological average. The regular trend to a rather fast drop in disturbed activity observed in recent years (trend started after the peak season of 2001-2002) has thus been confirmed (see page 09).

This cyclone season 2005-2006 exhibited much similitude with season 1998-1999. Season of low activity, laborious start, drought anomaly on the basin, all statements applying in 2005-2006 alike in 1998-1999 which had been an equally tardy season (while in 2005-2006 it was necessary to wait until the last decade of February to name the third system of the

season, –a record since 1960 from which time tropical depression systems started being named in the basin –, in 1998-1999 the first storm of the season was only named on 16 January, the second most tardy date for a season to begin).

From a purely numerical point of view, these two cyclone seasons were nearly clones, either in terms of number of days of cyclone activity or number of systems, considering that those two seasons were not only credited the same number of named phenomena (five), but also had in common another additional feature, namely a sixth ephemeral tropical storm which deserved to be named but which was not. In 1998-1999 it concerned the faraway tropical storm HAMISH which came from the South-East Indian Ocean under the Australian responsibility and which had not been renamed by the Mauritius Meteorological Services on the far edge of the basin after its crossing of longitude 90°East. This time could have borne out more consequences since the Number 09 system, a tiny midget-type storm was threatening Mauritius at the time of its peak of intensity.

Last point in common between those two seasons: in both cases, the sister islands of Mauritius and La Reunion had to undergo –despite a low activity for the basin – the significant influence of a depression system each time in March, and of the 'Ds'-system (cyclone DAVINA in 1999, tropical storm DIWA in 2006), those meteors having had a major impact during their respective warm season either to mitigate or eliminate altogether the effects of a previous drought.

The cyclogenesis spread over two well-identified zones: after a first part of the season lasting until end of December when all monitored systems had appeared either over the eastern part of the basin or close to its eastern boundary, i.e. over the Southeast Indian Ocean, the formations then concentrated mainly north of the Mascarenes. No system formed nor developed between the Chagos Archipelago and the islands situated in the western part of the basin, which is an unusual situation. The Mozambique Channel was also rather calm and devoid of any cyclogenesis, considering that the rejuvenation of BOLOETSE cannot be qualified as a purely endogenous cyclogenesis.

The tracks were quite varied with however a dominant southwestward climatological orientation in the tropical domain. Unlike the previous season when extratropical transitions were legion, most systems this year dissipated within the tropical domain.

This cyclone season was rather clement to the populations, the African continent being spared once more and Madagascar having been only slightly influenced by the only phenomenon, BOLOETSE, which with its track similar to that of ERNEST's a year earlier, caused many less casualties on the southwestern coast of Madagascar. The heavy rainfall related to DIWA affected the Mascarenes and namely La Reunion, where its impact caused directly or indirectly the death of several people.

Les raisons de la faible activité cyclonique 2005-2006.

Bien qu'elles soient probablement multiples, on peut avancer que la raison principale tient en une anomalie de la circulation atmosphérique à grande échelle dans la zone proche-équatoriale, avec, en basse troposphère, des anomalies persistantes de vents d'ouest sur l'océan Indien (valeurs positives en grenat sur la carte ci-contre) et de vents d'est sur le Pacifique central (valeurs négatives en bleu-vert). Ces deux éléments conjugués, qui ont perduré durant quasiment toute la saison chaude australe – à l'exception d'une période entre février et début mars sur l'océan Indien – et qui constituaient la signature en basses couches d'une circulation de Walker renforcée, ont résulté en une convergence de grande échelle vers la zone australo-indonésienne (siège de la branche ascendante de la circulation de Walker), avec pour conséquence première une focalisation de l'activité nuageuse et convective dans cette zone Indonésie-Australie-Papouasie. Par contraste, le Sud-Ouest de l'océan Indien, situé du côté de la branche subsidente de la circulation de Walker, a connu un déficit important au niveau de l'activité nuageuse, plus particulièrement au niveau de la Zone de Convergence Intertropicale, qui a généralement été peu présente ou mal organisée et relativement inactive, avec un flux de mousson qui a peine à s'établir; installé tardivement, il a ensuite été loin d'être pérenne, même au cœur de la saison chaude. La ZCIT étant la zone privilégiée de formation des perturbations tropicales, son anémie relative a fait que les conditions ont été globalement moins propices à la genèse de systèmes dépressionnaires tropicaux.

Ce déficit d'activité nuageuse et convective, du fait de conditions anormalement subsidentes, s'est accompagné d'une anomalie sèche sur le Sud-Ouest de l'océan Indien, en particulier durant la première partie de la saison chaude. Bien appréhendée à l'échelle océanique grâce aux anomalies d'OLR (Outgoing Longwave Radiation – flux radiatif sortant de grande longueur d'onde, page ci-contre), indicateur le plus pertinent pour traduire le déficit d'activité convective, cette anomalie sèche s'est également matérialisée dans les chiffres de la pluviométrie mesurée. Ainsi à La Réunion, avant que ne surviennent les deux épisodes pluvieux – dont celui majeur lié à la tempête DIWA – qui allaient sauver la pluviométrie de la saison, la première moitié de la saison des pluies avait été extrêmement chiche en précipitations, avec un déficit important sur les trois mois de novembre à janvier, excédant les 50% sur la moitié sud-ouest de l'île, où des records de sécheresse sur plus de 50 ans avaient été approchés ou battus: on peut citer par exemple les 18 mm recueillis sur cette période à l'aéroport de Pierrefonds, pour une moyenne habituelle de 194 mm (record sur 51 ans), ou les 150 mm à Cilaos, 2^e valeur la plus basse sur 54 années (la moyenne sur cette période étant de 611 mm).

À ces conditions anormalement sèches, ont correspondu dans le même temps des pressions anormalement élevées, autre révélateur de la subsidence de grande échelle. À l'exception du mois de mars – fortement impacté par DIWA –, la pression moyenne mensuelle est ainsi demeurée supérieure

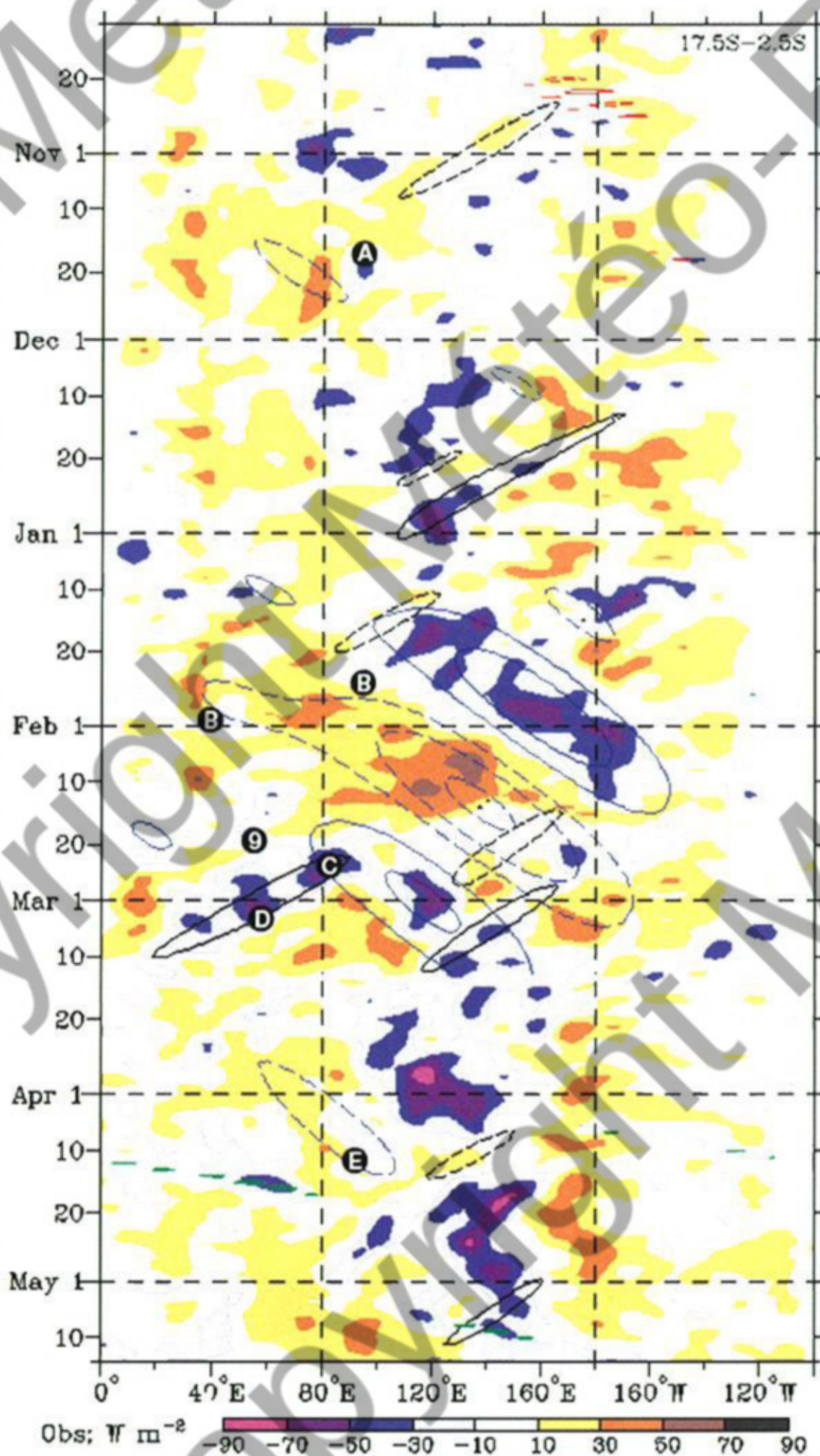
à la normale tout au long de la saison chaude à La Réunion, avec de fortes anomalies positives en janvier et février (supérieures à 2 hPa). En fait, sur l'ensemble de la période chaude s'étirant de novembre à avril, la pression moyenne observée a été la troisième plus élevée depuis 1953 (date du début des observations régulières).

The reasons for the low 2005-2006 cyclone activity.

Although being probably manifold one main reason can be put forward. It owes to a large-scale anomaly in atmospheric circulation in the near-equatorial zone with persisting low levels anomalies of westerly winds over the Indian Ocean (positive values in garnet-red on the opposite diagram) and of easterly winds over the central Pacific (green-blue negative values). These combined factors which nearly lasted throughout the whole warm austral season – the only exception being a few weeks period between February and the beginning of March – and which were the signatures in the lower troposphere of an enhanced Walker circulation –, resulted in a large-scale convergence towards the Australian-Indonesian zone (seat of the ascending branch of the Walker circulation), with the primary consequence of focused cloud and convective activity in the Indonesia-Australia-Papua-New-Guinea area. By contrast, the Southwest Indian Ocean located on the side of the subsidence branch of the Walker circulation, went through an important failure in cloud activity, especially near the Intertropical Convergence Zone which was generally hardly present or poorly organised and relatively inactive, with a monsoon flow which struggled to settle; settling tardy it was not perennial afterwards even in the middle of the warm season. The ICTZ being the privileged zone for the formation of tropical disturbances, its relative anaemia made the conditions less conducive to the genesis of tropical depression systems.

The below normal cloud and convective activity went together with the dry anomaly observed over the Southwest Indian Ocean (especially during the first part of the warm season) due to the globally subsiding conditions. Well apprehended on the basin scale through the OLR anomalies (Outgoing Longwave Radiation – opposite page –, the most reliable and practical indicator to denote the deficit in convective activity), the dry anomaly also materialised in the rain data. Thus in La Reunion Island, before the occurrence of the two rainy episodes which saved the pluviometry of the season – including the major one being generated by tropical storm DIWA –, the first half of the rainy season had been extremely scant in rainfall with an important shortage during the three months of November to January, exceeding 50% over the southwestern half of the island where records of drought over the last 50 years were approached or even beaten. One can mention the 18 mm measured over that period at the Pierrefonds Airport for a usual average of 194 mm (record over 51 years), or the 150 mm at Cilaos, the second lowest value over 54 years (the average being 611 mm for that period).

To these abnormal dry conditions corresponded at the same time abnormally high pressure, another indicator of large-scale subsidence. Except for March – strongly impacted by DIWA – the average monthly pressure remained higher than the norm throughout the warm season in La Reunion with strong positive anomalies in January and February (above 2hPa). In fact, over the whole warm season spreading from November to April, the mean pressure observed was the third highest since 1953 (when regular observations started), the highest on record being held by the warm season 1998-1999. And the correlation between these two seasons does not stop at this analogy only (see main text at the opposite page for additional elements).



Évolution temporelle des anomalies d'OLR lors de la saison cyclonique 2005-2006 (octobre 2005 à mai 2006) et analyse spectrale correspondante des différentes ondes tropicales associées: onde de Kelvin (en vert), onde équatoriale de Rossby (en noir), MJO (oscillation de Madden-Julian, en bleu); les contours en trait plein (resp. en tirets) correspondent aux phases actives (resp. inactives). Ont été superposées les localisations des cyclogenèses des tempêtes tropicales et cyclones de la saison cyclonique (repérées par la date et la longitude du moment où ces systèmes ont atteint le stade de dépression tropicale). Le re-développement de BOLOETSE dans le canal de Mozambique a été indiqué par un second point de cyclogenèse.


Time evolution of the OLR anomalies for the cyclone season 2005-2006 (October 2005 to May 2006) and corresponding spectral analysis of the associated tropical waves: Kelvin waves (in green), Equatorial Rossby wave (in black) and MJO (Madden-Julian oscillation, in blue); the solid (resp. dashed) contours correspond to their active (resp. inactive) phases. The locations of genesis occurrences of the cyclone season' storms (as defined by the time and longitude of their initial classification at tropical depression stage) have been superimposed. The re-development of BOLOETSE has been added as a second cyclogenesis occurrence.


La palme en la matière est détenue par la saison chaude 1998-1999, et le rapprochement entre les deux saisons ne s'arrête pas à cette seule analogie (voir page 02).


Perturbations


analysées dans l'ordre chronologique


Analysed disturbances in chronological order


 **1. ALVIN/BERTIE :**
Cyclone tropical intense
(18 novembre au 3 décembre 2005)

 **2. BOLOETSE :**
Cyclone tropical
(20 janvier au 6 février 2006)


 **3. 09-20052006 :**
Forte tempête tropicale
(18 au 23 février 2006)


 **4. CARINA :**
Cyclone tropical intense
(22 février au 11 mars 2006)


 **5. DIWA :**
Forte tempête tropicale
(2 au 11 mars 2006)

 **6. ELIA :**
Tempête tropicale modérée
(10 au 17 avril 2006)

 **1. ALVIN/BERTIE :**
Intense tropical cyclone
(18 November – 3 December 2005)

 **2. BOLOETSE :**
Tropical cyclone
(20 January – 6 February 2006)

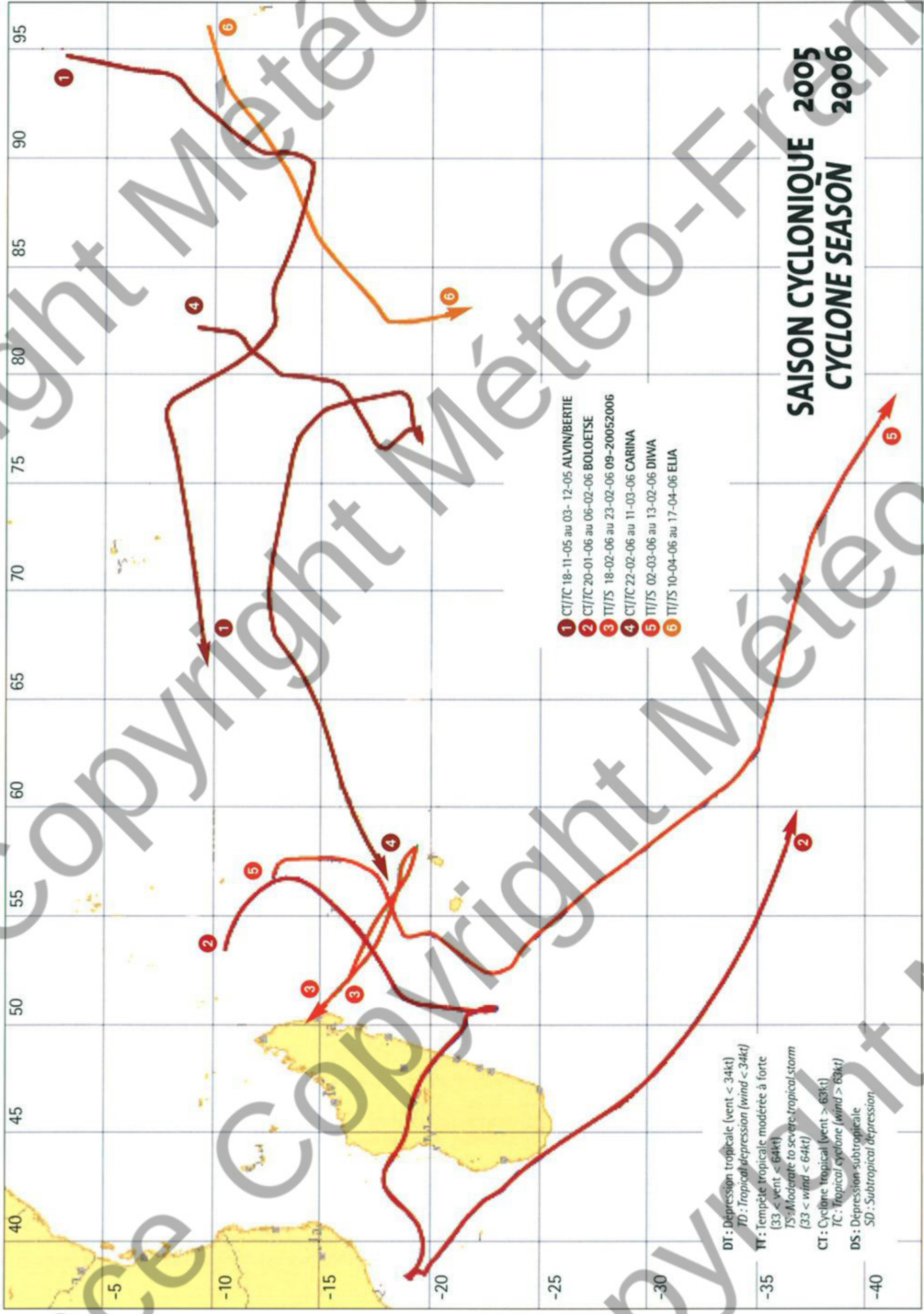
 **3. 09-20052006 :**
Severe tropical storm
(18 – 23 February 2006)

 **4. CARINA :**
Intense tropical cyclone
(22 February – 11 March 2006)

 **5. DIWA :**
Severe tropical storm
(2 – 11 March 2006)

 **6. ELIA :**
Moderate tropical storm
(10 – 17 April 2006)

Numéro d'ordre	Système	TYPE	VENT MAXIMAL MOYEN sur 10 min (nœuds) et date	PRESSION MER MINIMALE (hPa)
<i>Ranking number</i>	<i>System</i>	<i>Type</i>	<i>Max 10-min average wind (knots) and date</i>	<i>Minimum sea-level pressure (hPa)</i>
1	ALVIN/BERTIE	CT/TC	100 (23/11/2005)	930
2	BOLOETSE	CT/TC	85 (03/02/2006)	950
3	09-20052006	TT/TS	50 (19/02/2006)	992
4	CARINA	CT/TC	110 (28/02/2006)	915
5	DIWA	TT/TS	60 (08/03/2006)	980
6	ELIA	TT/TS	40 (13/04/2006)	990



**SAISON CYCLONIQUE 2005
CYCLONE SEASON 2006**

- 1 CT/TC 18-11-05 au 03- 12-05 ALVIN/BERTIE
- 2 CT/TC 20-01-06 au 06-02-06 BOLOETSE
- 3 TT/TS 18-02-06 au 23-02-06 09-20052006
- 4 CT/TC 22-02-06 au 11-03-06 CARINA
- 5 TT/TS 02-03-06 au 13-02-06 DIWA
- 6 TT/TS 10-04-06 au 17-04-06 ELIA

DT : Dépression tropicale (vent < 34kt)
 TD : Tropical depression (wind < 34kt)
 TT : Tempête tropicale modérée à forte
 (33 < vent < 64kt)
 TS : Moderate to severe tropical storm
 (33 < wind < 64kt)
 CT : Cyclone tropical (vent > 63kt)
 TC : Tropical cyclone (wind > 63kt)
 DS : Dépression subtropicale
 SD : Subtropical depression

Caractéristiques

de la saison 2005-2006 dans le Sud-Ouest de l'océan Indien

Statistical data relative to the 2005-2006 season in the South-West Indian Ocean

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

TYPE	NOM NAME	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	DURÉE LIFETIME (Ci ≥ 2,5)
CTI	ALVIN													4
CT	BOLOETSE													10
FTT	0920052006													3
CTI	CARINA													9
FTT	DIWA													6
TTM	ELIA													4
MOYENNE (AVERAGE LIFETIME) =														6

2. ACTIVITÉ CYCLONIQUE (CYCLONE ACTIVITY)

CI (intensité)/(intensity)	≥ 2.0*	≥ 2.5*	≥ 3.0	≥ 5.0	≥ 6.0	≥ 7.0
NOMBRE DE PERTURBATIONS (Number of disturbances)		6	6 (9)	3 (4)	2	0
NOMBRE DE JOURS D'ACTIVITÉ CYCLONIQUE (calendaires) (Number of days with cyclone activity)	41 (68)	35	28 (42)	7 (13)	3	0
NOMBRE DE JOURS D'ACTIVITÉ CYCLONIQUE (cumulés pour l'ensemble des perturbations) (Cumulated number for all the disturbances)	44 (75)	36	28 (48)	7 (13)	3	0

* Données relatives aux seules perturbations analysées

* Data valid for analysed disturbances only

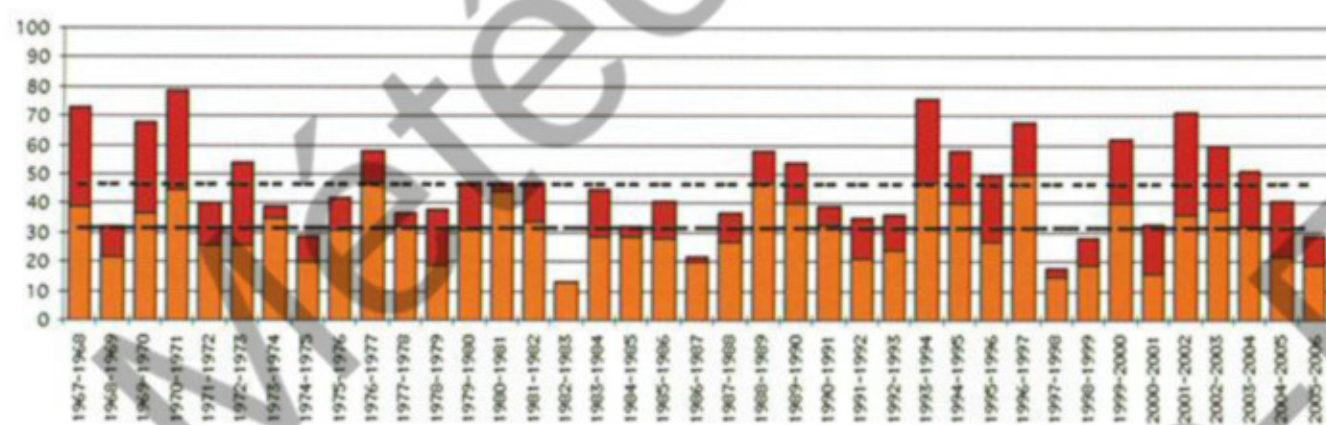
NOTA : • CI = Intensité sur l'échelle de DVORAK (page 71) (Intensity on DVORAK scale)

- 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, figurent les médianes, calculées 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.

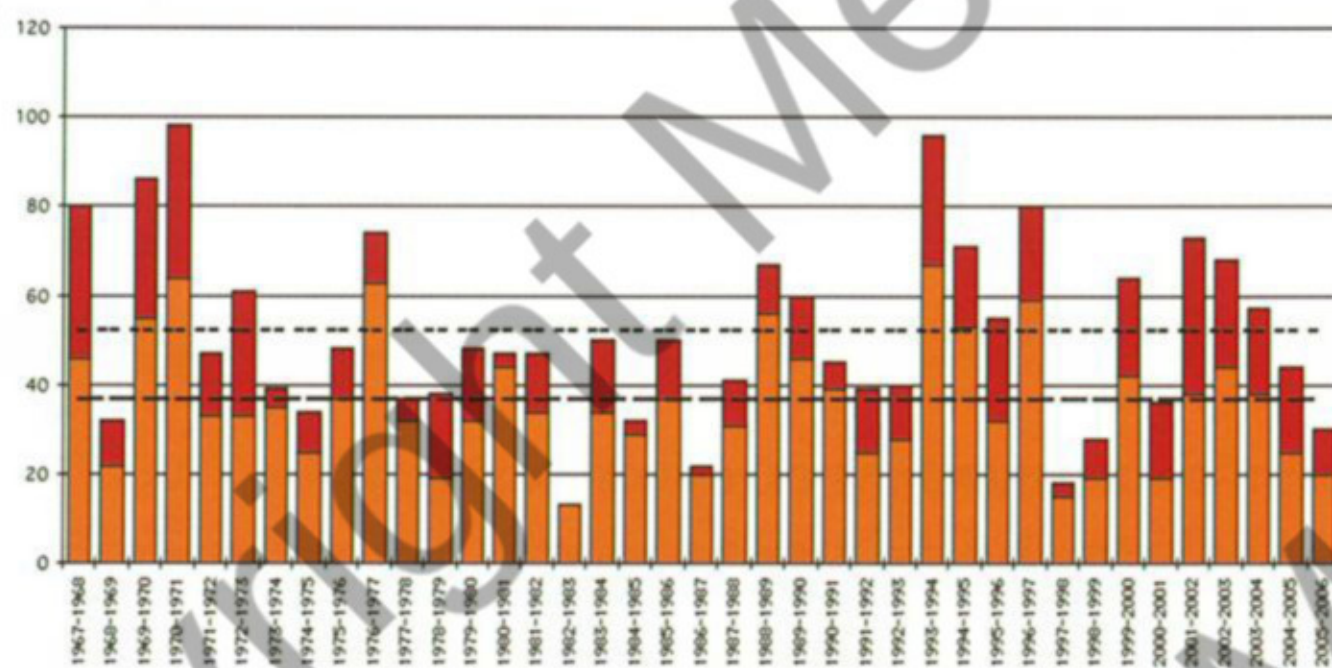
Medians for the period 1967-1968 to 1996-1997 are indicated in brackets within the table. The median can be defined as the value corresponding to a standard season, for there are as many seasons above the median as below.

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 page 71). Starting from the season 1999-2000, the classification of tropical systems regarding Dvorak intensities has been modified (see explanations page 71).



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
 — Normale 1
 - - - Normale 2

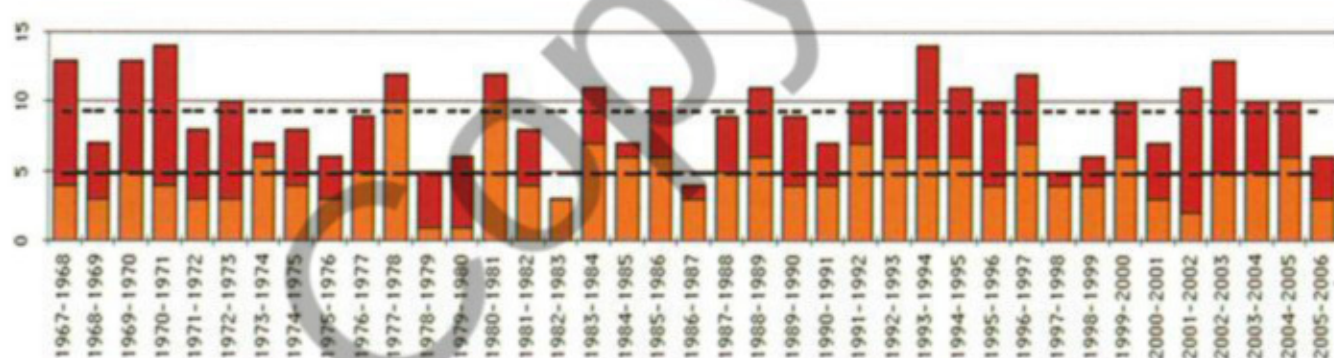


Variation interannuelle de l'activité cyclonique* sur le bassin Sud-Ouest de l'océan Indien et moyenne.
 (* définie comme le cumul pour l'ensemble des perturbations d'une saison du nombre de jours avec présence d'une tempête tropicale ou d'un cyclone).

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

(* définie 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).
 — Normale 1
 - - - Normale 2



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
 — Normale 1
 - - - Normale 2

3. INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES (OTHER INDICATIONS)

Genèse (Genesis)

- Nord-Est bassin (Northeastern area) (est de 70°E) = 3
- Centre bassin (Central area) (de 60°E à 70°E) = 0
- Nord-Ouest bassin (Northwestern area) (de 50°E à 60°E) = 3
- Canal de Mozambique (Mozambique Channel) = 0

Cyclolyse (Cyclolysis)

- Domaine polaire (polar area) = 2
- Domaine tropical (tropical area) = 4
 dont Sur terre (over land) = 0
 (among which) Sur mer (over sea) = 4

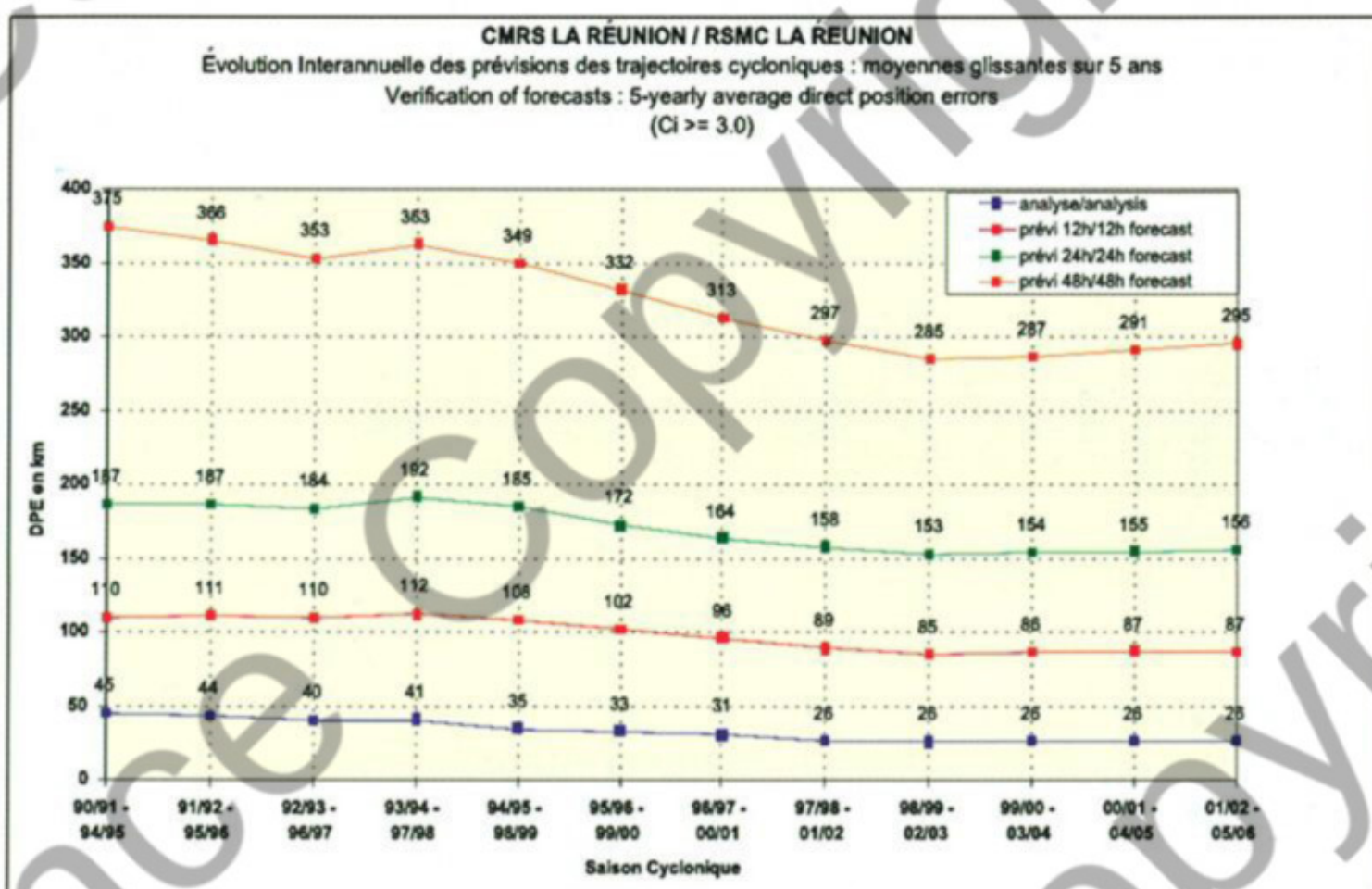
4. QUALITÉ DES PRÉVISIONS (VERIFICATION OF FORECASTS)

ÉCHÉANCE (HEURES) (FORECAST HOUR)	ÉCART MOYEN (KM) CI ≥ 2.0 MEAN ERROR (NOMBRE DE CAS) (NUMBER OF CASES)	ÉCART MOYEN (KM) CI ≥ 3.0 MEAN ERROR (NOMBRE DE CAS) (NUMBER OF CASES)	ÉCART MOYEN (KM) CI ≥ 5.0 MEAN ERROR (NOMBRE DE CAS) (NUMBER OF CASES)
12	86 (134)	82 (87)	59 (28)
24	153 (133)	148 (87)	108 (28)
48	303 (121)	305 (84)	279 (27)
72	485 (101)	494 (73)	550 (23)

ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ DES PRÉVISIONS (TIME-EVOLUTION OF TRACK FORECASTS):

Le graphe ci-dessous présente l'évolution temporelle récente de la qualité des prévisions de trajectoires en fonction de l'échéance et ce pour des intensités significatives à l'analyse (au moins 3.0 sur l'échelle de Dvorak). Les erreurs de prévisions sont calculées en moyennes glissantes sur cinq ans, ce afin de disposer d'échantillons suffisamment représentatifs (les chiffres en italiques figurant au-dessus des courbes, indiquent les nombres de prévisions correspondants).

The graphic below presents the time-evolution of the track forecast errors for the last decade. For systems at significant intensity (analysed intensity of at least 3.0 on the Dvorak scale) forecast errors have been averaged on a 5-yearly basis at each range. Doing this enables to benefit from enough large and significant sets of data (the figures in italics displayed above the graphics indicate the number of forecasts used to calculate the errors).



N.B. : les valeurs figurant dans le tableau et le graphe ci-contre sont des moyennes. Les erreurs de prévision individuelles peuvent s'en écarter notablement et sont très variables d'une perturbation à l'autre et, pour une même perturbation, d'un jour à l'autre.

The values given in the table and graphic herewith are averages. Individual forecast errors can be noticeably different (either smaller or larger) and can fluctuate a lot from one system to another one and, for the same disturbance, from day to day.

5. NOMBRE DE BULLETINS ÉMIS PAR LE CENTRE DES CYCLONES TROPICAUX DE LA RÉUNION
(saison 2005-2006)
NUMBER OF BULLETINS ISSUED BY RSMC/LA REUNION (CYCLONE SEASON 2005-2006)

N°	PERTURBATIONS TROPICALES TROPICAL DISTURBANCES	BMS					TOTAL	BULLETINS CMRS RSMC BULLETINS	AVIS CONSULTATIFS 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 D'OURAGAN HURRICANE WARNINGS				
01	01-20052006	6					6	6		
02	02-20052006	6	6				12	12		
03	03-20052006	2	5				7	7		
04	04-20052006	2	5	10	10		7	6	20	7
05	ALVIN/BERTIE	4	5	4	1	10	24	24	15	1
06	06-20052006	12	5				17	20		
07	07-20052006	14					14	15		
08	BOLOETSE	6	6	13	9	12	46	53	34	1
09	09-20052006	2	3	3			8	8	3	1
10	CARINA	2	2	7	8	16	35	34	31	1
11	DIWA	4	1	16	13		34	33	29	1
12	12-20052006	2					2	2		
13	ELIA	5	3	11			19	19	11	1
	TOTAUX (TOTALS)	67	41	54	31	38	231	239	123	6

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 24h 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 24h.

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 6h en 6h (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 6h).

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 Réunion

Activities of the RSMC/Tropical Cyclones of La Réunion



Voici quelques informations sur les différents types de messages diffusés :

- **BULLETINS MÉTÉOROLOGIQUES SPÉCIAUX (BMS) :**

Ces bulletins, actualisés toutes les 6h (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 dis-

tribution des vents et du temps à grains, ainsi que l'état de la mer. Ils donnent, également, les positions prévues 12 et 24h plus tard, de même qu'une indication sur l'évolution de l'intensité à ces échéances.

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

Ces bulletins, actualisés toutes les 6h (à 00, 06, 12 et 18 UTC), sont diffusés, en français et en anglais, à l'intention des pays membres du Centre des cyclones tropicaux. Ce sont des bulletins techniques d'analyse et de prévision cycloniques. Les positions et intensités prévues à 12, 24, 48 et 72h figurent notamment dans ces bulletins.

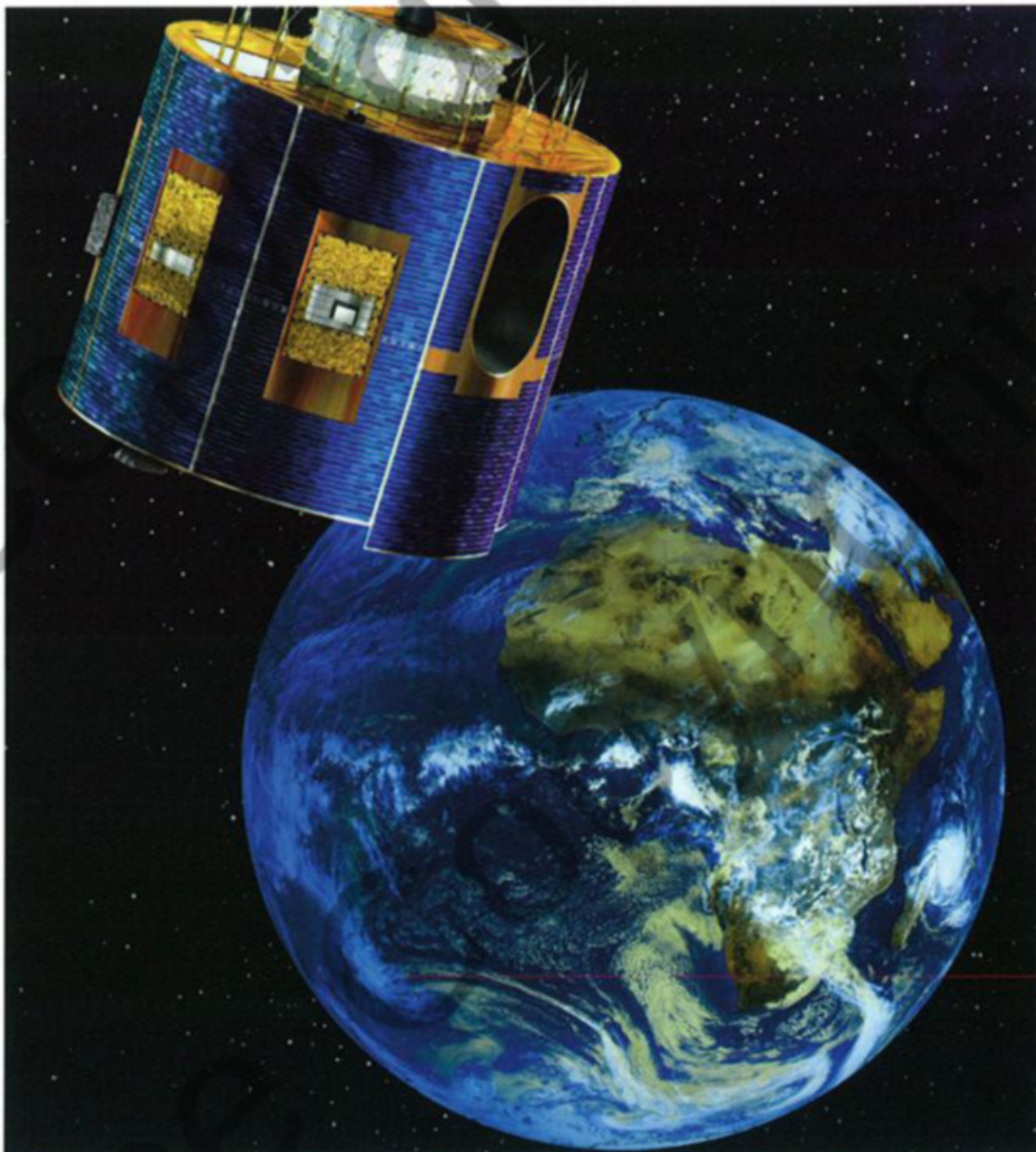
- **BULLETINS SATELLITE D'ANALYSE CYCLONIQUE (SAT) :**

Les images satellitaires (des satellites défilant prioritairement) sur lesquelles sont visibles au moins une perturbation, font occasionnellement 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 6h (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 Réunion joue le rôle



Le cyclone tropical GAFILO en bordure du scope d'acquisition du satellite géostationnaire METEOSAT 8 (MSG1), à 36 000 km au-dessus de l'océan Atlantique le 6 mars 2004.
Tropical cyclone GAFILO close to the edge of the acquisition scope of geostationary satellite METEOSAT 8 (MSG1) 36,000 km above the Atlantic Ocean on the 06 March 2004

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 24h de la trajectoire et de l'intensité).

- **MESSAGES « BUFR » :**

Ces messages, élaborés toutes les 6h (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 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 FINALISÉE («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 6h, la position et l'intensité retenues par le CMRS, ainsi que le vent maximum et la pression au centre du système. Ces trajectoires 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 6h, voire toutes les 3h en cas d'alerte à La Réunion, lorsqu'une dépression, une tempête ou un cyclone tropical évoluent sur zone. Cette page, également disponible depuis la saison cyclonique 1998-1999, sur Internet (via le serveur web de Météo-France, www.meteo.re), renseigne notamment sur la position, l'intensité et le déplacement de la ou des perturbations en question.

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 six hours (at 00, 06, 12 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, 48-hours and 72-hours positions and intensities forecasts complemented by prognostic reasoning information.

- **SATELLITE BULLETINS:**
Such bulletins are produced occasionally 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", which 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 Réunion 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 3 or 6 hours- inside the web serveur of Météo-France (www.meteo.re).

Alvin/Bertie

Cyclone Tropical Intense du 18 novembre au 3 décembre 2005

Intense Tropical Cyclone "Alvin/Bertie" (18 November – 03 December 2005)

FORMATION

On peut considérer que la saison cyclonique 2005-2006 du Sud-Ouest de l'océan Indien a débuté à peu près dans les temps, avec le premier phénomène baptisé (ALVIN) venant intéresser le bassin, en provenance du Sud-Est de l'océan Indien (où il s'appelait BERTIE), à partir du 23 novembre, soit peu après la mi-novembre – qui correspond statistiquement à la médiane en matière de date d'occurrence du premier système d'intensité significative (première tempête tropicale ou cyclone observé une année sur deux avant – ou après – cette date).

D'autant qu'ALVIN était loin d'être la première perturbation suivie depuis le début de la saison, puisque quatre autres systèmes dépressionnaires avaient préalablement déjà fait l'objet de l'émission de bulletins de suivi par le CMRS de La Réunion (le premier datant du 5 septembre). Ces systèmes s'étaient tous formés sur l'est du bassin (i.e. à l'est de l'archipel des Chagos), ou en marge orientale de celui-ci, ce qui n'est pas inhabituel en cette période de printemps austral, la présence du talweg proche-équatorial climatologiquement associée à des eaux assez chaudes sur cette partie de l'océan Indien, en faisant une zone privilégiée de cyclogénèse en début de saison.

Sauf que toutes ces tentatives de cyclogénèse en sont restées au stade de velléités non abouties, car aucune de ces perturbations n'a réellement réussi à s'affranchir suffisamment des contraintes cisailées d'est plus ou moins fortes aux-

quelles elles ont toutes été soumises. Seul le système n°04 a pu se maintenir plus de 24h au stade de simple dépression tropicale, mais c'était pour l'essentiel en zone de responsabilité australienne où il a atteint son apogée, avant qu'il n'aille ensuite en s'affaiblissant sur le Sud-Ouest de l'océan Indien, après avoir franchi le 90° méridien Est. Il n'a en conséquence pas été non plus retenu au bilan de la saison cyclonique.

Il va donc falloir attendre la dernière décennie de novembre pour voir se développer le premier système mature de cette nouvelle saison, qui sera également le seul observé avant la fin d'année civile. Dans la continuité du début de saison, ce qui deviendra moins de cinq jours plus tard le premier cyclone tropical intense de l'exercice, trouve ses origines en marge orientale du bassin, au voisinage du 95° méridien Est.

Le contexte n'est pourtant pas des plus favorables à ce moment-là, avec une activité convective réduite et nettement inférieure à la normale de l'ouest jusqu'au centre de l'océan Indien (en liaison avec une phase sèche de la MJO – oscillation de Madden-Julian). Mais ce mois de novembre est aussi associé à une anomalie de vents d'ouest sur la partie orientale de l'océan Indien équatorial. Et le 15 novembre, une poussée de vents d'ouest équatoriaux est effectivement présente en basse troposphère de l'archipel des Chagos jusqu'aux abords de l'île de Sumatra. Le lendemain, le champ de vents en surface dérivé des données diffusiométriques du satellite QuikScat, indique qu'une circulation dépressionnaire fer-

mée s'est isolée en marge sud de ces vents d'ouest, avec un centre positionné au voisinage de 95° Est et à moins de deux degrés au sud de l'Équateur.

Tout le secteur compris entre le 90° méridien Est et les îles Mendawai (archipel au large de Sumatra), devient dans le même temps le siège d'une activité convective importante, qui, dans la nuit du 18 au 19 novembre, se concentre et s'organise assez rapidement en un amas nuageux central dense positionné en marge sud-ouest du centre de basses pressions. L'ensemble s'écarte progressivement de l'équateur selon un déplacement en direction du sud-sud-ouest. Bien que soumise à un cisaillement vertical de vent de nord-est modéré, la perturbation continue de se développer franchement. Classé en tempête tropicale modérée au petit matin du 19 par le Centre d'Avertissements de Cyclones Tropicaux australien de Perth, le système est nommé BERTIE.

ÉVOLUTION

En journée, on assiste à une bien meilleure mise en phase entre la dépression de surface et la convection, ce qui autorise la poursuite du creusement. Un œil apparaît même sur l'imagerie micro-onde SSM/I en soirée de ce 19 novembre, ce qui vaut à BERTIE d'être analysé en forte tempête tropicale.

La suite de l'évolution va être beaucoup moins linéaire. La tempête commence par essayer un premier coup de moins bien au cours des 24h suivantes, avec un centre de basses couches qui apparaît de nouveau exposé en bordure nord-est de la convection sur l'imagerie micro-onde, le fléchissement net observé au niveau de la vitesse de déplacement du météore pouvant éventuellement suffire à justifier une fluctuation à la hausse de la contrainte cisailée, la faisant ainsi repasser au-dessus du seuil de tolérance du système nuageux. Toujours est-il que l'intensité de BERTIE est maintenue stationnaire jusqu'en milieu de nuit du 20 au 21. Mais la fin de nuit, puis la matinée du 21,

Météosat 5

22/11/2005 0600 UTC

Aqua
89 GHz

22/11/2005 0748 UTC

Le cyclone tropical BERTIE en cours d'intensification sur le Sud-Est de l'océan Indien. Le météore se déplace alors à une dizaine de km/h en direction du sud-sud-ouest, attiré par la faiblesse dans le champ de pression induite par la présence d'une dépression dans le domaine subtropical (clairement identifiable par l'enroulement nuageux associé).

Tropical cyclone BERTIE while intensifying on the Southeast Indian Ocean. The meteor was then moving south-southwestward at some 10 km/h heading towards the weakness in the pressure field induced by the presence of a low wedged in the subtropical high belt and clearly identified by the related cloud band.

voient une vigoureuse reprise du processus d'intensification, aboutissant prestement à la reconstitution d'un œil, esquissé sur l'imagerie micro-onde puis sur l'imagerie classique. BERTIE est en conséquence promu au stade minimal de cyclone tropical à la mi-journée. Son centre, qui depuis la veille a adopté une trajectoire plus sud-ouest, s'apprête alors à franchir le 10^e parallèle Sud.

Le reste de la journée marque une nouvelle halte dans le développement, résultant en un nouveau palier d'intensité, avec une structure nuageuse qui affiche un second accès de faiblesse notable, la convection périlicant ostensiblement, peut-être par suite d'une perte d'efficacité au niveau de l'évacuation du flux sortant d'altitude. La tendance de cisaillement de vent est cependant toujours orientée à la baisse, et comme l'incertitude potentielle sur le contenu énergétique océanique sous-jacent, susceptible d'être encore un peu juste en ce début de saison, ne semble pas constituer de problème (l'épaisseur d'eaux chaudes – température supérieure à 26°C – étant estimée supérieure à 60 m), il n'y a pas de contre-indication claire à la poursuite du développement du météore.

Et de fait BERTIE va repartir brutalement

FORMATION

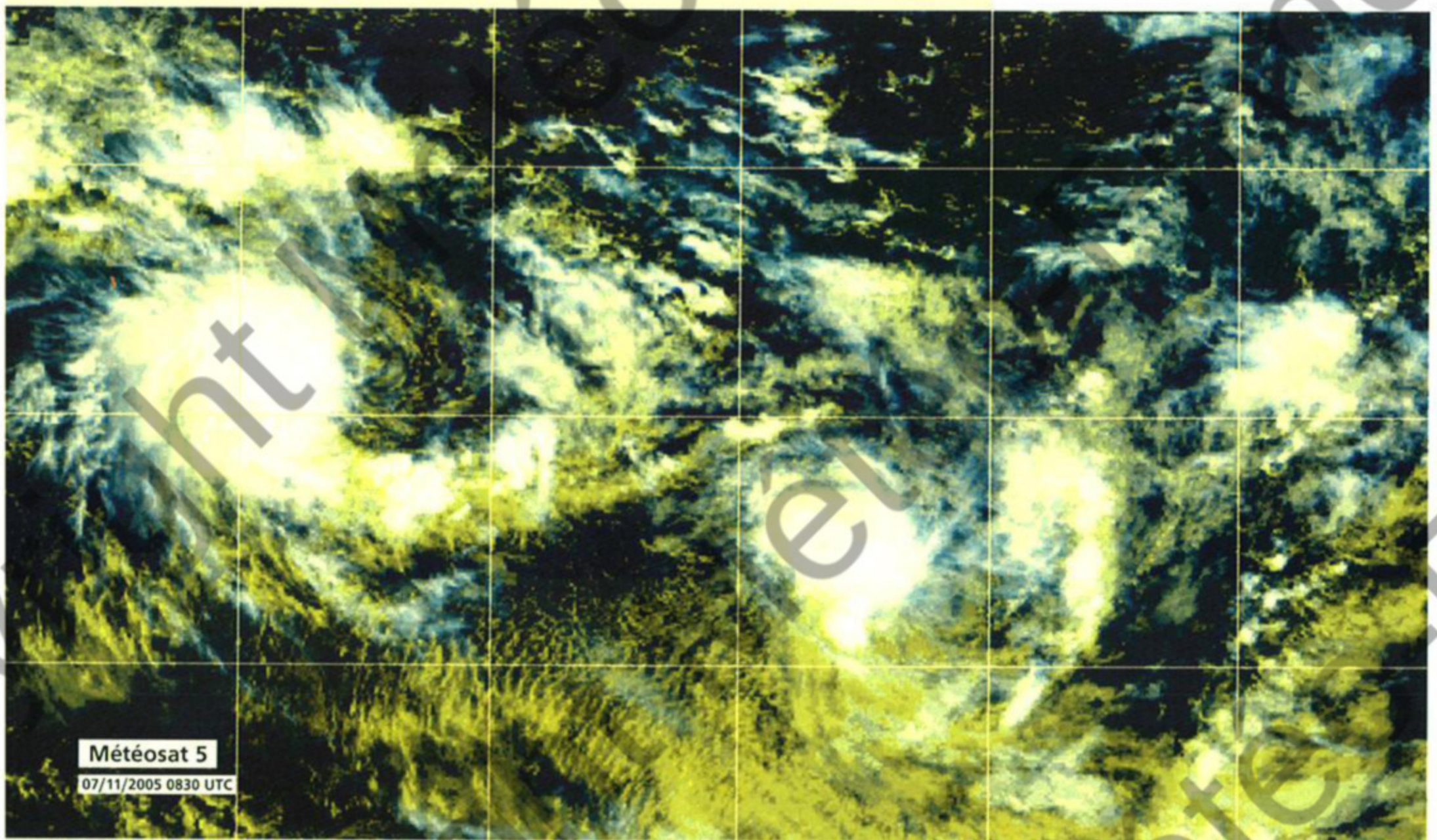
The 2005-2006 cyclone season of the Southwest Indian Ocean can be considered as having started in time, with the first named system (ALVIN) to concern the basin (originating from the Southeast Indian Ocean where it was called BERTIE) from 23 November, i.e. a little after mid-November – which statistically corresponds to the median in terms of date of occurrence for the first system of significant intensity (the first tropical storm or tropical cyclone being observed once every two years before – or after – that date).

All the more so since ALVIN was far from being the first monitored disturbance since the beginning of the season: four other depression systems had previously justified the issuance of advisories by the La Reunion's RSMC (the first one on 5 September). All these systems had formed over the eastern part of the basin (i.e. east of the Chagos Archipelago), or not far beyond its eastern edge, which is not unusual during the austral spring period, since the presence of a near-equatorial trough climatologically related to quite warm waters on this part of the Indian Ocean makes it a favoured cyclogenesis area in the early season. However, all those cyclogenesis attempts remained at the stage of unachieved impulse as none of the disturbances really managed to cast

loose from the more or less strong easterly sheared constraints they were all submitted to. Only the system Number 04 managed to hold on to the stage of simple tropical depression for more than 24h and it was mainly in the Australian area of responsibility (where it reached its best depiction) being thereafter on a weakening trend on the Southwest Indian Ocean after crossing longitude 90°East. Therefore it has not been retained as a significant system for the final cyclone season report.

Hence, it was not until the last decade of November that the first full-blown system of the new season developed which would also be the only one to be observed before the end of the civil year. In the continuity of the beginning of the season, what would become less than five days later the first intense tropical cyclone of the season, originated on the fringe of the basin, near longitude 95°East.

The context was not so favourable at the time though, with reduced and much below normal convective activity from the west to the centre of the Indian Ocean (in conjunction with a dry phase of the MJO – Madden-Julian oscillation). Additionally this November month was also associated to a westerly winds anomaly on the eastern part of the equatorial Indian Ocean. On 15 November, an equatorial westerly windburst was effectively present in the lower troposphere



Les perturbations 03 et 04 en duo sur l'est du bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien. Le début de la saison 2005-2006 a été caractérisé par de nombreuses tentatives de cyclogenèses non abouties du fait de contraintes cisailées d'est persistantes, comme l'image ci-dessus en témoigne. *Tropical disturbances 03 and 04 in duet on the eastern part of the South-West Indian Ocean. The early season saw numerous attempts of cyclogenesis that remained uncompleted due to the persistent presence of easterly sheared constraints, as witnessed on the above picture.*

from the Chagos Archipelago to the vicinity of Sumatra Island. The next day, the surface windfield derived from the scatterometer data of the QuikScat satellite indicated that a closed low circulation had isolated on the southern edge of those westerly winds with a centre located near longitude 95°East and less than two degrees south of the equator.

The whole sector between longitude 90°East and the Mendawai Islands (archipelago off Sumatra) became at the same time the seat of important convective activity which, during the night of 18 November, gathered and organised quite rapidly into a central dense overcast positioned just to the southwest of the low pressure centre. The whole moved progressively off the Equator heading for the south-southwest. Although under the influence of moderate northeasterly vertical wind shear, the disturbance continued to develop steadily. Classified as a moderate tropical storm by the early morning on 19 Nov by the Perth's Tropical Cyclones Warning Centre, the system was named BERTIE.

EVOLUTION

In the course of the day, a much better coupling could be observed between the surface depression and the convection, which enabled it to deepen further. An eye appeared even on the SSMI microwave imagery in the evening on 19 November, which earned BERTIE to be analysed at the state of severe tropical storm.

The subsequent evolution was far less linear. The storm was seized by a first bout of fainting in the next 24h with a low-level centre which again appeared exposed on the northeastern edge of the convection on the microwave imagery; the clear speed reduction in the meteor's motion might have been enough to justify an upward fluctuation of the sheared constraint making it come back above the threshold of tolerance of the cloud system. Nonetheless, BERTIE's intensity was considered remaining stationery until the middle of the night of 20 November.

However, in the late night and early morning of the 21st, the meteor went through a vigorous revival in intensification which quickly led to the rebuilding of an eye which showed first on the microwave imagery and thereafter on the classic imagery. BERTIE was therefore upgraded to the minimal stage of tropical cyclone by the middle

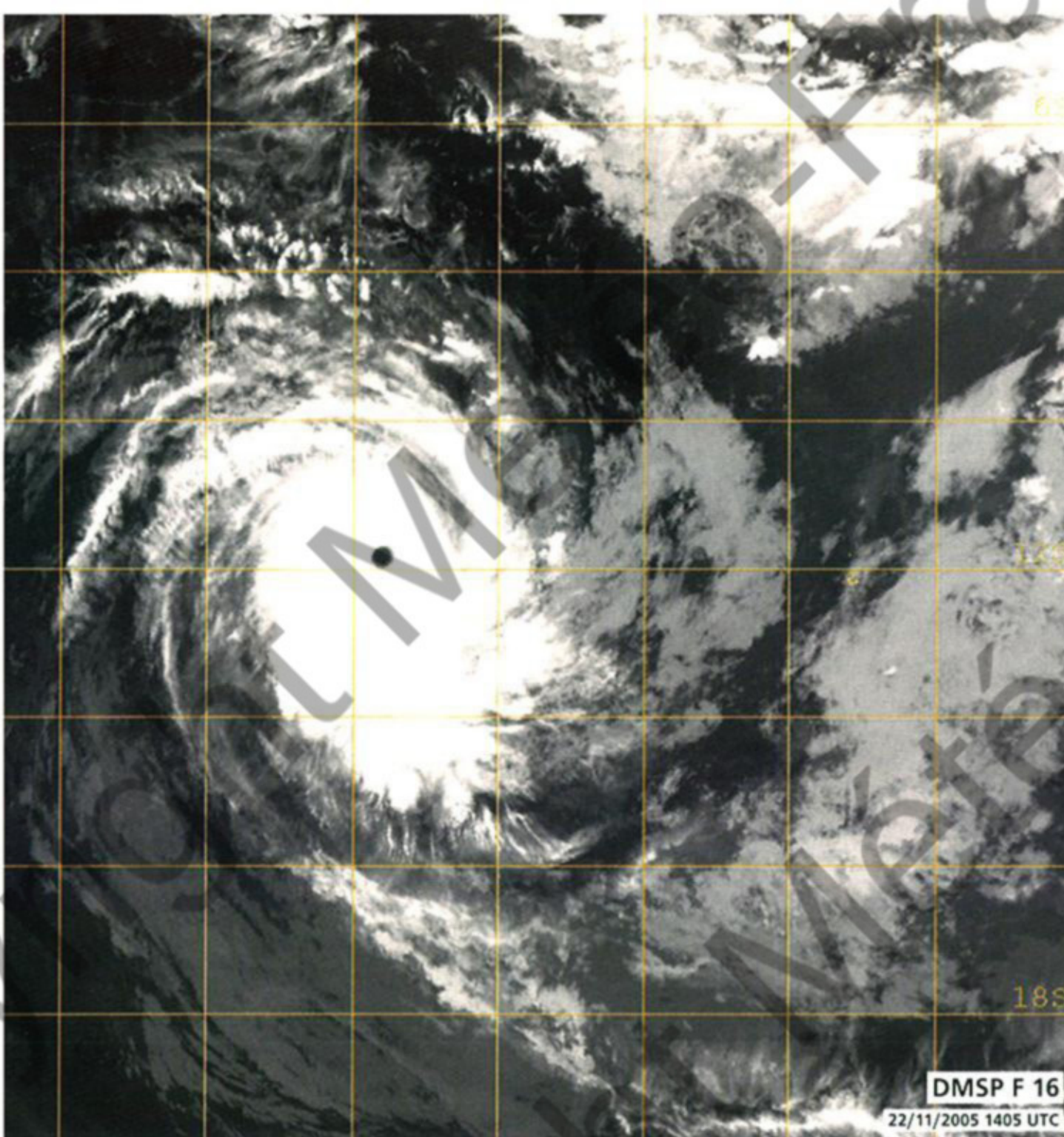
en intensification en deuxième partie de nuit. Non seulement l'œil se rétablit rapidement, mais il ne tarde pas à devenir beaucoup mieux défini que préalablement. Cette ultime phase d'intensification marquée, amène le météore jusqu'au stade de cyclone tropical intense, considéré atteint en fin de journée de ce 22 novembre, puis à son maximum d'intensité quelques heures plus tard. Autour de l'œil de quelque 35 km de diamètre, les vents moyens sur 10 min sont alors estimés culminer à 100 nœuds (185 km/h), pour des rafales maximales de l'ordre de 260 km/h. Cyclone de taille moyenne pour le bassin, le cœur actif du phénomène faisant environ 150 km de diamètre, BERTIE est centré à cet instant à 700 km à l'ouest de l'île Cocos et à moins de 40 km à l'est du 90° méridien Est, ligne virtuelle de démarcation entre les zones du Sud-Est et du Sud-Ouest de l'océan Indien. Bien que la vitesse de déplacement ait désormais fléchi sous les 10 km/h, le changement de zone de responsabilité (de celle du Centre de Perth vers celle du CMRS de La Réunion) ne semble plus être qu'une simple question d'heures. Il n'en sera rien. Parvenu à 20 km de la frontière

Alvin/Bertie

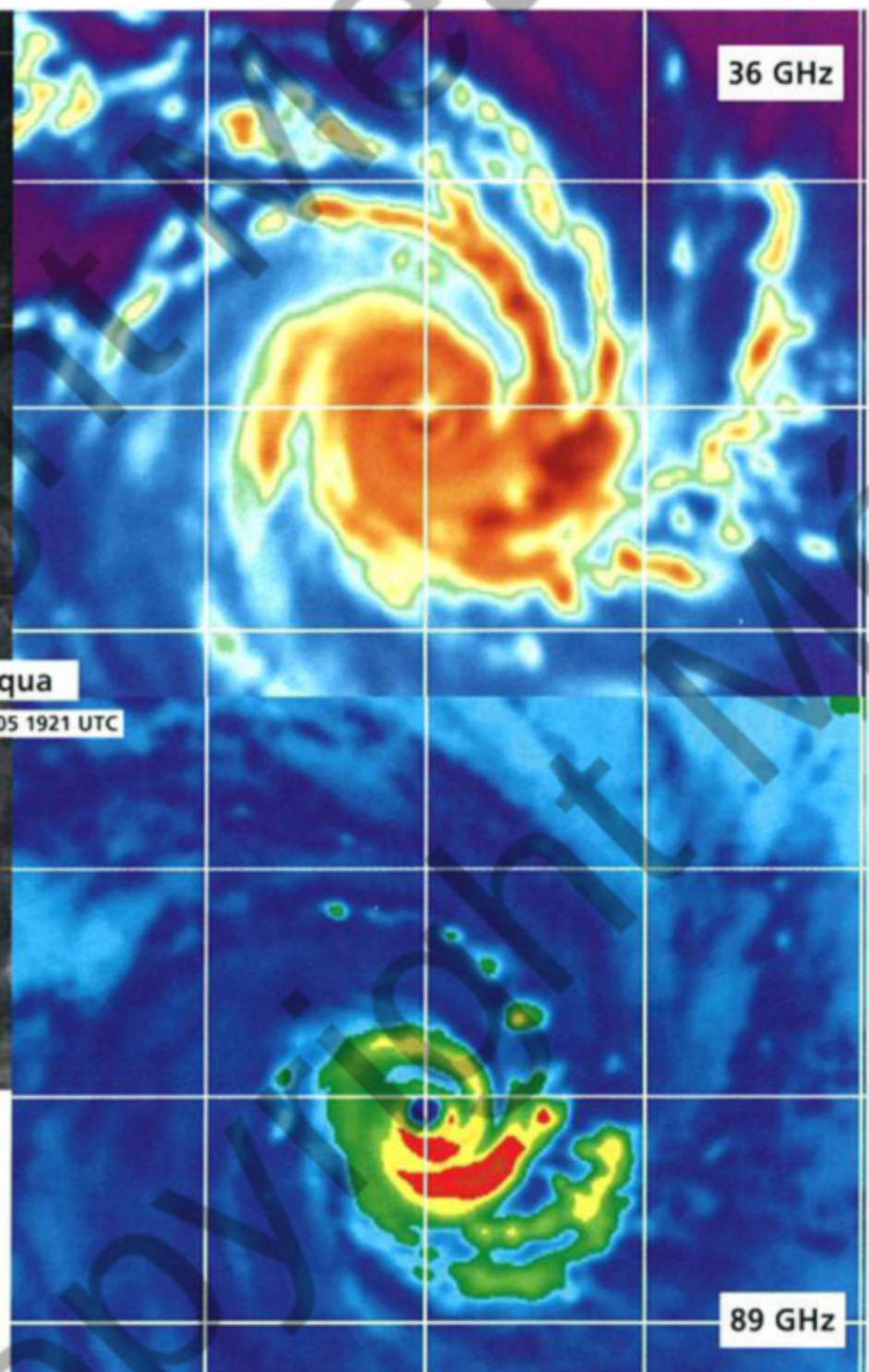
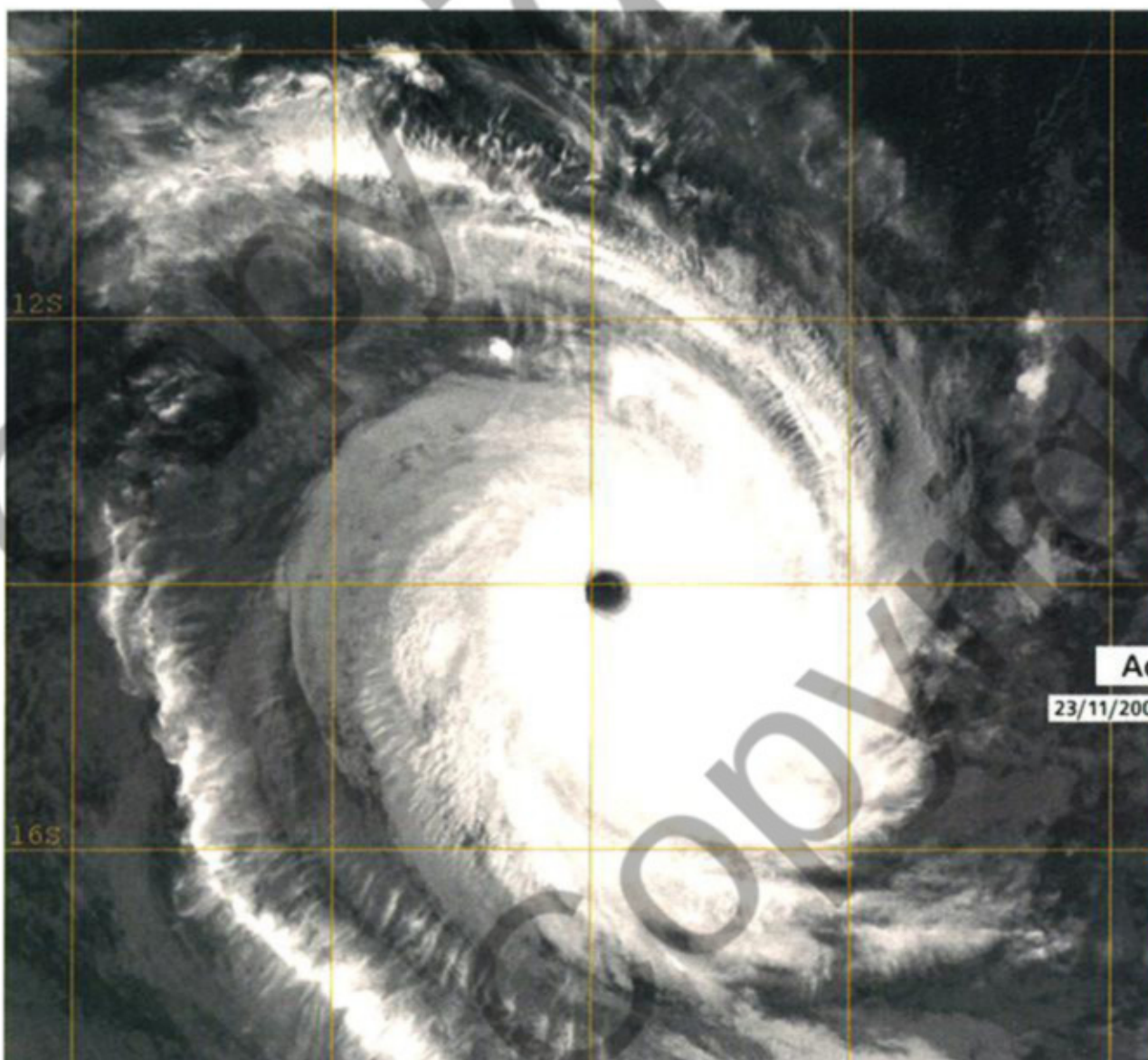
of the day. Its centre which had assumed a more southwesterly path since the previous day was now about to cross latitude 10°South.

The rest of the day was marked by another pause in its development which resulted in a new intensity stationary stage with a cloud structure displaying a second bout of wane with the convection obviously collapsing maybe as a result of a loss in efficiency regarding the upper outflow. However the windshear was still on a weakening trend and as the potential uncertainty regarding the underlying ocean heat content, still likely to be a little just in this early season, appeared not to be a problem (the thickness of the warm waters – temperature above 26°C – was estimated to exceed 60 m), there did not seem to be any counter-indication for the meteor to keep developing.

And effectively BERTIE resumed intensification abruptly in the second part of the night. Not only did the eye rapidly rebuild but it also quickly became better defined than previously. This last spurt of intensification brought the meteor at the stage of intense tropical cyclone which was considered as reached by the elate afternoon of



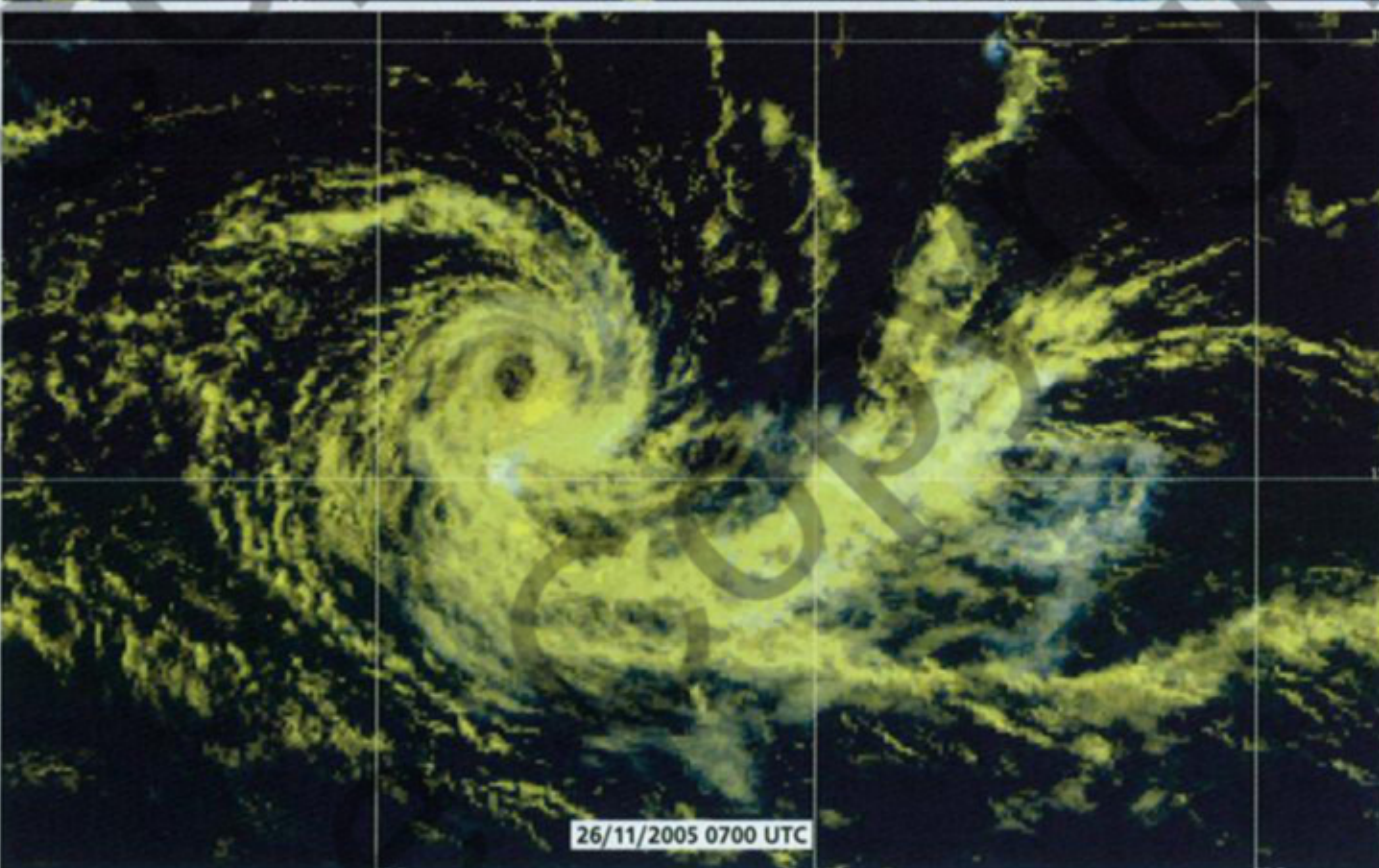
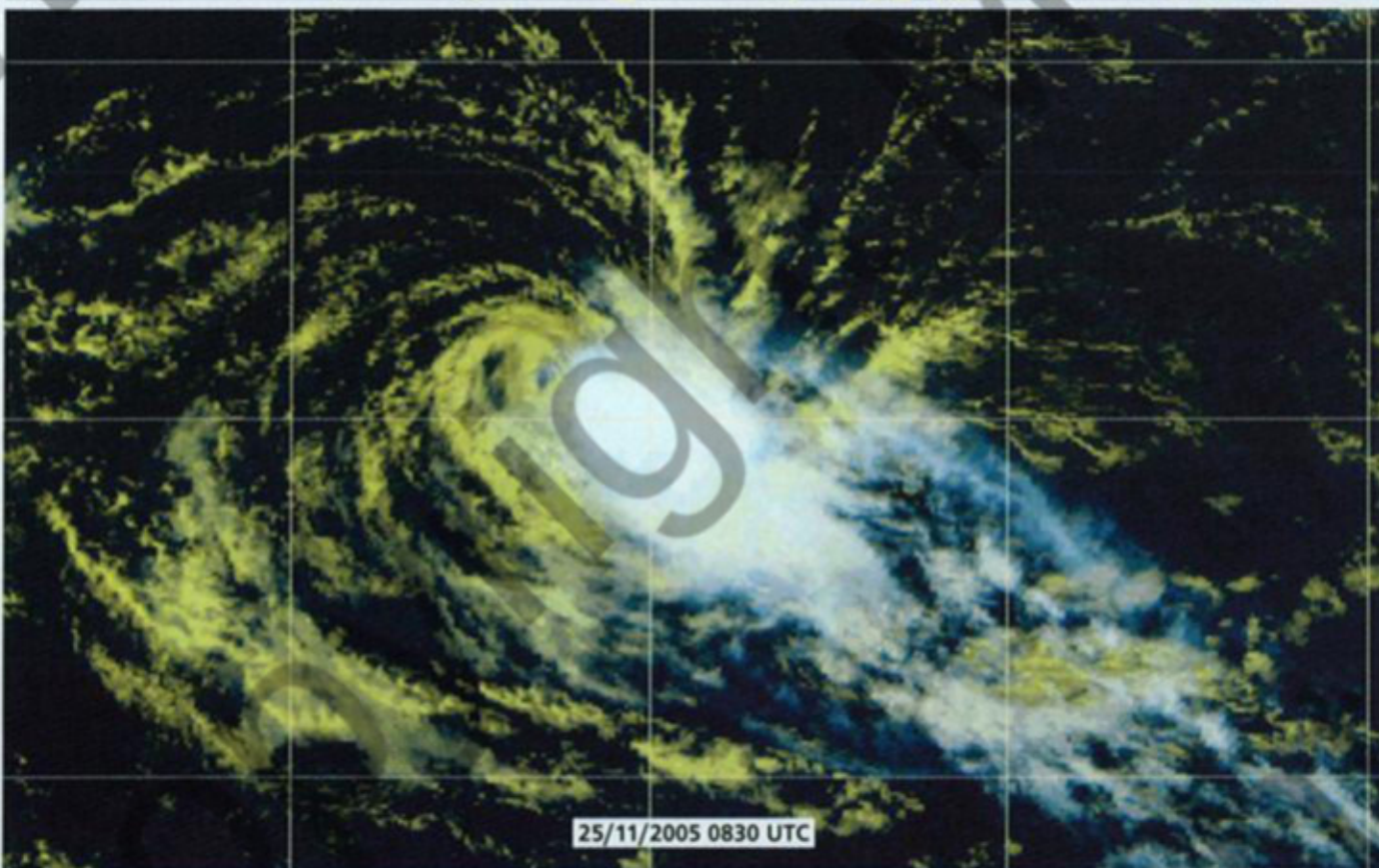
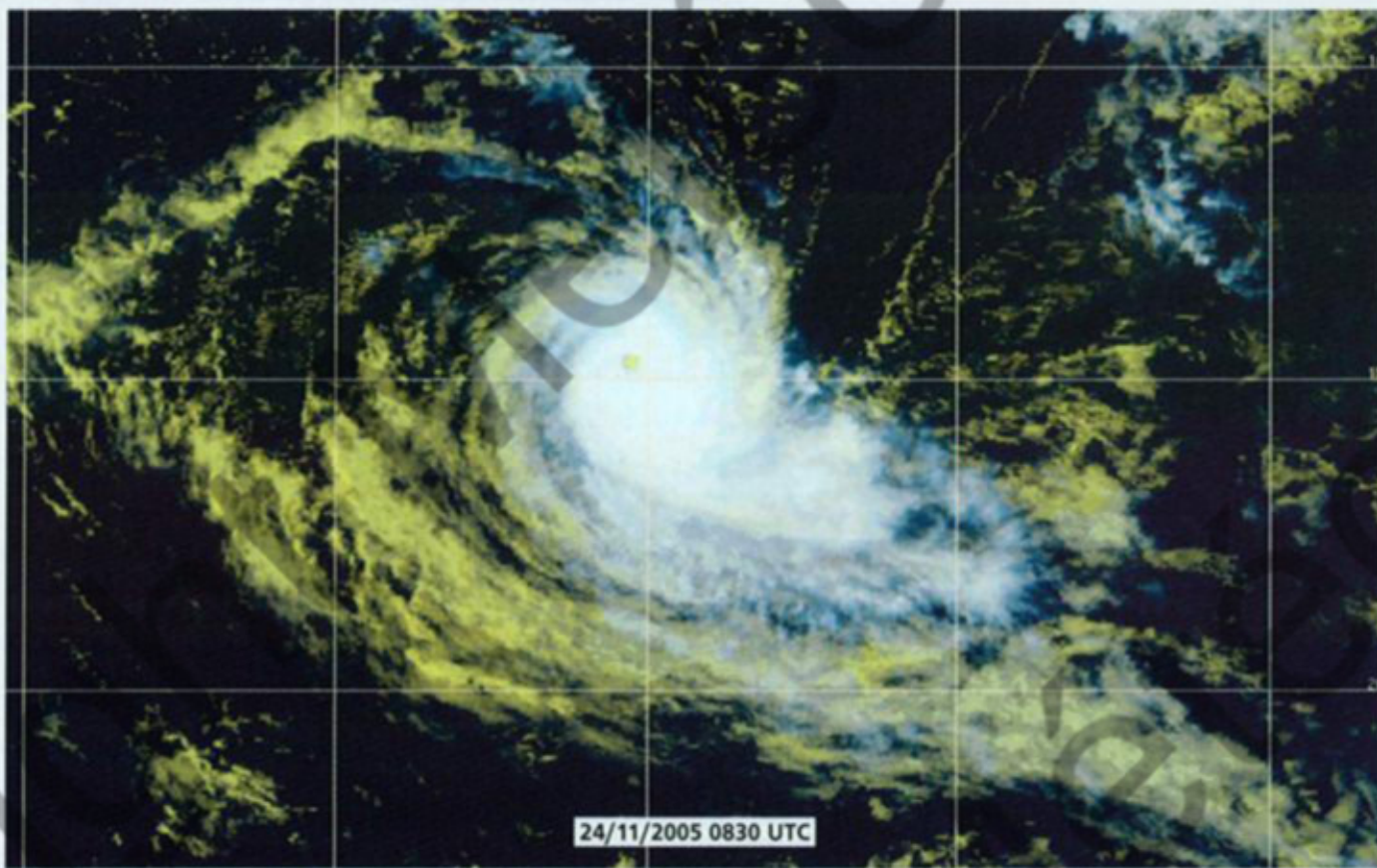
BERTIE peu avant d'atteindre son maximum d'intensité, au stade de cyclone tropical intense.
BERTIE a short while before reaching its intensity peak at intense tropical cyclone stage.



BERTIE devient ALVIN, en passant du Sud-Est au Sud-Ouest de l'océan Indien. Sur l'imagerie micro-onde, l'œil apparaît centré pile sur le 90° méridien Est, frontière virtuelle de démarcation entre les deux zones de responsabilité (du CACT de Perth et du CMRS de La Réunion). Sur l'image infrarouge, le centre se situe encore à l'est de 90°Est. Cet écart semble plus dû à une différence de navigation entre les deux images, qu'à l'inclinaison de l'œil.

When BERTIE left the Southeast for the Southwest Indian Ocean thereof becoming ALVIN. On the microwave imagery the eye appeared centred right on longitude 90°East which is the virtual line of demarcation between the two areas of responsibility (that of the TCWC of Perth and that of RSMC La Reunion). However on the infrared image the centre was still spotted east of longitude 90°East. This discrepancy seemed to originate more from a difference in navigating the images than from a tilt of the eye.

Météosat 5



Affaiblissement rapide d'ALVIN sur le Sud-Ouest de l'océan Indien. Après s'être développé et avoir atteint sa phase mature dans le Sud-Est de l'océan Indien, l'entrée dans le Sud-Ouest de l'océan Indien d'ALVIN/BERTIE a sonné le glas du météore.
Rapid weakening of ALVIN in the Southwest Indian Ocean. After developing and reaching its mature stage in the Southeast Indian Ocean, entering the Southwest Indian Ocean tolled the bell of its life-cycle.

fictionnelle, le centre de BERTIE se met à descendre quasiment plein sud, ce qui va retarder de près de 24h son franchissement effectif du 90° méridien Est. Durant toute la journée du 23, l'œil du cyclone longe ainsi le 90° méridien Est, ce flirt prolongé s'opérant à intensité stabilisée. Rétrospectivement, on peut comprendre l'hésitation du météore à quitter le Sud-Est de l'océan Indien, qui l'avait vu se développer jusqu'à sa pleine maturité, pour s'engager dans le Sud-Ouest du bassin, qui ne va effectivement pas lui réussir aussi bien, devenant le lieu de sa phase d'affaiblissement, puis de dégénérescence... Peu après avoir coupé 90° Est, en début de journée du 24 novembre, la belle organisation nuageuse du météore, désormais renommé ALVIN, va en effet commencer à décliner. Assez classiquement, l'œil commence à se refroidir, tandis que les sommets nuageux environnants tendent au contraire à se réchauffer. Puis l'œil devient évanescent en fin de journée.

L'adversité à laquelle est visiblement confronté ALVIN, tient en la conjugaison, souvent rencontrée par les phénomènes de début de saison, de deux éléments contraires : une alimentation énergétique défaillante, du fait d'eaux plus assez chaudes pour soutenir la convection (la vitesse de déplacement très lente d'ALVIN – moins de 5 km/h – impliquant un fort refroidissement, induit par le météore, d'un plancher océanique sous-jacent déjà initialement limite en terme énergétique, puisque l'isotherme 26°C était alors positionnée juste au sud, au niveau du 15° parallèle Sud), et un renforcement progressif du cisaillement vertical de vent. ALVIN se situe, en effet, à ce moment-là en entrée du courant-jet de nord-ouest associé à une puissante dépression d'altitude, alors présente au sud du 20° parallèle Sud. La petite dépression de surface associée, enchâssée au sein de la cellule anticyclonique subtropicale, et en direction de laquelle l'ex-BERTIE était attiré au cours des jours précédents, se décale progressivement vers l'est, n'influençant en conséquence plus de manière dominante la trajectoire du cyclone. Se retrouvant désormais en situation de col barométrique, ALVIN a de fait cessé de se mouvoir vers le sud depuis son franchissement du 90° méridien.

dien Est, obliquant à 90°, et à vitesse réduite, vers l'ouest. Sous l'influence des hautes pressions subtropicales qui se reconstituent au sud et par suite du cisaillement, donnant un poids croissant aux couches inférieures de l'atmosphère dans la gouvernance du flux directeur de la perturbation, celle-ci va ensuite adopter un cap ouest-nord-ouest.

L'impact du cisaillement vertical de vent, pourtant pas excessivement virulent (puisque estimé à environ 20 nœuds), se fait plus incisif dans la nuit du 24 au 25, si bien qu'à l'aube du 25, le centre de la circulation de basses couches apparaît, exposé en bordure ouest du noyau de convection résiduelle. Les vents maximaux sont estimés redescendre sous le seuil de la force ouragan au même moment et l'affaiblissement se poursuit au fil de la journée. Le lendemain, ALVIN ne perdure plus que sous la forme d'un vortex, encore bien affirmé, de nuages bas et moyens, quasiment exempt de convection. Le système est déclassé en simple dépression tropicale en fin de journée, statut qu'il perd ensuite en début de journée du 27.

À la faveur d'une trajectoire établie depuis plus de 48h en direction de l'ouest-nord-ouest, l'ex-ALVIN est revenu au nord du 13° parallèle Sud, dans une zone où le cisaillement vertical de vent est nettement moindre. Cette «remontée» vers les basses latitudes va même s'accroître en fin de mois, avec un déplacement qui devient quasiment orienté nord-nord-ouest, ramenant ainsi le minimum dépressionnaire, alors estimé à 1004 hPa, au nord de 8° Sud. Mais malgré des reprises temporaires de la convection, il n'y aura pas de remise en cause de la fin programmée du système. La dépression résiduelle ne va toutefois se combler que très lentement et le minimum perdurera encore plus de dix jours, étant encore visible au nord de Madagascar le 11 décembre.

Faisant un peu figure d'exception dans une première partie de saison marquée par cinq tentatives avortées de cyclogénèse, ALVIN/BERTIE aura atteint une intensité conséquente, devenant le troisième cyclone tropical intense en trois ans observé sur le bassin en novembre (après BENI en 2003 et BENTO en 2004).

22 November and at its peak of intensity a few hours later. Around the eye of some 35 km in diameter the 10-min average winds were estimated to reach 100 knots (185 km/h) for maximum gusts of 260 km/h. An average-sized cyclone for the basin, the active core of the phenomenon measuring about 150 km in diameter, BERTIE was centred at 700 km west of Cocos Island at that precise time and less than 40 km east off longitude 90° East, virtual boundary between the South-East and South-West Indian Ocean zones.

Even though the speed of movement of the meteor had now come down below 10 km/h, the shift of area of responsibility (from Perth's to La Reunion's) seemed only a few hours away. But this would not occur. At 20 km off the virtual border, BERTIE's centre started to head almost due south which delayed its effective crossing of longitude 90° East by 24h. Throughout the day of 23 November the cyclone's eye sailed along the longitude 90° East flirting with it lastingly at a stable intensity.

Retrospectively, one can understand why the meteor was reluctant to leave the Southeast Indian Ocean which saw it develop to full maturity, and enter the Southwest Indian Ocean, which turned out to be not as favourable since becoming the place where it would weaken and thereafter degenerate... A while after crossing longitude 90° East in early morning of 24 November, the nice cloud organisation of the meteor renamed ALVIN henceforth, did indeed start declining. Classically enough, the eye started to cool down while the surrounding cloud tops tended to warm up. Then the eye vanished in the late afternoon.

The adverse conditions ALVIN obviously underwent resulted from the combination of two ominous factors frequently faced in the early season: deficient energetic supply due to waters not being warm enough to sustain the convection (the very slow speed movement of ALVIN – less than 5 km/h – causing a big meteor-induced cooling down of the underlying oceanic floor already quite limited energy-wise since the 26°C isotherm was positioned right south at the time, near latitude 15° South), and gradual enhancement of the vertical windshear. ALVIN was indeed positioned at the time at the starting point of the northwesterly jet-stream related to a powerful upper low evolving south of latitude 20° South. The related weak surface depression, inserted within the subtropical high belt and towards which ex-BERTIE had been attracted during the preceding days, was drifting progressively eastward therefore losing

its dominant influence on the cyclone's steering flow. ALVIN, now finding itself in a barometric col situation had thus stopped moving southwards since its crossing of longitude 90° East, making a 90° turn at reduced speed toward the west. Under the influence of the subtropical high which was rebuilding in the south and as a result of the shear giving increasing weight to the lower layers of the atmosphere in governing the steering flow of the disturbance, the latter then assumed a west-northwesterly course.

While not really virulent (being estimated at about 20 knots), the vertical windshear had a more pronounced impact on the storm during the night of 24 November, so much so that by dawn on 25th, the low-level circulation centre unveiled, exposed on the western edge of the residual convective cloud mass. At the same time, the maximum winds were estimated to have dropped to under the threshold of hurricane force winds and the meteor kept weakening throughout the day. The following day, ALVIN only perdured as a – still well-defined – vortex of low and medium clouds almost devoid of any convection. The system was downgraded to mere tropical depression by the early evening, and lost that status by the early morning of 27 November.

Taking advantage of a track set since more than 48h towards the west-northwest, ex-ALVIN had returned north of latitude 13° South in an area where the vertical windshear was much less. This "climb back" towards the low latitudes emphasised towards the end of the month, with a motion heading nearly north-northwestwards and thus bringing the low (estimated at 1004 hPa at the time) back north of latitude 8° South. Despite temporary flare-ups of resuming convection, the programmed end of the system was never questioned. The residual low filled very slowly though and the minimum perdured for another ten days, remaining still visible north of Madagascar on 11 December.

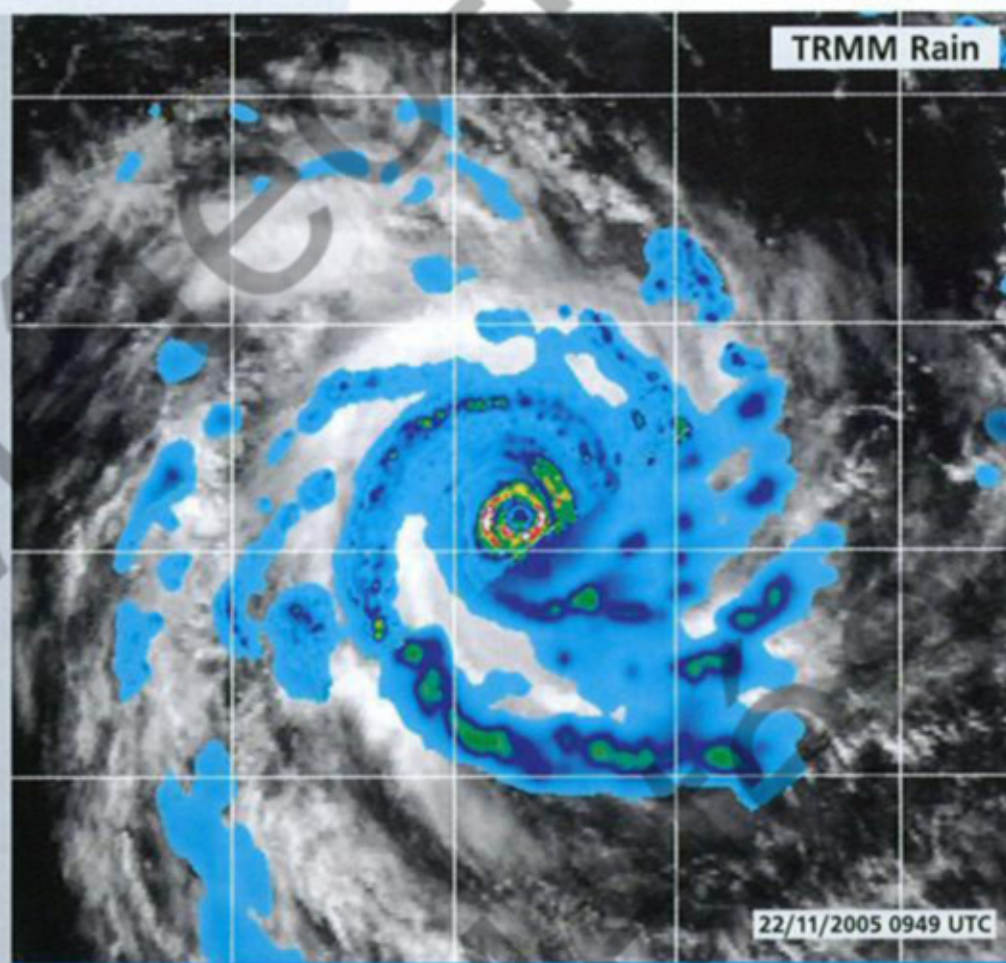
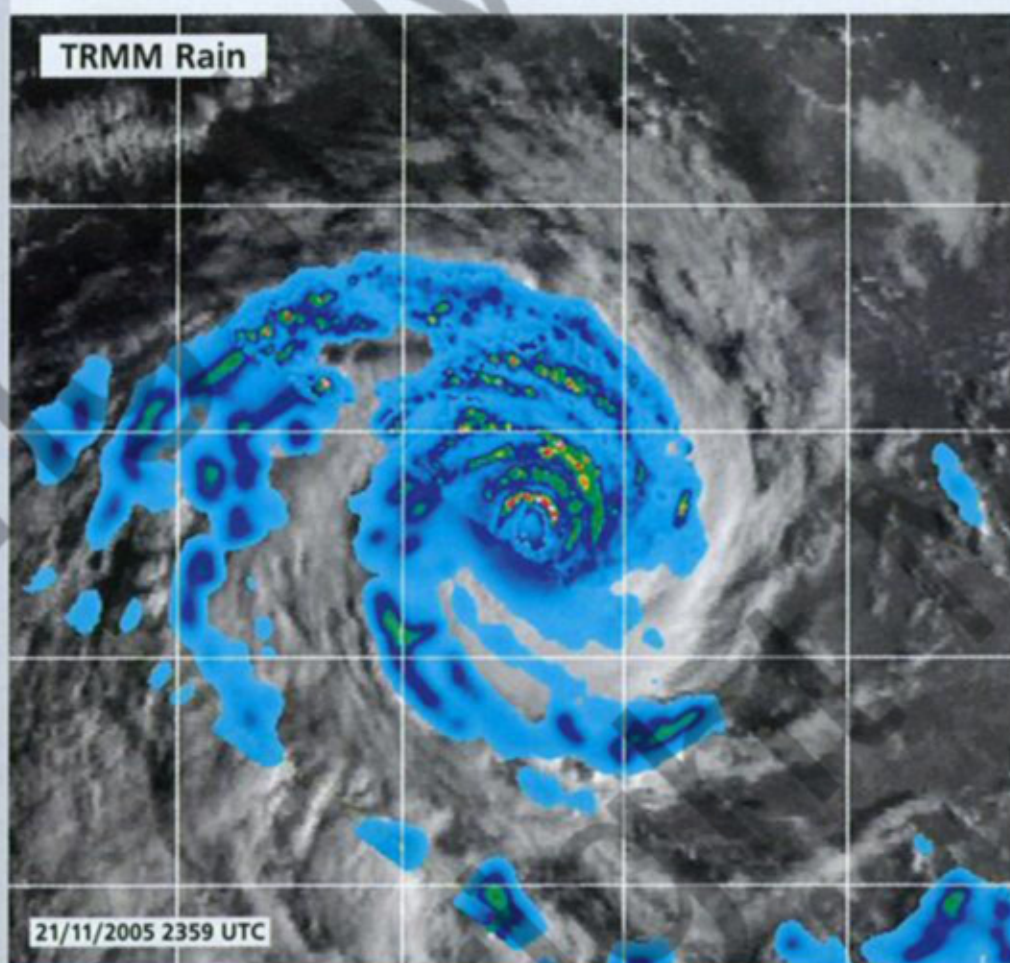
Featuring the exception of the first part of the season amongst five aborted attempts of cyclogenesis, ALVIN/BERTIE reached strong intensity, making it the third intense tropical cyclone in a row to develop in November on the basin (after BENI in 2003 and BENTO in 2004). Prior to these last three years, the last intense November cyclone occurred in 1996 which, oddly enough, also concluded a series of three consecutive years with such a phenomenon being observed during this so-called inter-season month.

Alvin/Bertie

Phase d'intensification finale de BERTIE vue par le satellite TRMM. Sur ces champs de précipitations (estimés par le radar précipitations pour la partie centrale incluant l'œil, ou par l'imageur micro-onde sur le reste des images) l'évolution de la structure de l'œil est très nette, avec un mur de l'œil qui s'est développé et s'est enroulé sur lui-même (image de droite ci-dessous).

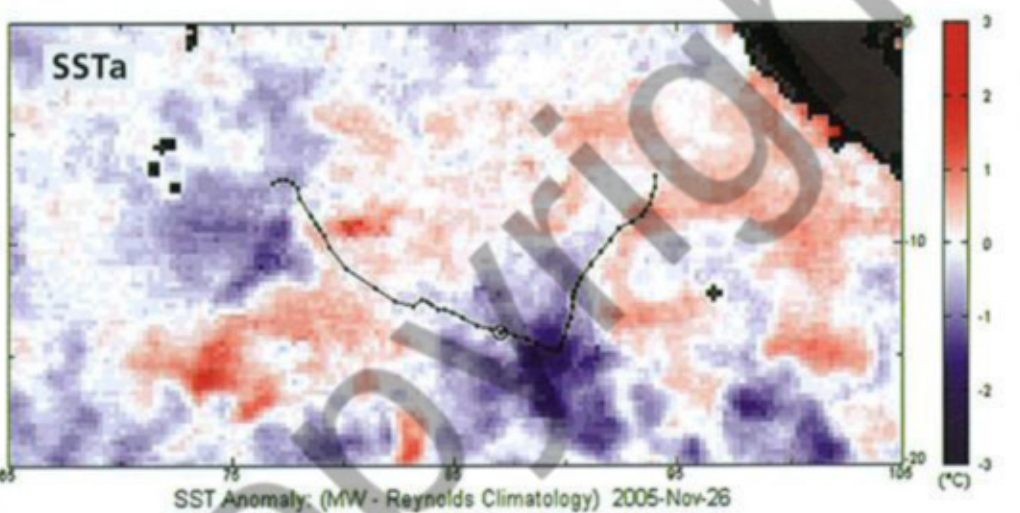
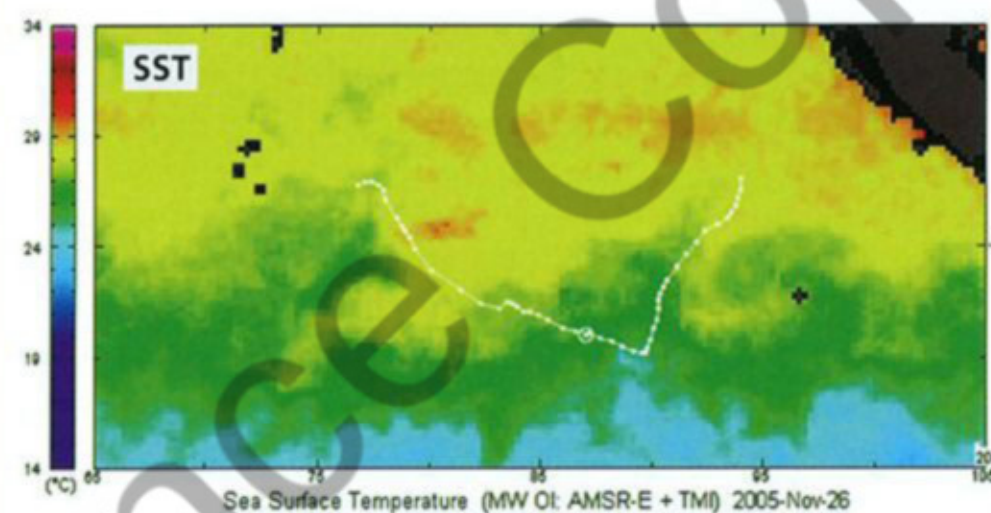
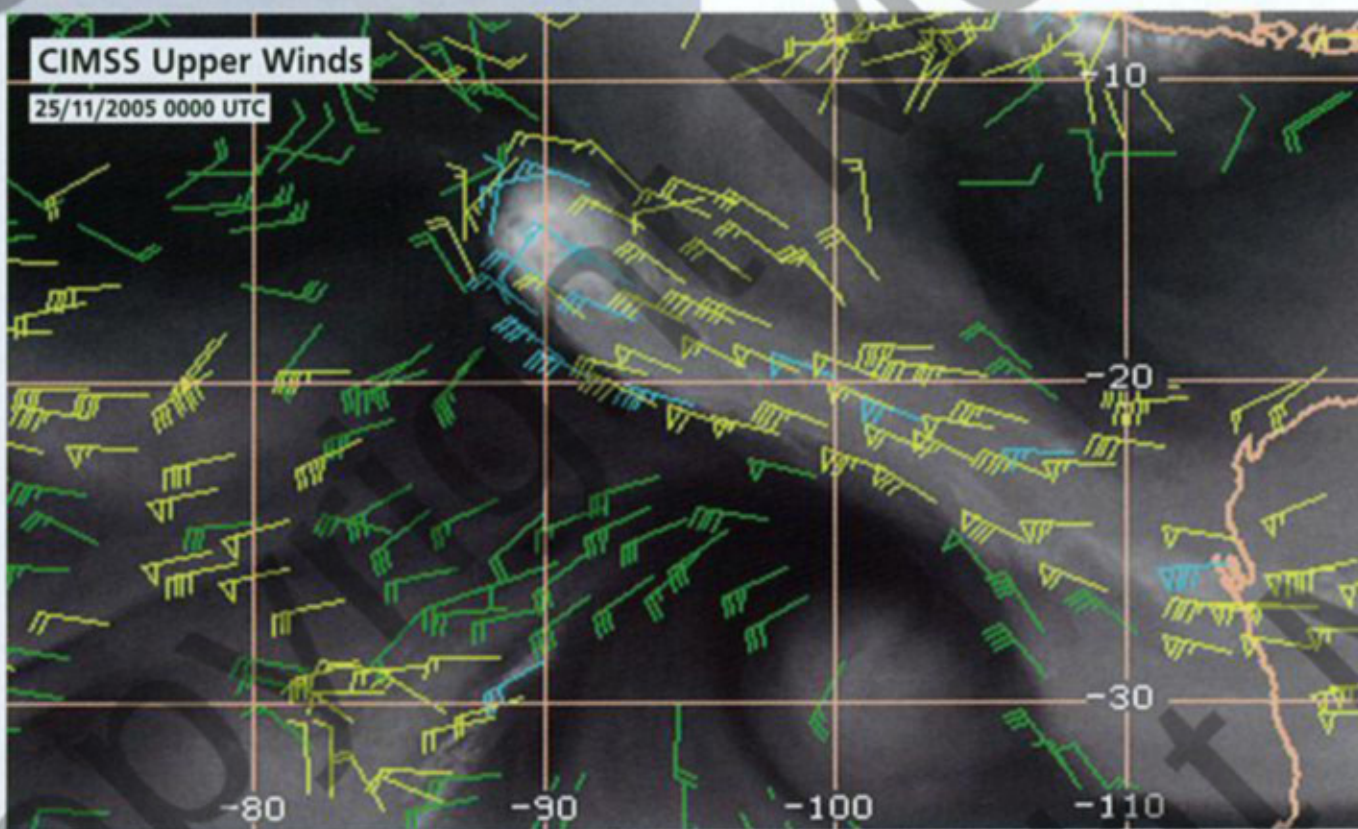
Final intensification phase of BERTIE as seen by the TRMM satellite. On these rain fields (estimated by the precipitation radar for the inner core portion including the eye or by the microwave imager for the rest of the images) the development of the eye region is obvious the eyewall having built up and greatly improved while rolling up on itself (below right image).

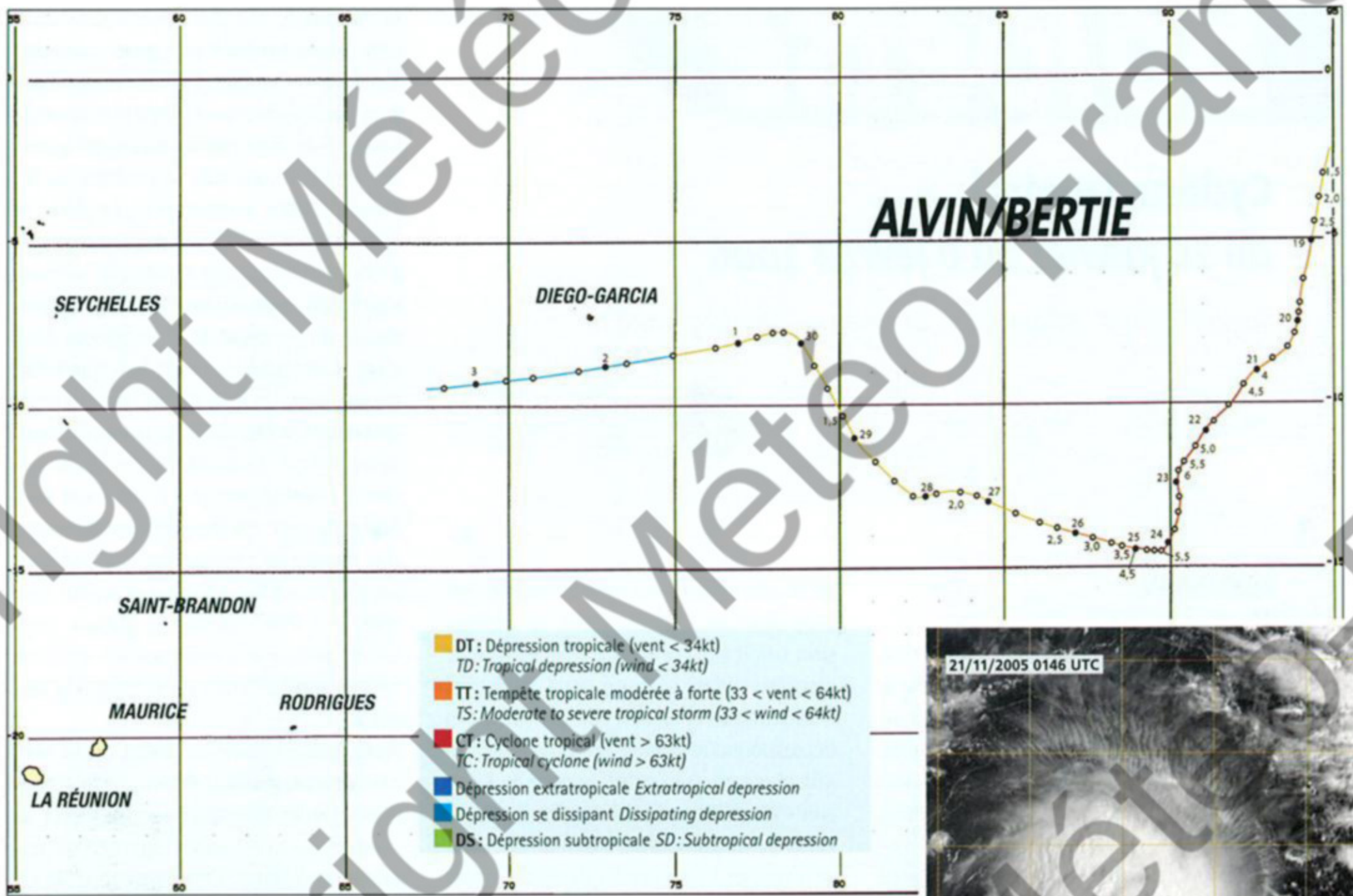
Préalablement à cette période récente, le dernier cyclone intense de novembre remontait à 1996, qui, curieusement, concluait également une série de trois années consécutives avec un tel phénomène observé durant ce mois dit d'inter-saison.



Les raisons de l'affaiblissement d'ALVIN tiennent en l'implication conjuguée de deux éléments contraires, auxquels sont souvent confrontés les phénomènes de début de saison : des eaux de surface pas assez chaudes (et qui plus est refroidies par le météore lui-même, du fait de sa vitesse de déplacement très lente – voir carte d'anomalies de température de surface de la mer en bas à droite) et un renforcement progressif du cisaillement vertical de vent, ALVIN se retrouvant, en effet, en entrée du courant-jet de nord-ouest associé à une puissante dépression d'altitude, alors présente au sud du 20° parallèle Sud (carte de vents satellites ci-contre).

The reasons for ALVIN's weakening ought to be sought in the combined implication of two adverse environmental factors frequently faced by early season's storms : sea surface temperatures not warm enough (and moreover cooled down by the meteor itself through its slow motion – see map of sea surface temperature anomalies on the bottom right picture) and enhanced vertical windshear occurring due to the positioning of ALVIN at the starting point of the northwesterly jet-stream related to a powerful upper low evolving south of latitude 20°South at the time (see clouddrift winds chart on the right picture).



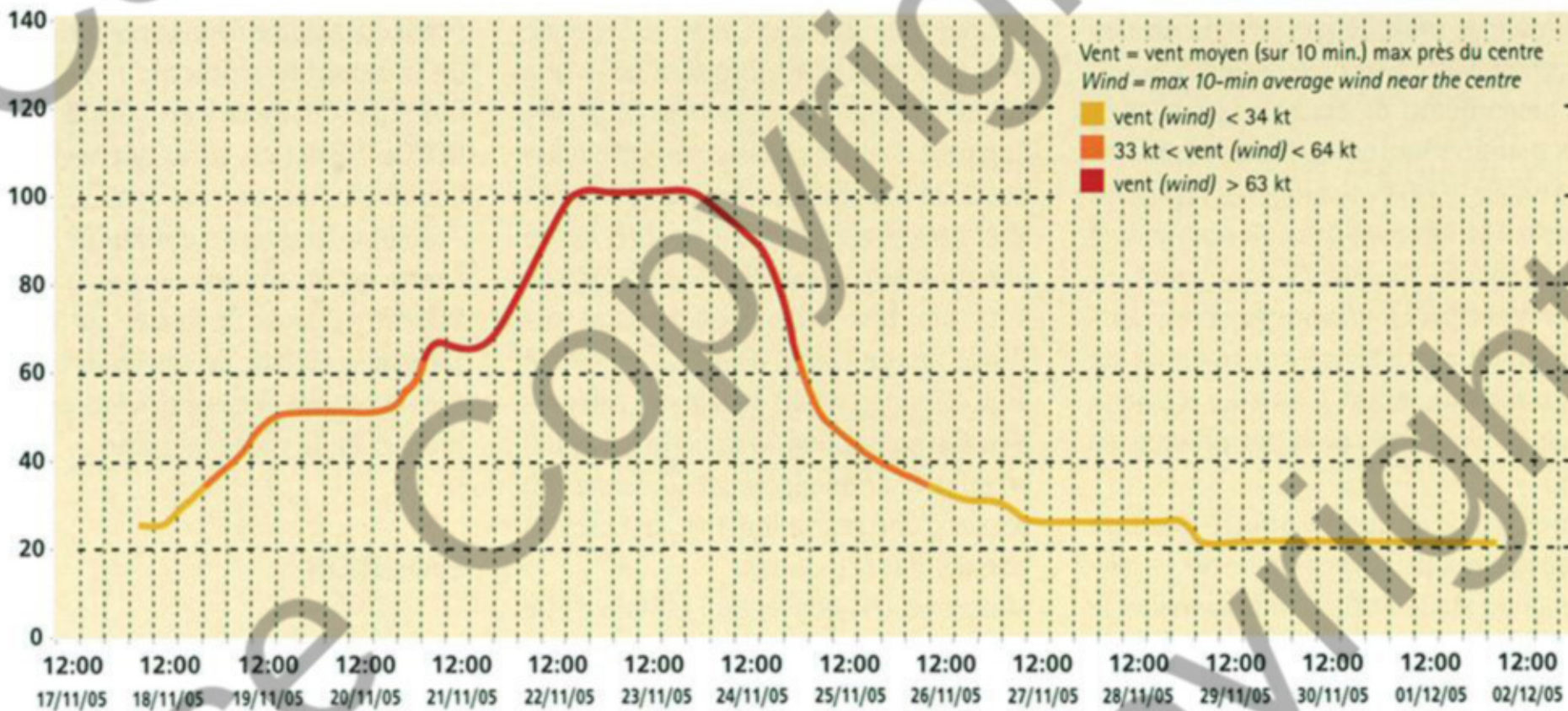


Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

BERTIE en cours d'intensification sur le Sud-Est de l'océan Indien.
Alors au stade de forte tempête tropicale, le météore affiche une belle structure en bande incurvée.
BERTIE while intensifying on the South-East Indian Ocean.
At severe tropical storm stage at the time the meteor exhibited a nice curved band pattern.



ALVIN DU 18/11/05 AU 03/12/05



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

Boloetse

Cyclone Tropical du 20 janvier au 6 février 2006

Tropical Cyclone "Boloetse" (20 January - 06 February 2006)

FORMATION

A

près la dissipation d'ALVIN, c'est à une fin d'année très calme à laquelle on va avoir droit sur le Sud-Ouest de l'océan Indien, avec un seul système dépressionnaire suivi durant le mois de décembre. Formé, dans la lignée de ses prédécesseurs, sur l'extrême est du bassin, en début de dernière décade, ce système n°06 a connu un sort équivalent (ALVIN/BERTIE excepté), puisque plafonnant rapidement au stade minimal de dépression tropicale. Après avoir décrit une belle trajectoire parabolique, le minimum dépressionnaire associé se dissipera lui aussi au cœur du domaine tropical, en fin de mois.

Tout en demeurant moins actif que la normale, le mois de janvier sera un peu plus prolifique, avec deux systèmes suivis. Se démarquant de ceux de la fin 2005, ces premiers systèmes dépressionnaires de l'année 2006 évolueront sur l'ouest du bassin. Formés tous deux au nord-est de Madagascar, ils auront également en commun de venir ensuite passer l'essentiel de leur existence sur le canal de Mozambique, étant d'ailleurs les deux seuls phénomènes de la saison dans ce cas.

Après avoir coupé la pointe nord de Madagascar, peu avant l'aube du 1^{er} janvier, à un stade encore embryonnaire, le premier d'entre eux, le système n° 07, passera dans la foulée au sud de Mayotte, puis, après une course en direction générale du sud-ouest, pénétrera sur terre en fin de journée du 5 janvier, au voisinage

de la ville mozambicaine d'Inhambane. Il était alors au seuil du stade de dépression tropicale. Longeant ensuite la côte jusqu'au sud de Maputo, tout en restant à l'intérieur des terres, le minimum dépressionnaire associé retournera en mer 48h plus tard, sur l'extrême nord du Kwa-zulu-Natal. Il traversera ensuite le sud du canal de Mozambique, mais sans pouvoir se recreuser. La région d'Inhambane a subi temporairement de fortes pluies générées par les masses nuageuses convectives liées à cette perturbation de faible intensité. Malgré les inondations induites, cette manne d'eau était la bienvenue, après un début de saison des pluies beaucoup trop sec.

Après cette première velléité avortée de cyclogenèse dans le Canal, la seconde sera la bonne, mais il faudra pour cela attendre la toute fin de ce mois de janvier. L'on peut d'ailleurs considérer cette réussite à venir comme un petit exploit, tant le contexte apparaissait hostile. Outre une situation de grande échelle toujours aussi peu favorable (rappelé page suivante Image Climo-OLR), le contexte intra-saisonnier était également peu propice à la convection, la fin janvier voyant, en effet, le développement sur l'ouest du bassin d'une phase inactive de l'oscillation de Madden-Julian.

Malgré cela, la convection est loin d'être absente et tend même, à l'approche de la dernière décade, à, paradoxalement, reprendre progressivement du poil de la bête, sur l'ouest du bassin. Cette tendance fait suite à une évolution du même aca-

bit du flux de mousson. Alors qu'il était à peu près inexistant quelques jours plus tôt, à la mi-janvier, il s'est rétabli. Sans être particulièrement virulente, la petite poussée de flux trans-équatorial observée dans la zone des Seychelles, puis à l'ouest, suffit à réactiver une Zone de Convergence Intertropicale presque digne de ce nom, et au sein de laquelle un minimum dépressionnaire s'isole à compter du 20, au nord-est de Madagascar. Mais c'est maintenant du côté sud que le bât blesse, avec un flux d'alizé défaillant. La convergence de basses couches demeure donc déficiente au cours des jours suivants, n'autorisant pas la moindre évolution du petit minimum dépressionnaire, qui, malgré un environnement d'altitude plutôt favorable, végète à la valeur estimée de 1 008 hPa, valeur initiale assez élevée par suite d'une pression environnementale 4 à 5 hPa supérieure à la normale.

Après s'être décalé en direction du sud-est dans un premier temps, le minimum a incurvé en direction du sud-ouest, au contact de la dorsale issue de l'anticyclone subtropical. Cette trajectoire le fait transiter à proximité sud-est de l'île de Tromelin au petit matin du 23 janvier, à la valeur inchangée de 1 008 hPa. La convection associée demeure fluctuante et peu organisée et c'est encore le cas le lendemain.

Mais dans la nuit du 24 au 25, une première flambée de convection intervient et provoque un premier creusement significatif du système dépressionnaire. Le seuil de la tempête tropicale modérée est considéré franchi en fin de nuit et BOLOETSE est en conséquence baptisé dans la foulée, au matin du 25 janvier. Au même moment, le météore, dont le centre ne se trouvait plus qu'à quelque 200 km au large de la cité portuaire de Tamatave, change de cap en direction du sud-sud-ouest et cesse dès lors de se rapprocher de la côte malgache.

ÉVOLUTION

Après avoir quelque peu périclité en journée sous l'influence du cycle diurne, la convection se re-développe à nouveau puissamment la nuit suivante. Si sur l'imagerie infrarouge, la configuration nua-

geuse n'apparaît pas forcément plus impressionnante que lors de la nuit précédente, l'imagerie micro-onde est, quant à elle, sans ambiguïté sur le gain d'organisation interne du météore, qui atteint ainsi, en fin de nuit du 25 au 26, ce qui va s'avérer constituer un premier maximum relatif d'intensité, à la limite du seuil de la forte tempête tropicale. Au vu de la marge d'incertitude sur l'analyse d'intensité, il est même possible que ce stade de forte tempête tropicale ait été atteint. La journée du 26 voit une nouvelle dégénérescence de la convection, mais qui est cette fois à mettre autant sur le compte de l'évolution diurne que sur celui d'un accroissement du cisaillement vertical de vent, avec une contrainte d'ouest-sud-ouest qui tend à se raffermir progressivement et finit par avoir raison de la convection, évanescence en fin de journée du 27 janvier, moment où BOLOETSE est déclassé en simple dépression tropicale. L'affaiblissement lent, mais continu, de la perturbation, se poursuit ensuite le 28, tandis que ce qu'il reste du météore se dirige dorénavant vers la côte est de Madagascar.

Alors que le 26 il faisait encore route au sud, attiré en direction d'un talweg présent au sud de Madagascar, le météore a en effet vu sa course brusquement stoppée au niveau du 23^e parallèle Sud. En marge orientale d'une cellule anticyclonique de moyenne troposphère, qui gagne vers l'est depuis le sud du canal de Mozambique, le flux directeur se renverse alors complètement et oblige BOLOETSE à rebrousser chemin et à refluer lentement vers le nord le 27, puis, avec une vitesse de déplacement plus soutenue, à obliquer vers le nord-ouest le lendemain, ce qui l'envoie ainsi directement vers la Grande Ile, qu'il atteint finalement dans la nuit du 28 au 29 janvier. Le minimum dépressionnaire, très affaibli, touche terre à proximité de la localité de Nosi-Varika, à environ 70 km au sud de la ville de Mahanoro. Son approche finale des côtes malgaches s'est toutefois accompagnée d'une vigoureuse reprise d'activité convective nocturne. Il en résulte localement de fortes précipitations orageuses sur toute cette façade est de la Grande Ile : la station météorologique de Mahanoro enregistre ainsi une pluviométrie de 131 mm en l'espace de 18h de temps.



TERRA
04/02/2006 0720 UTC

Le cyclone tropical BOLOETSE affecte le Sud-Ouest de Madagascar. Le centre du météore s'apprête alors à effleurer la pointe sud-ouest de la Grande Ile. L'absence d'œil clairement identifié, correspond au fait qu'un cycle de l'œil en cours a causé la dégénérescence du petit œil interne initial (voir détails page 28). La bande convective plus au nord vient d'occasionner de fortes précipitations sur la côte ouest (120 mm recueillis lors des 6h précédentes à Morondava).

Tropical cyclone BOLOETSE when affecting the Southwest of Madagascar. The storm's centre was about to graze the southwestern tip of the island. The absence of a clear eye accrued from the eyewall cycle that was taking place and which had already caused the collapse of the initial inner eye (see details page 28). The convective rainband to the north had just yielded heavy rain on the western shores (120 mm recorded during the preceding 6h at Morondava).

FORMATION

After ALVIN dissipated, a very calm end of year prevailed over the Southwest Indian Ocean, with only one depression system being monitored in December. Formed, like its predecessors, on the far-east edge of the basin at the beginning of the last decade, system No. 06 experienced a similar fate (except for ALVIN/BERTIE), since it rapidly ceiled at the minimal stage of tropical depression. After describing a nice parabolic track, the related low also dissipated within the tropical domain at the end of the month.

While also less active than is the norm, the January month was a little more prolific with two monitored systems. Standing out from those of

the end of 2005, these first depression systems for the year 2006 evolved on the western part of the basin. Both formed northeast of Madagascar and also had in common to spend most of their life-cycle in the Mozambique Channel, being the only two phenomena of the season to be in this case. After cutting through the northern tip of Madagascar shortly before dawn on 1st January, still at an embryonic stage, the first system – No. 07 – thereupon transited south of Mayotte Island. After assuming a roughly southwestward track it thereafter went ashore, in the late afternoon on the 5th, near the Mozambican town of Inhambane. At that time, it was at the threshold of tropical depression stage. Moving along the seaboard as far as the south of Maputo, but remaining inland, the related low returned at sea

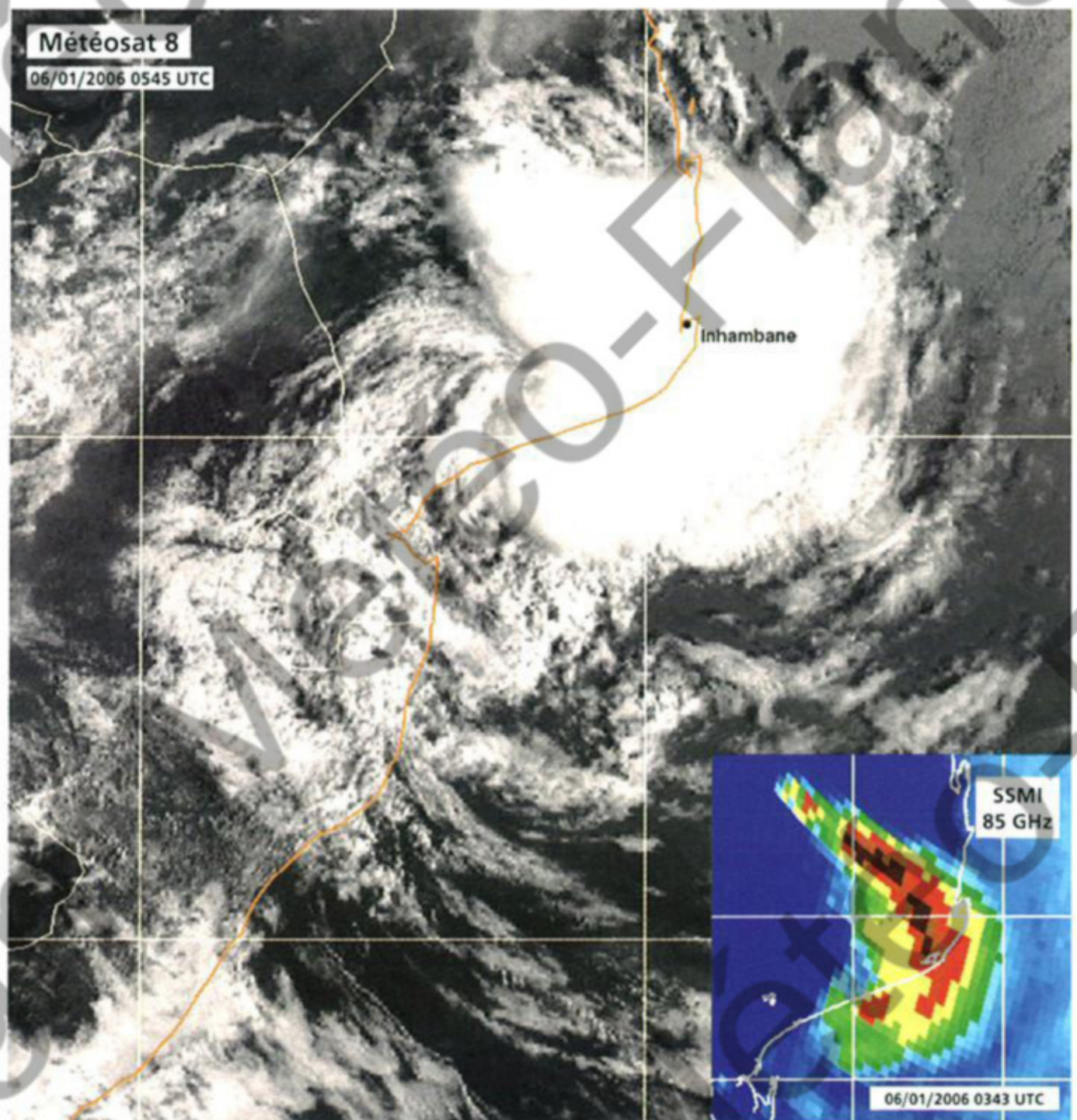
48h later in the far north of Kwazulu-Natal. Then it crossed the south of the Mozambique Channel but did not manage to deepen again. The region of Inhambane underwent heavy rain temporarily which was generated by the convective cloud masses linked to the disturbance of weak intensity. Despite the floods it brought about, the pouring water was welcome after too dry a start in the rainy season.

After that first fizzled out attempt of cyclogenesis in the Mozambique Channel, the second one would succeed but not until the very end of January. In fact, this genesis to come could be considered as a remarkable achievement given the very unfavourable context. Beside a still hostile large-scale situation (see next page), the intra-seasonal context was also very inclement to the convection, since the end of January was associated to the development on the western part of the basin of an inactive phase of the Madden-Julian oscillation.

Nonetheless, the convection was far from absent and paradoxically, tended to even regain progressive strength after mid-month on the western part of the basin. This trend came after a similar evolution of the monsoon flow. While it had been nearly inexistent a few days earlier, by mid-January it had resettled. Although not particularly virulent, the slight surge of trans-equatorial flow observed in the Seychelles area and later to the west, sufficed to re-activate an Intertropical Convergence Zone nearly worthy of that name, and within which a low centre identified from 20 January, northeast of Madagascar. But it was now on the southern side that the shoe was pinching with a failing trade wind flow. The low-level convergence remained thus deficient over the next days prohibiting any further development of the weak low which, despite a rather favourable upper environment, stagnated at an estimated value of 1008 hPa, a fairly high initial value due to an environmental pressure of 4 to 5 hPa above the norm.

After drifting southeastward first, the low centre had recurved southwestward along the ridge that extended from the subtropical high. This trajectory made it transit to the southeast of Tromelin, in close vicinity of the Island, on 23 January at dawn, at the unchanged value of 1008 hPa. The related convection remained fluctuating and weakly organised and the same applied again the next day.

But in the night of the 24th, a first burst of convection occurred provoking a first significant deepening of the depression. The threshold of moderate tropical storm was considered to be



La perturbation tropicale n° 07 affecte la province mozambicaine d'Inhambane. Avec l'avènement des satellites géostationnaires Météosat de seconde génération, des images visible à haute résolution très fréquentes sont désormais disponibles. Elles permettent de mieux suivre les systèmes dépressionnaires évoluant sur la partie ouest du bassin, et sur le Canal de Mozambique plus particulièrement, comme ici le système n° 07, de faible intensité, mais pas sans conséquences du fait des fortes pluies générées (162 mm de précipitations à Inhambane, dont 122 mm en 24h).

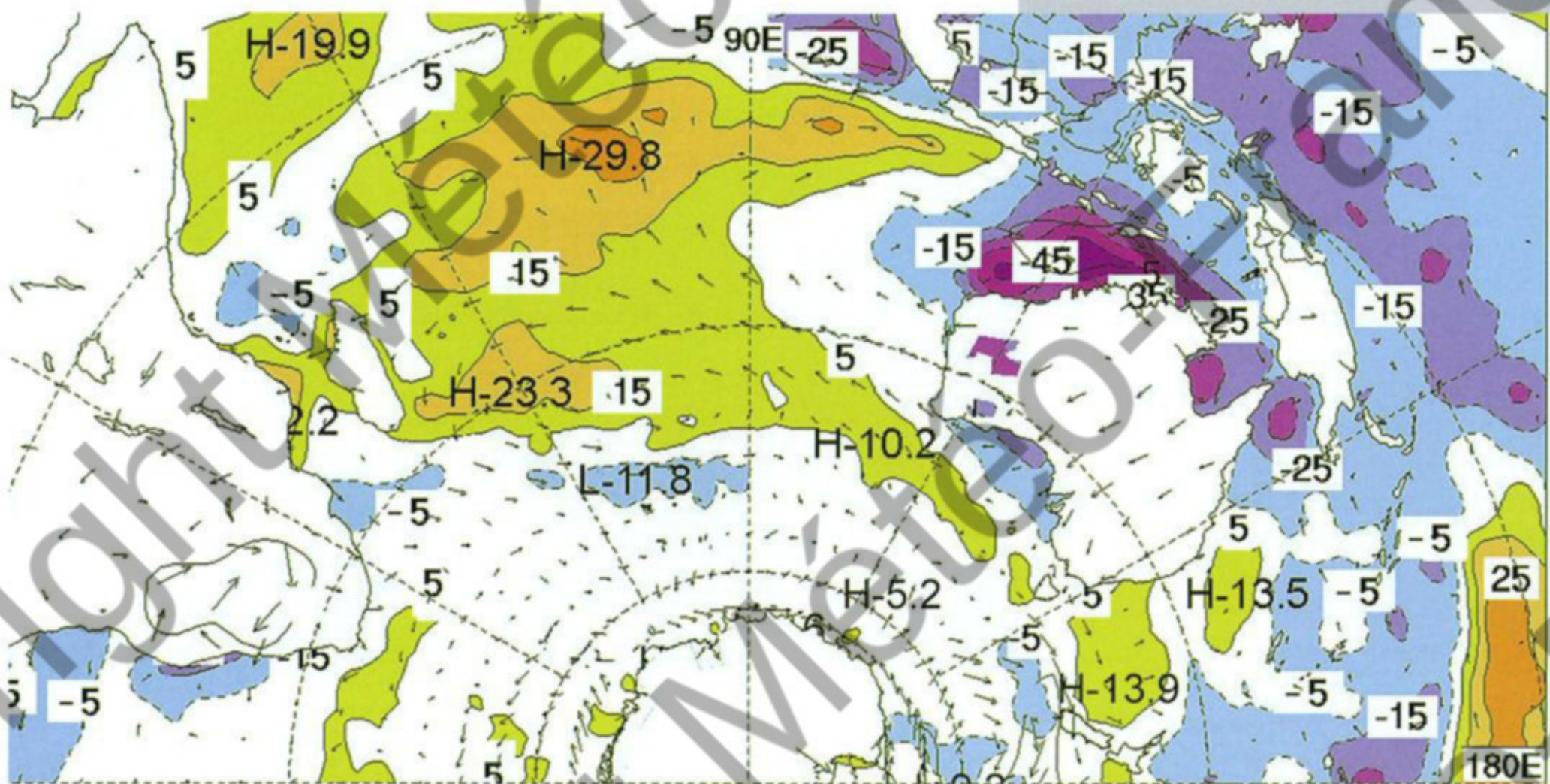
The tropical disturbance n° 07 affecting the Inhambane province in Mozambique. Since the advent of the second generation of the Météosat geostationary satellites, frequent high resolution visible images are now available. They allow better monitoring of the tropical systems evolving on the western side of the basin, especially in the Mozambique Channel, as it was the case with TD n° 07, a rather weak system but not without consequences considering the heavy rain produced (162 mm of rainfall recorded at Inhambane, among which 122 mm fell within 24h).

crossed by the end of the night and BOLOETSE was immediately named by daybreak of 25 January. At the same time, the meteor whose centre was only spotted some 200 km off the port city of Tamatave changed course. Now heading for the south-southwest it thereof ceased to draw nearer from the Malagasy coast.

EVOLUTION

After collapsing somewhat during the day under the influence of the diurnal cycle, the convection redeveloped powerfully on the following night. While on the infrared imagery the cloud organisation did not look much more impressive than on the previous night, the microwave imagery showed no ambiguity as regards the internal organisation gain of the meteor which, by the end of the night on 25th, reached what would

Une fois sur terre, le centre de la circulation dépressionnaire résiduelle devient rapidement impossible à suivre précisément, mais il est estimé traverser Madagascar en 24h, pour ressortir en mer dans le secteur sud de Maintirano. Et c'est, selon toute vraisemblance, la circulation dépressionnaire associée qui se reconstitue le 30 janvier sur les eaux chaudes du canal de Mozambique. Rapidement environnée d'une activité nuageuse et convective tout à fait significative, son potentiel de re-développement est à prendre en considération, d'autant que les conditions de cisaillement vertical de vent ou de divergence d'altitude apparaissent plutôt favorables. La présence d'un puissant TUTT (talweg troposphérique de haute troposphère) au niveau des Mas-



Une saison sèche en été... Dans le bassin, le mois de janvier 2006 s'est caractérisé, du point de vue climatologique, par la persistance de l'anomalie de vents d'ouest présente en basse troposphère sur l'Est de l'océan Indien équatorial l'essentiel de la saison chaude durant. Bien que moins marquée que lors du mois précédent (voir page 03 de l'intro), cette anomalie de circulation à l'échelle Indo-Pacifique a contribué à maintenir une activité convective anormalement élevée sur toute la zone Indonésie-Australie (se traduisant par une anomalie négative sur cette carte d'OLR). Dans le même temps, le centre et l'ouest de l'océan Indien tropical connaissaient au contraire une activité convective inférieure à la normale (avec pour signature une anomalie positive d'OLR). Outre la focalisation de l'activité convective vers le nord de l'Australie, l'ampleur de ce déficit (le plus important de toute la saison chaude), s'explique également par l'influence conjuguée de hautes pressions subtropicales anormalement puissantes pour la saison. Celles-ci ont impacté le domaine tropical de plusieurs manières : en générant une anomalie positive de pression sur la majeure partie du bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien tropical, en induisant des alizés plus forts que la normale, en contribuant à stabiliser encore plus la masse d'air par accroissement de la subsidence de grande échelle (déjà accentuée par le renforcement de la cellule de Walker).

A dry season in summer... Climatologically speaking the main feature in January 2006 in the basin was the persistence of the westerly wind anomalies that lasted most of the duration of the warm season in the lower troposphere of the near-equatorial eastern portion of the Indian Ocean. Although less pronounced than during December (see page 03) this anomaly in the general circulation on the Indo-Pacific region scale contributed to maintain above normal convective activity in the Indonesia-Australia region (resulting in negative OLR anomalies in this area). At the same time the central and western portions of the tropical Indian Ocean underwent below normal convective activity on the opposite (with corresponding positive OLR anomalies as a signature).

Beside the convective activity focussing towards northern Australia, it should be emphasised that the magnitude of this lack of activity (the strongest deficit of the whole warm season) was partly due to the joint influence of the subtropical high pressures which were anomalously powerful for the period. This impacted the tropical domain in different ways : by generating a positive pressure anomaly on the major part of the tropical Southwest Indian Ocean, by inducing stronger than normal trade winds, by contributing to further enhance the stability of the air mass (already increased by the enhancement of the Walker circulation).

careignes, crée en particulier une situation synoptique propice à l'instauration d'un efficace canal d'évacuation du flux sortant d'altitude dans le secteur est du système nuageux. De fait, celui-ci s'organise progressivement sur le centre du Canal, plus franchement en journée du 31, confirmant la régénéscence du phénomène, qui redevient ainsi la tempête tropicale modérée BOLOETSE en début de nuit. Après cette première phase de re-développement, l'évolution marque ensuite le pas durant près de 24h, avec une relative désorganisation nuageuse qui intervient au changement de mois, semble-t-il en lien avec l'occurrence d'une contrainte cisailée d'ouest modérée. Dans le même temps, le météore, qui avait jusque-là continué sa progression vers l'ouest sur une trajectoire onduleuse, s'est arrêté, à quelque 170 km au large de la côte mozambicaine. En marge septentrionale d'un col barométrique, il hésite sur la

route à suivre et erre sur place jusqu'en fin de journée du 2 février, moment où l'arrivée par le sud-ouest du Canal d'un talweg d'altitude, décide finalement de la trajectoire future, qui s'établit en direction du sud-est. BOLOETSE franchit ainsi dans la foulée le 20° parallèle Sud (en début de nuit du 2) et se transforme simultanément en cyclone tropical. Ce changement de statut résulte d'un nouveau cycle d'intensification débuté la nuit précédente et qui a abouti dès avant la mi-journée à la formation d'un œil en bande. Après avoir disparu temporairement dans l'après-midi, celui-ci réapparaît en soirée et l'organisation du cœur du système nuageux va ensuite progressivement en s'améliorant. Avec l'établissement en moyenne troposphère d'un axe de hautes pressions du nord de Madagascar jusqu'au sud-est des Mascareignes, le flux directeur de nord-ouest s'est renforcé le long de la façade sud-ouest

turn into a first relative peak of intensity, at the threshold limit of severe tropical storm. Considering the uncertainty margin regarding intensity analysis it may be possible that the stage of severe tropical storm was actually reached.

In the course of the day on 26th, the convection degenerated once again, which this time could be attributed to both the diurnal cycle and increasing vertical windshear, with a west-southwesterly constraint that tended to strengthen progressively and finally got through decaying the convection which vanished in the late afternoon of 27 January, time at which BOLOETSE was eventually downgraded to a mere tropical depression. The slow but sustained weakening of the disturbance continued throughout the 28th, while what remained of the meteor was now bearing towards the east coast of Madagascar.

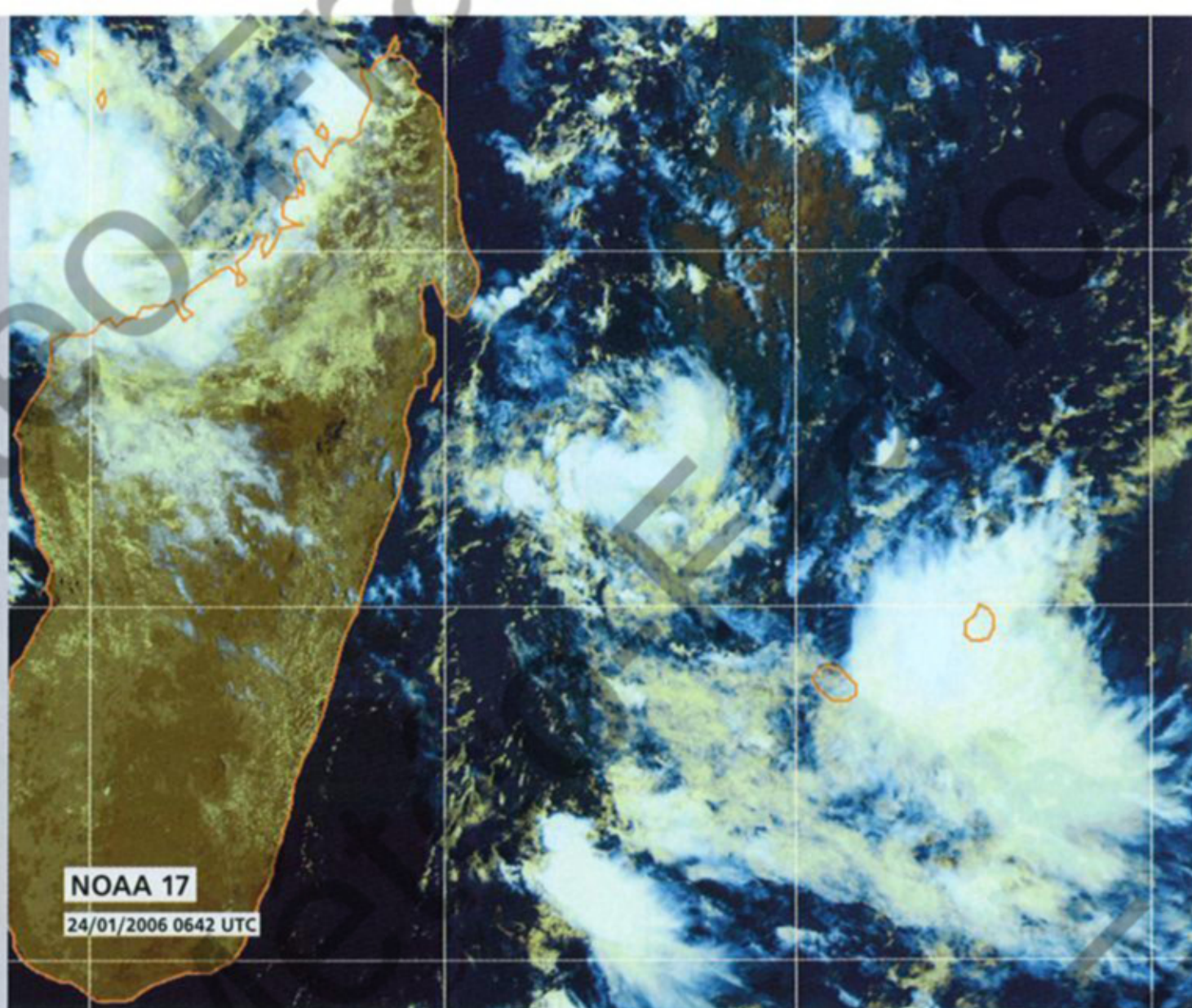
If on the 26th it was still heading for the south attracted towards a trough lain south of Madagascar, the meteor was stopped roughly near latitude 23°South. At the eastern ends of a mid-tropospheric high cell which was spreading

eastward from the south of the Mozambique Channel, the steering flow reversed altogether making BOLOETSE turn back and backtrack slowly northward on the 27th, and then at a faster pace toward the northwest the following day, which sent it directly toward the Great Island that it finally reached in the night of 28 January. The much weakened low centre landed near Nosi-Varika at about 70 km south of the town of Mahanoro. But its final approach to the Malagasy coast was accompanied by a vigorous outbreak of nocturnal convective activity. This caused storm rain locally on the whole eastern front of the Great Island: the meteorological station of Mahanoro recorded 133 mm of rainfall within 18h.

Once inland, it became impossible to track precisely the centre of the residual clockwise circulation but it was estimated to have crossed Madagascar within 24 hours and gone back to sea in the southern sector of Maintirano. The remnant of the related clockwise circulation was therefore assumed to be the one which rebuilt on 30 January over the warm waters of the Mozambique Channel. Soon surrounded by very significant cloud and convective activity, its potential for redevelopment had to be taken into account, all the more so since the vertical windshear and upper divergence conditions looked rather favourable. In particular the presence of a powerful TUTT (tropical upper tropospheric trough) in the Mascarenes area induced a synoptic situation conducive to the triggering of an efficient upper outflow channel in the eastern sector of the cloud system. In fact, the latter got organised progressively on the centre of the Channel, more definitely during daytime on the 31st. This evolution confirmed the phenomenon had regenerated thereupon becoming again the moderate tropical storm BOLOETSE by the early night.

After this initial rejuvenation phase, development was halted for almost 24h with relative cloud disorganisation occurring in the change of month, seemingly linked to the advent of a moderate westerly sheared constraint. In the meantime, the meteor which had kept travelling towards the west on a wavy track had come to a standstill some 170 km off the Mozambique coast. Stuck on the northern outskirts of a barometric col, it hesitated and wandered around the same spot until the late afternoon of 2 February, when an approaching upper trough arriving from the southwest of the Mozambique Channel made it decide on its future track which headed for the southeast. Right after that, BOLOETSE crossed latitude 20°South (by the early night on 2nd) and turned simultaneously into a tropical cyclone.

This change in status resulted from a new cycle of



Pré-génèse de BOLOETSE. Entre Mascareignes et Madagascar, la perturbation initiale du futur BOLOETSE est encore à un stade très embryonnaire. Plus au sud-est, l'île Maurice vient d'être affectée par une forte activité pluvio-orageuse, avec de fortes pluies à la clé (196 mm en 24h par exemple à Vacoas, dont 175 mm au cours des 12h précédentes).

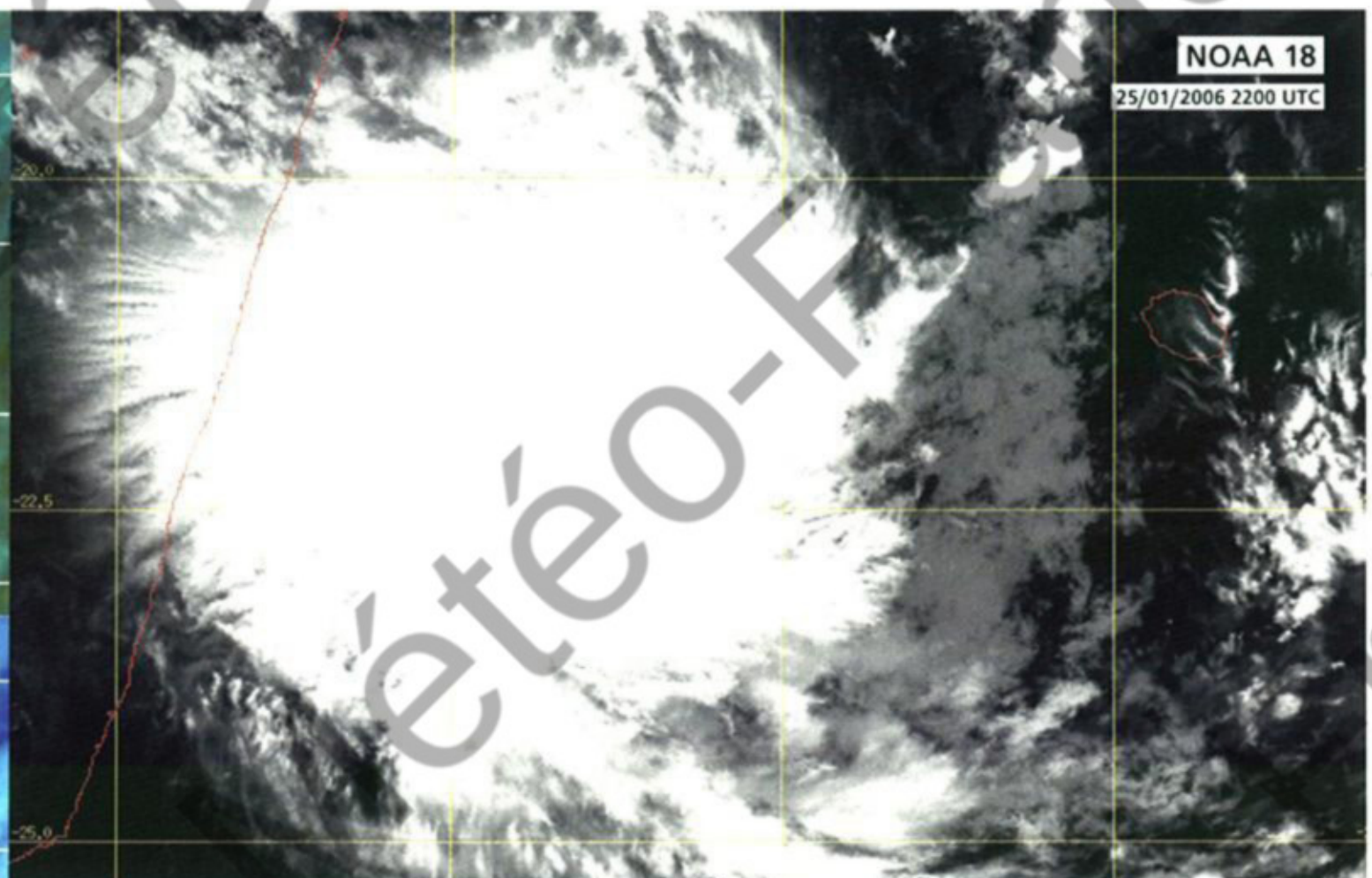
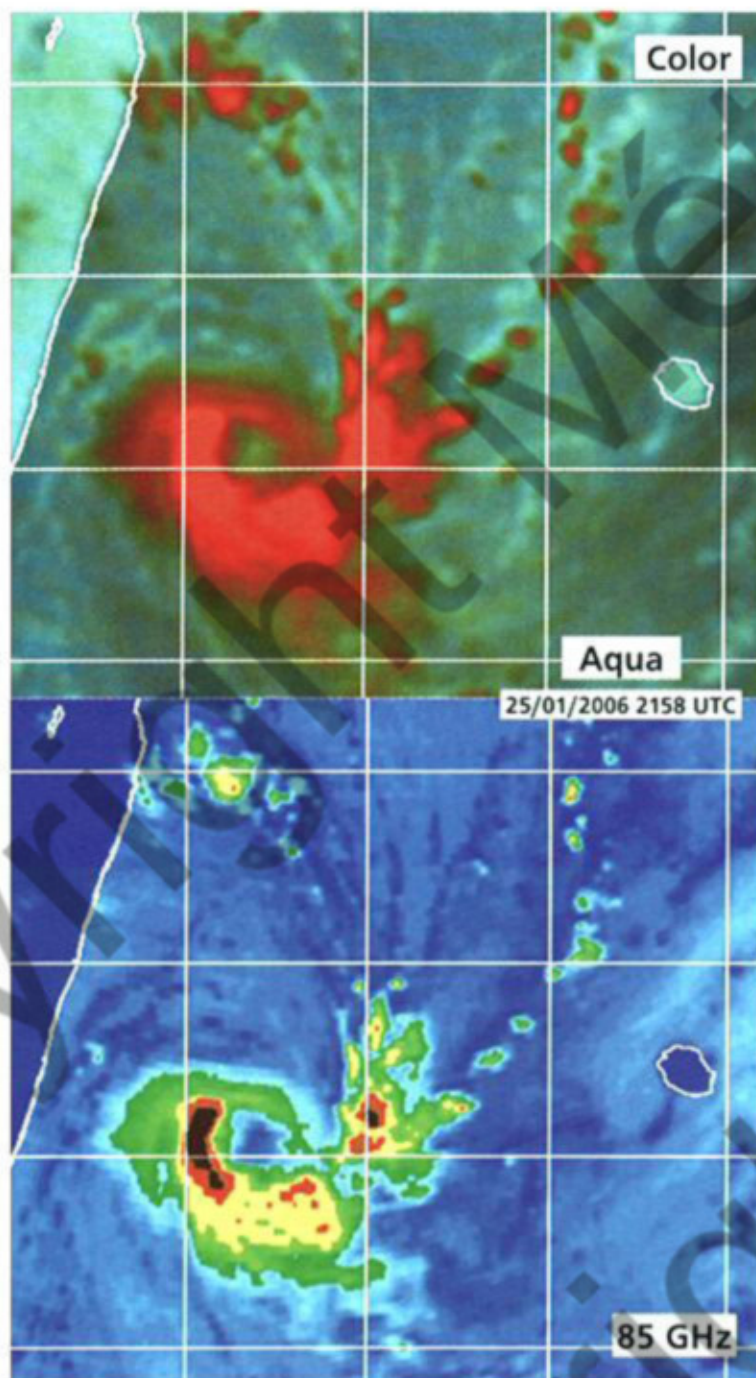
Pre-genesis of BOLOETSE. Standing between the Mascarenes and Madagascar the initial disturbance was still very embryonic at this stage. More to the southeast, Mauritius Island had just been affected by severe thunderstorm activity with related heavy rain (196 mm of rainfall recorded at Vacoas station in 24h, among which 175 mm had fallen during the previous 12h).

de cette dorsale. BOLOETSE a accéléré en conséquence et file désormais, depuis la fin de nuit du 2 au 3 février, à près de 20 km/h de vitesse moyenne de déplacement. Sa trajectoire, qui menace sérieusement le Sud-Ouest de Madagascar, l'amène à passer auparavant au nord-est d'Europa, dans l'après-midi du 3. Si l'île est épargnée par les vents dévastateurs du cœur du système, le centre du cyclone transitant à 100 km au large, elle n'échappe pas aux bandes nuageuses actives du météore et est fortement arrosée (136 mm en 6h tombés notamment en début de journée).

L'approche de la Grande Île est marquée par l'occurrence d'un cycle de l'œil, qui a pour effet d'interrompre la phase d'intensification du météore, alors que celui-ci était en passe d'atteindre le stade de cyclone tropical intense, le maximum d'intensité étant finalement estimé demeurer au seuil de ce stade. Car le cycle de remplacement de l'œil n'aura pas le temps d'aller jusqu'à son terme, étant contrecarré par la proximité terrestre de Madagascar et surtout par un accroissement du cisaillement vertical de vent (de nord-ouest). Le passage au plus près de la Grande Île intervient en journée du 4 février. Une légère inflexion de la trajectoire a fait que le centre de BOLOETSE demeure finalement en mer, ne faisant

que longer le littoral (à une vingtaine de km au large), mais cela est d'une importance toute relative, car le transit côtier s'effectue à un stade avancé du cycle de l'œil en cours, ce qui signifie un transfert certainement déjà réalisé du rayon des vents maximaux vers l'anneau de convection externe, qui quant à lui n'évite pas le littoral malgache.

Les vents violents, avec des rafales maximales alors estimées à un peu plus de 200 km/h, ainsi que les inondations, ont causé de sérieux dégâts, en particulier dans les villages d'Itampolo et d'Androka, localités les plus touchées. À Tuléar, située à 90 km au plus près de la trajectoire du centre de BOLOETSE, les rafales ont atteint 78 nœuds (145 km/h) pour un vent moyen maximal de 41 nœuds (la pression minimale a été de 994 hPa). Toute cette zone avait déjà été dévastée un an auparavant (le 23 janvier 2005) par le cyclone tropical ERNEST, d'intensité quasi-équivalente et à la trajectoire presque identique. Mais, cette fois, les conséquences sont nettement moindres (6 morts et un peu plus de 6 500 sinistrés). Deux raisons probables à cela : une alerte aux populations qui a beaucoup mieux fonctionné (le souvenir encore frais du passage d'ERNEST, ayant certainement aussi contribué à une meilleure réactivité de la population), et probable-



Premier maximum d'intensité de BOLOETSE. L'imagerie micro-onde du satellite Aqua permet d'appréhender beaucoup plus finement la structure interne du météore que l'image infrarouge.
First maximum of intensity for BOLOETSE. The microwave imagery from the Aqua satellite enabled much more accurate vision of the inner structure of the meteor than the infrared image.

ment moins de monde exposé également, certaines des habitations détruites par ERNEST n'ayant pas été reconstruites depuis.

De manière plus anecdotique, on peut signaler l'échouage d'un pétrolier dans la nuit du 3 février sur la plage de Morondava (assez loin au nord donc), finalement sans dommage, puisque le risque de marée noire a pu être évité (lors de l'épisode ERNEST, c'est une plate-forme pétrolière qui avait dérivé depuis Tuléar, avant de s'échouer à la côte)...

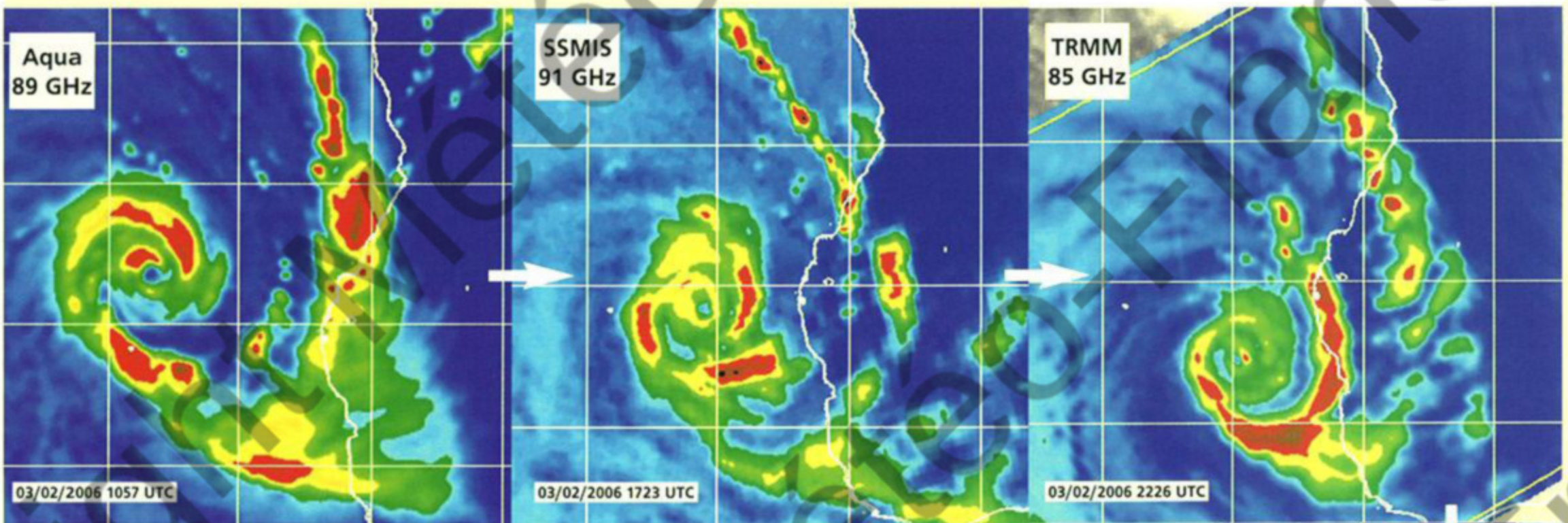
En soirée du 4 février, BOLOETSE commence à s'éloigner de la Grande Île, au sud du cap Sainte-Marie, et sa vitesse de déplacement s'accroît rapidement, passant à 35 km/h en fin de nuit. Parallèlement, avec son arrivée dans un environnement plus barocline et sur des eaux de surface moins chaudes, sa structure change, évoluant vers une configuration hybride, caractéristique d'une transition extra-tropicale entamée. La dépression associée se comble progressivement, mais des vents de la force tempête sont encore présents en cette journée du 5. La nuit

intensification initiated on the previous night and which had led to the formation of a banding eye before midday. After disappearing temporarily in the afternoon, the banding eye reappeared in the evening. Then the organisation of the core of the cloud system started to improve gradually. With the establishment in the middle troposphere of a high pressure axis from the north of Madagascar to the southeast of the Mascarenes, the northwesterly steering flow had strengthened along the southwestern boundary of that ridge. BOLOETSE had sped up as a result and from the end of night on 2nd February, had started to sail at an average cruising speed of about 20 km/h. Its trajectory, which was seriously threatening the Southwest of Madagascar, made it first pass to the northeast of Europa in the afternoon of 3rd January. While the island was spared by the devastating winds of the system's core, as the centre of the cyclone transited 100 km offshore, it was not spared the active cloud bands of the meteor which yielded heavy showers (including 136 mm which poured down within 6h in the early day).

As it approached the Great Island, an eye cycle occurred which interrupted the intensification phase of the meteor just as it was about to reach the status of intense tropical cyclone, its intensity peak being finally estimated to remain just below that threshold. Indeed, the eye replacement cycle did not have time to terminate as it was counteracted by the close vicinity of Madagascar and above all by an increase of the northwesterly

vertical windshear. The nearest passage to the Great Island occurred in the day of 4th February. A slight shift of heading finally made the centre of BOLOETSE remain at sea and hug the coast slightly more than 20 km off the shoreline, but this was relatively unimportant because the coastal transiting happened at an advanced stage of the eye cycle underway, which meant that a transfer of the radius of maximum winds towards the external ring of convection had probably already taken place, and the latter certainly did not spare the Malagasy coast.

Violent winds with maximum gusts estimated to exceed 200 km/h and also floods caused serious damage, especially in the villages of Itampolo and Androka, which were the most affected localities. At Tulear situated 90 km nearest to the path of BOLOETSE's centre, gusts reached 78 knots (145 km/h) for a maximum 10-min average winds of 41 knots while the recorded minimum sea-level pressure was 994 hPa. All that area had already been devastated one year earlier (on 23 January 2005) by tropical cyclone ERNEST, of nearly equal intensity and nearly identical track. But this time, the consequences were not as dramatic (6 death casualties and about 6 500 disaster victims). Two possible reasons for this: a more efficient warning to the population (the remembrance of the recent passage of ERNEST having probably contributed to a better reactivity of the population) and probably less people exposed also, as some of the homes destroyed by ERNEST had not been rebuilt since. More anecdotally, a petrol tanker ran



Cycle de remplacement de l'œil de BOLOETSE, lors de son approche des côtes sud-ouest de Madagascar. Décelé grâce à l'imagerie micro-onde, ce cycle de l'œil a eu deux conséquences pour les habitants du littoral malgache touchés par le météore, l'une positive, à savoir limiter l'intensité du cyclone en interrompant sa phase d'intensification, l'autre négative, à savoir élargir le rayon des vents maximaux (au niveau de l'anneau de convection externe amené à remplacer le mur de l'œil initial – voir image de droite du 4 février), qui a de ce fait touché la pointe sud-ouest de la Grande Île.

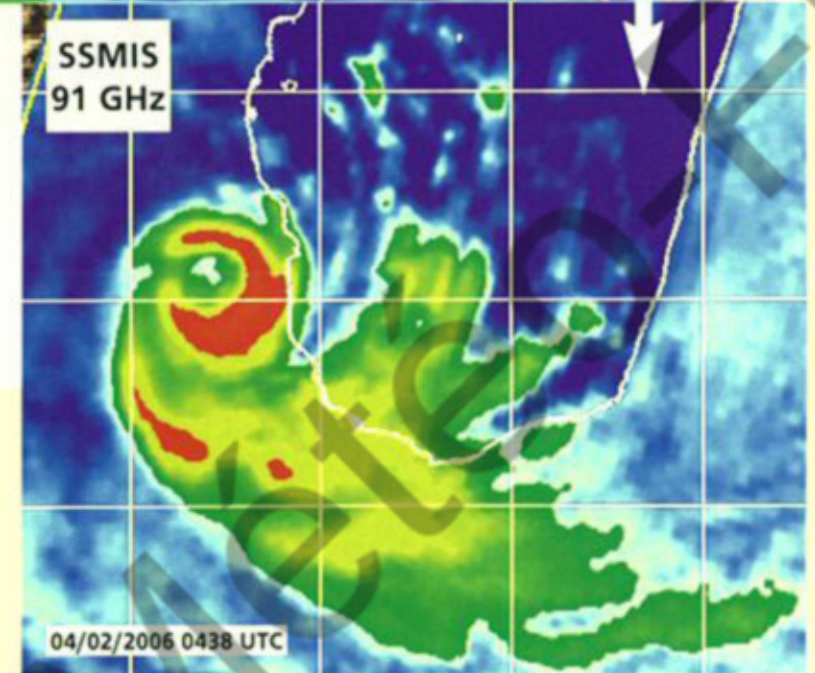
Eyewall replacement cycle for BOLOETSE during its approach of the southwestern coastline of Madagascar. Detected thanks to the microwave imagery, this eye cycle resulted into two main consequences for the inhabitants living along the Malagasy shores swept by the storm, one positive the other negative. The good thing was the arrested development induced by the cycle which limited the intensity of the cyclone; the bad thing was the widening of the radius of maximum winds (shifting below the outer ring of convection that was replacing the initial inner eyewall – see lower right image of February the 4th) and consequent hit of the southwest tip of Madagascar.

aground the beach of Morondava during the night of 3rd February (quite faraway in the north so) with no damage at the end since the risk of oil spill and black tide was avoided (during ERNEST'S episode, it was an oil rig which had drifted from Tulear before getting stranded)...

In the evening of 4th February, BOLOETSE started to shove off the Great Island south of Cape Sainte Marie, and its travelling speed increased rapidly to 35 km/h by the end of the night. Simultaneously, as it arrived in a more baroclinic environment and on cooler surface waters, its structure changed developing into a hybrid-like

organisation, typical of an incipient extra-tropical transition. The depression filled gradually but storm force winds were still present during the day on 5th. The following night, ex-BOLOETSE, henceforth an extra-tropical depression, scurried away at an accelerated speed into the southern latitudes ahead of a cold front with which it merged on the following day.

The only depression system of the season to have affected Madagascar, BOLOETSE fortunately did not have too dramatic an impact nor cause any catastrophic disaster on the Great Island.

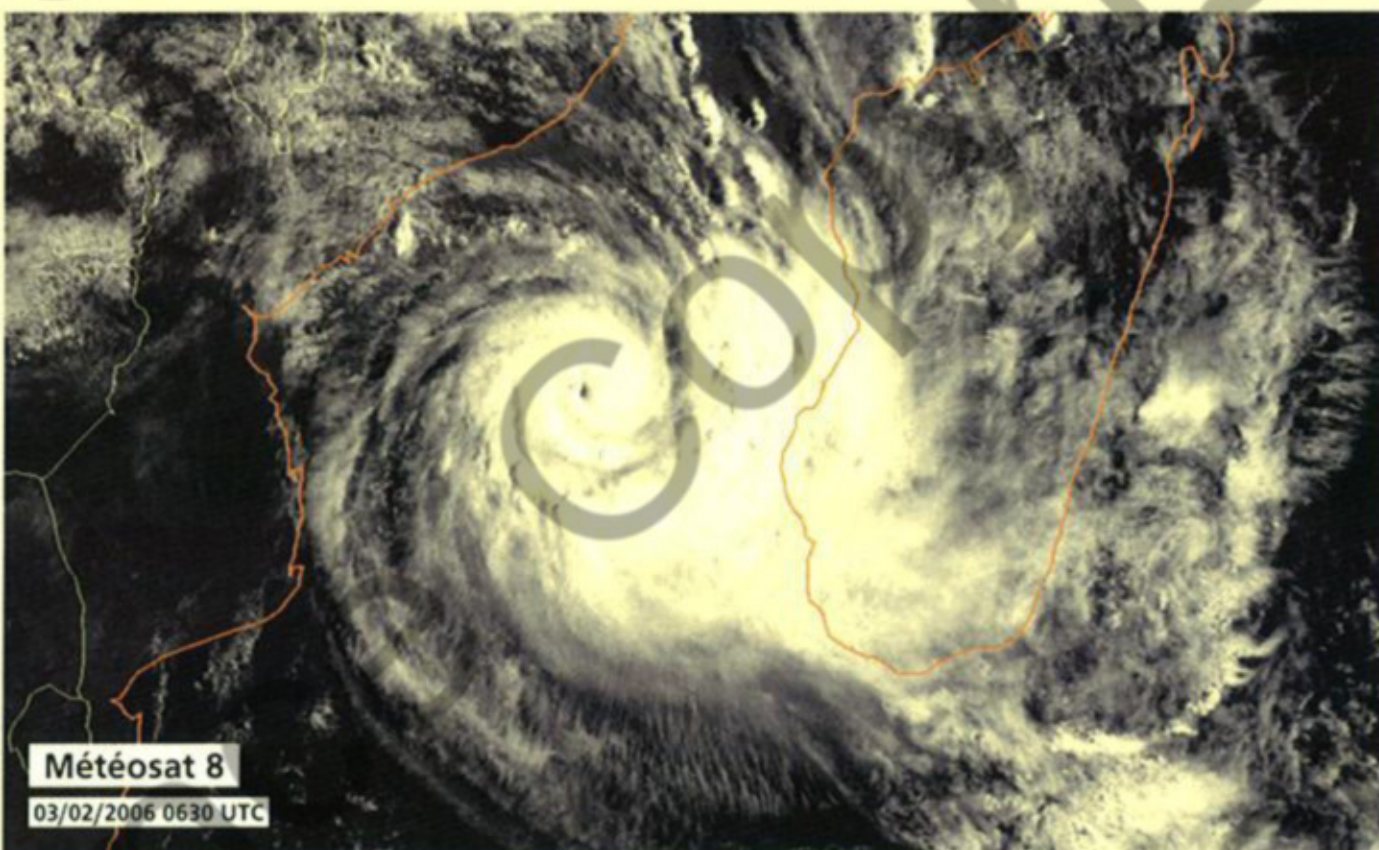


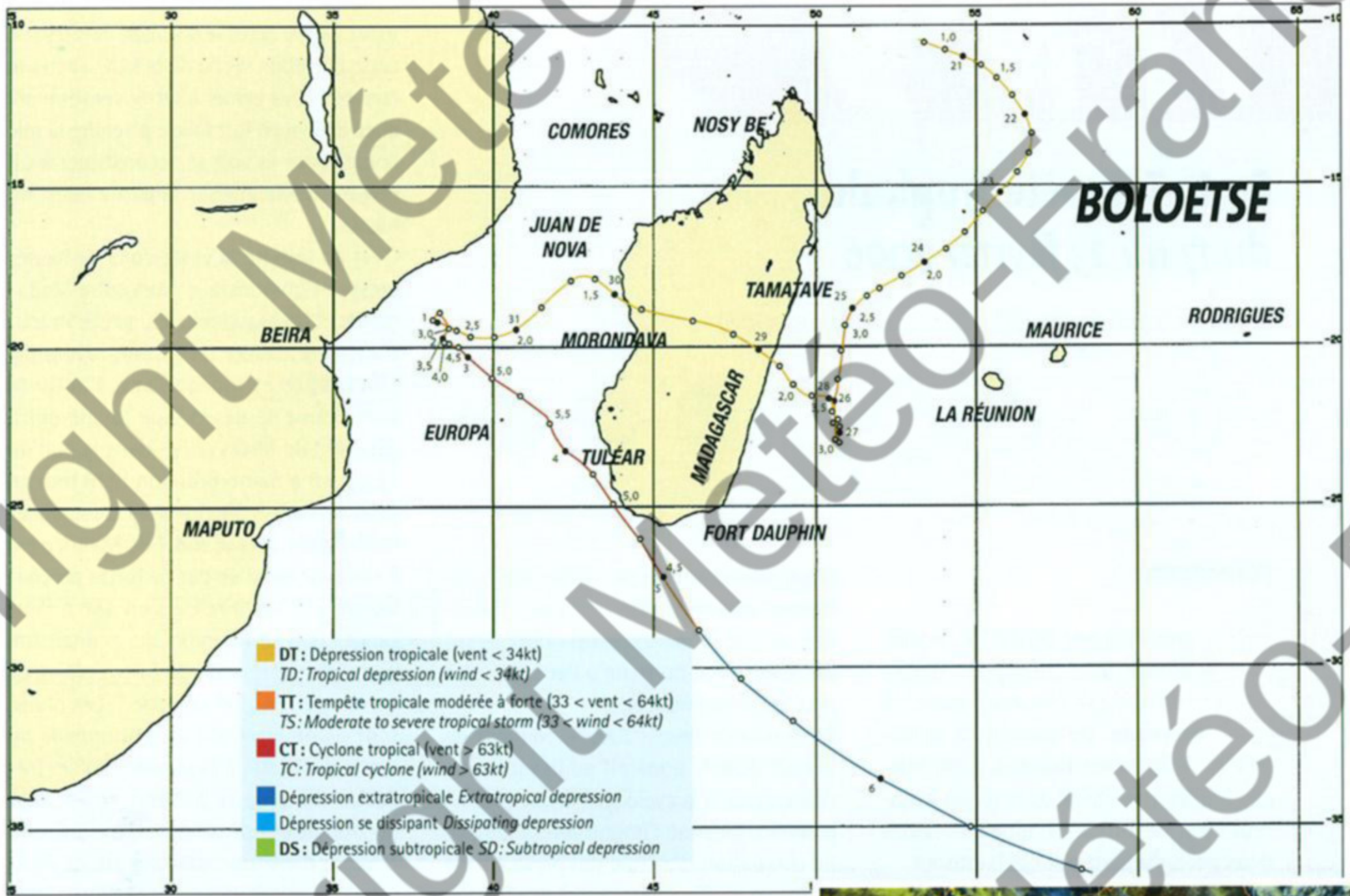
suivante, l'ex-BOLOETSE, désormais dépression extra-tropicale, est expulsée à vitesse accélérée vers les latitudes sud, à l'avant d'un front froid avec lequel il fusionnera le lendemain.

Seul système dépressionnaire de la saison à avoir affecté Madagascar, BOLOETSE n'aura heureusement pas eu un impact trop dramatique ni catastrophique pour la Grande Île.

Le cyclone tropical BOLOETSE en phase d'intensification sur le canal de Mozambique. La divergence d'altitude apparaît visuellement très bonne sur cette image satellite, tandis que les premières bandes pluvieuses ont abordé la façade ouest de Madagascar. La bande convective très active située juste en mer, ne va pas tarder à occasionner les premières grosses pluies (131 mm seront recueillis à Morombe au cours des 24h suivantes, dont 106 mm en 6h, et 191 mm en 48h à Morondava).

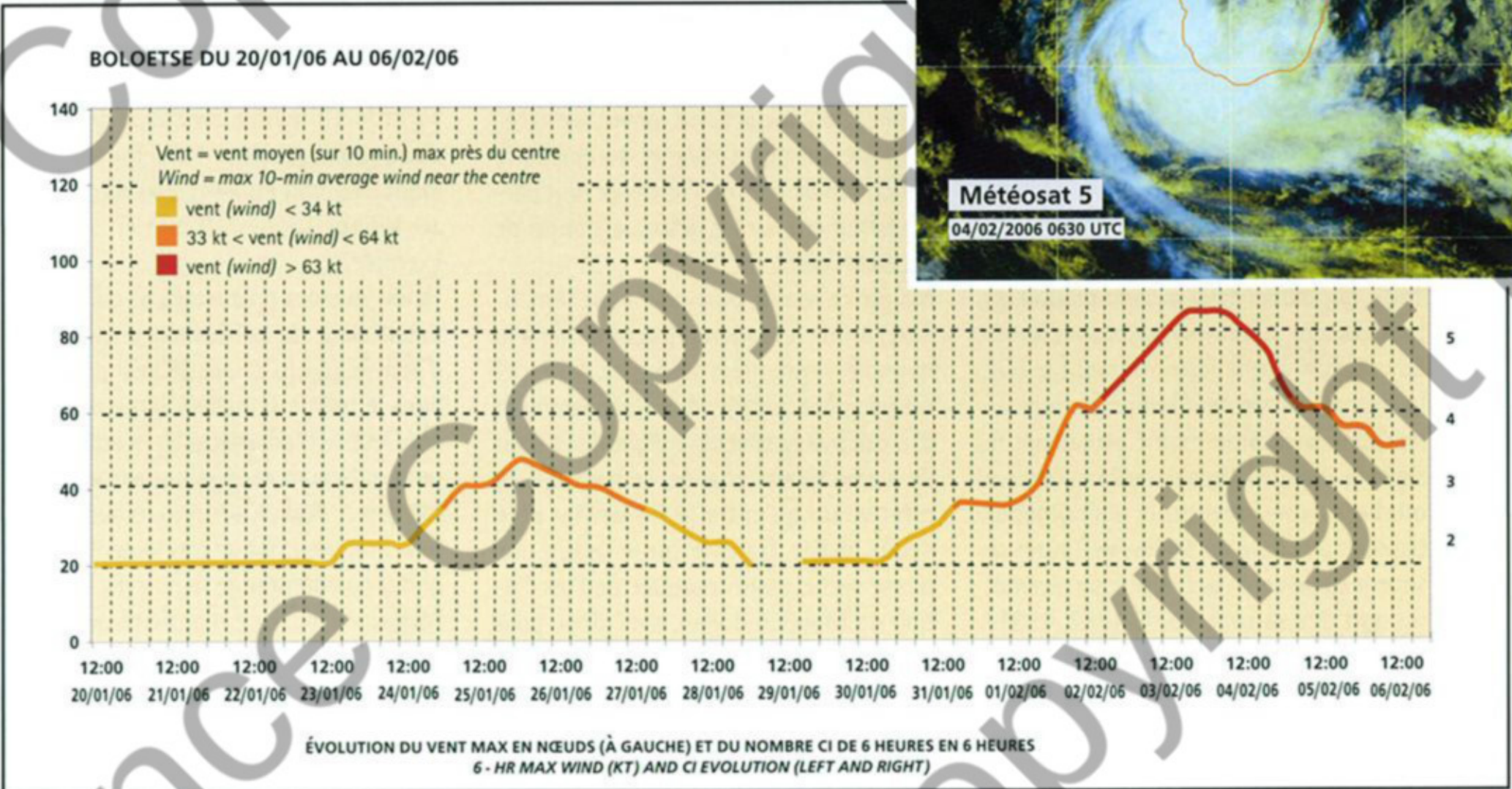
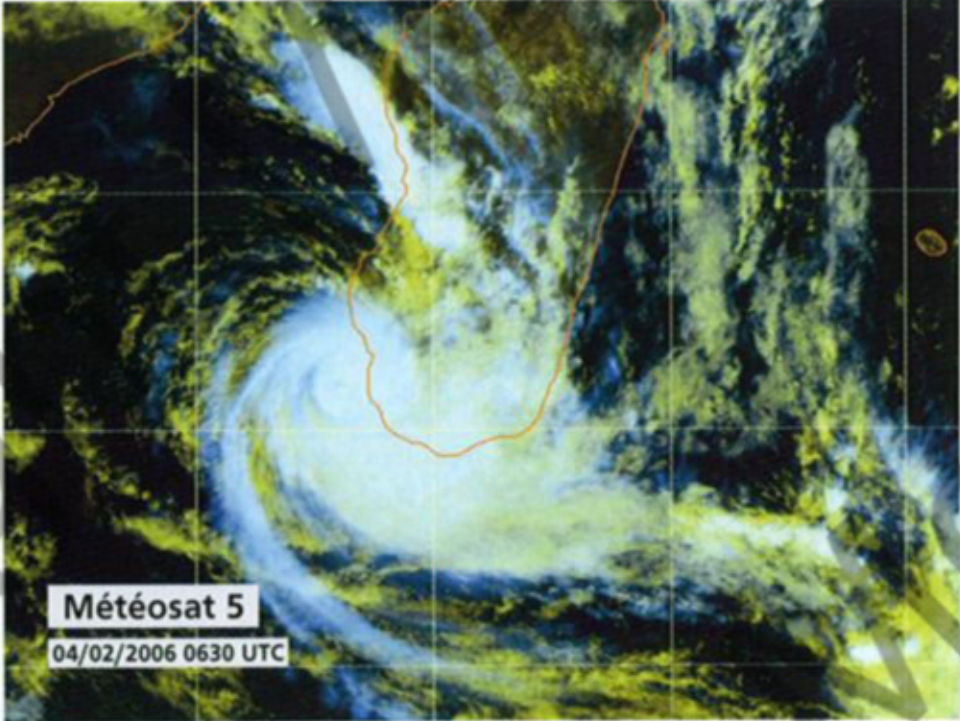
Tropical cyclone BOLOETSE while intensifying in the Mozambique Channel. The upper outflow looked good on the satellite imagery while the first outer rain bands had landed on the western side of Madagascar. The very active convective band standing just offshore would soon start to yield the first heavy rains (131 mm to be recorded at Morombe in the following 24h, including 106 mm within 6h, and 191 mm in 48h at Morondava).





Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

BOLOETSE, en phase finale d'approche de la pointe sud-ouest de Madagascar. Le petit œil interne résiduel est encore visible à cette heure, mais disparaîtra peu après (voir image de 0720 UTC page 25).
BOLOETSE while on final approach of the southwestern tip of Madagascar. The tiny residual inner eye was still visible at the time but would soon disappear (see the 0720 UTC image page 25).



TT N°9

Forte Tempête Tropicale du 17 au 23 février 2006

Severe Tropical Storm "N° 9" (17 - 23 February 2006)

FORMATION

Après l'épisode BOLOETSE, le bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien est retombé dans sa léthargie. De sorte qu'à la mi-février le bilan est toujours aussi maigre. La première moitié de la saison cyclonique est désormais écoulée et seules deux perturbations ont été baptisées. Un début de saison aussi peu prolifique situe de fait cette saison à l'étiage le plus bas qui soit en termes d'activité cyclonique puisque depuis 1960, année à partir de laquelle on a commencé de nommer les systèmes dépressionnaires tropicaux dans notre bassin, on n'est jamais descendu en-dessous de ce seuil de deux, qui constitue donc le nombre minimal de perturbations baptisées à la date du 14 février.

Un tel cas de figure ne s'était d'ailleurs produit que deux fois auparavant, les deux autres saisons cycloniques équivalentes étant les saisons 1990-1991 et 1997-1998, qui toutes deux avaient produit un total de sept systèmes baptisés au terme de la saison cyclonique (on rappelle que la normale est de neuf tempêtes tropicales, dont environ la moitié atteignent le stade de cyclone). On a par ailleurs observé quatre saisons avec trois phénomènes baptisés à la date du 14 février. Toutes se situent également dans la période récente : il s'agit des saisons 1986-1987, 1991-1992, 1998-1999 et 2000-2001 (cette dernière n'ayant vu aucune tempête tropicale baptisée en février). Trois de ces saisons ont été associées à une activité cyclo-

nique globale encore plus faible, avec seulement cinq tempêtes tropicales recensées in fine, la saison 1991-1992 ayant par contre été normale à l'arrivée, avec neuf systèmes nommés.

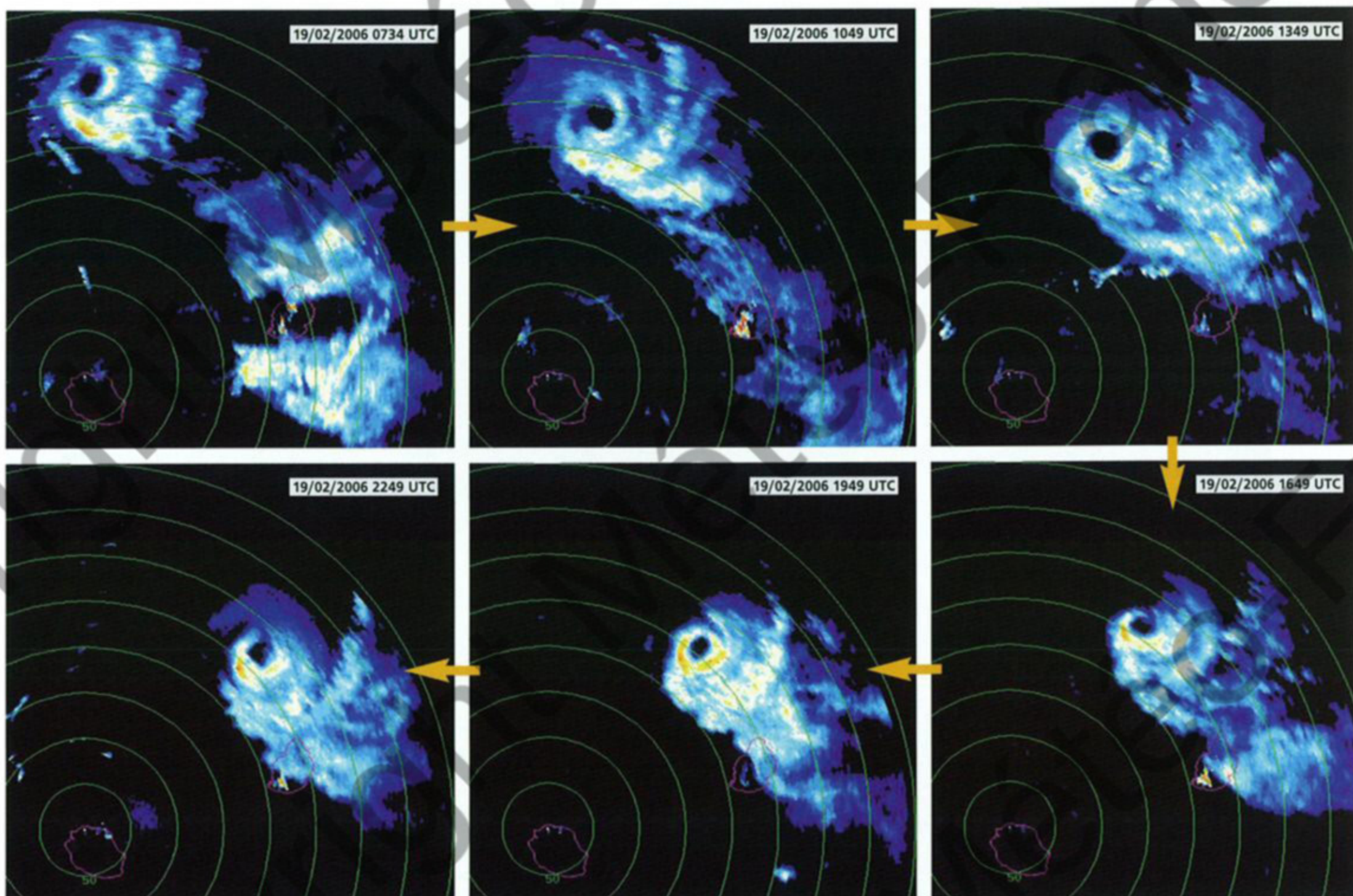
En ce mois de février 2006, le contexte de grande échelle apparaît pourtant moins défavorable à la cyclogenèse que préalablement, puisque l'importante anomalie de circulation générale qui prévalait sur la zone Indo-Pacifique depuis le début de la saison va être mise entre parenthèses jusqu'en mars. On rappelle que cette anomalie se caractérisait par la présence d'anomalies de vents en basses couches, d'ouest sur l'océan Indien proche-équatorial et d'est sur le Pacifique central, se traduisant par une branche ascendante de la circulation de Walker puissamment focalisée sur la zone australo-indonésienne, d'où une activité convective excédentaire sur cette zone et au contraire déficitaire de part et d'autre, et tout particulièrement sur les deux-tiers ouest de l'océan Indien.

Malgré ce retour, qui ne sera que temporaire, à une situation plus conforme à la normale, la première quinzaine de février n'a pas pour autant vu le rétablissement d'une activité convective digne de ce mois de pleine saison chaude. Le hasard a en effet voulu qu'entre la fin janvier et le début février, transite sur le bassin une phase sèche assez marquée de l'oscillation de Madden-Julian, avec donc pour conséquence le maintien d'une activité convective à un niveau réduit sur le bassin (le développement de BOLOETSE dans un tel contexte, pouvant être considéré

comme un «accident» tout à fait méritoire). Même après le décalage vers l'est de cette pulsation sèche de la MJO, l'activité convective va peiner à retrouver ses marques et il va en fait falloir attendre la mi-février pour la voir se reconstituer à un niveau significatif sur la partie ouest du bassin.

C'est au sein de la vaste zone de basses pressions qui s'installe alors entre Madagascar et les Mascareignes, qu'elle va tout d'abord retrouver un terrain favorable. Fluctuante et inorganisée, l'activité convective se développe localement, générant de fortes pluies dans la nuit du 15 au 16 à Saint-Brandon (229 mm en 24h). Les amas pluvio-orageux se décalent ensuite vers le sud. L'île Maurice est à son tour touchée par de fortes précipitations (177 mm relevés en 48h à Plaisance), puis La Réunion, qui connaît son premier vrai épisode de fortes pluies de l'année, mais quel épisode ! Les pluies sont d'une intensité exceptionnelle au matin du 18 sur le tiers nord de l'île : fréquemment plus de 200 mm en 3h, avec un maximum de 376 mm au Brûlé (à 1065 m d'altitude dans les Hauts de la capitale Saint-Denis), et des pointes extrêmes, localement supérieures à 150 mm en 1h (138 mm à Salazie Village, 153 mm à La Plaine des Chicots - 1834 m d'altitude dans les Hauts du Nord - et 169 mm au Brûlé/St-Denis). De telles intensités pluvieuses ont une durée de retour supérieure à 50 ans... Mais l'épisode pluvieux ne se limite pas à cette flambée temporaire et dure en fait environ 48h, entre le 17 et le 19 février, amenant des lames d'eau remarquables : 1274 mm au Brûlé (dont 963 mm en 24h), 841 mm à Salazie Village (dont 710 mm en 24h) par exemple.

Tandis que ces précipitations diluviennes s'abattaient sur La Réunion, un autre pôle d'activité pluvio-orageuse s'est développé dans le même temps au large des côtes nord-est de Madagascar, et ce autour d'un petit minimum dépressionnaire qui végétait depuis déjà plusieurs jours dans le secteur. Commencant de très lentement s'organiser à compter de la nuit du 17 au 18 février, cette zone d'activité perturbée apparaît toutefois encore très embryonnaire en fin de journée du 18, avec un minimum dépressionnaire à peine estimé à 1005 hPa.



Le système dépressionnaire tropical n°09, lors de sa phase mature, tel que vu par l'imagerie du radar de La Réunion (PPI 400 km). Du moment où il a pénétré dans le scope d'acquisition du radar de Météo-France basé sur les hauteurs de Saint-Denis, au matin du 19 février, et jusqu'en cours de nuit suivante, alors qu'il évoluait au nord de l'île Maurice, ce météore de très petite taille a continuellement affiché une structure à œil sur les échos de précipitations associés.

The storm n°09 during its mature life-cycle, as seen by the radar imagery from La Reunion (PPI 400 km). From the very moment it entered within the scope of acquisition of the Meteo-France radar based on the upper reaches of the capital city Saint-Denis, in the morning of 19 February, until the following night when it was evolving north of Mauritius, this midsize system continuously displayed an eye feature within the associated rain field.

ÉVOLUTION

La première partie de nuit suivante ne laisse présager aucune évolution inquiétante, avec une organisation nuageuse qui reste marginale et une configuration nuageuse que l'on peut qualifier d'anodine à ce stade, tant sur l'imagerie classique que micro-onde. Mais en fin de nuit, la convection se développe et se concentre près du centre. Cette évolution, qui pourrait apparaître comme une simple poussée de convection classique à ce moment du cycle diurne, se traduit par la constitution d'un amas nuageux convectif d'environ 200 km de diamètre. Se décalant depuis son origine en direction générale du sud-est, le météore se retrouve au matin du 19 février plein nord de La Réunion et à portée du radar météorologique implanté sur les hauteurs

FORMATION

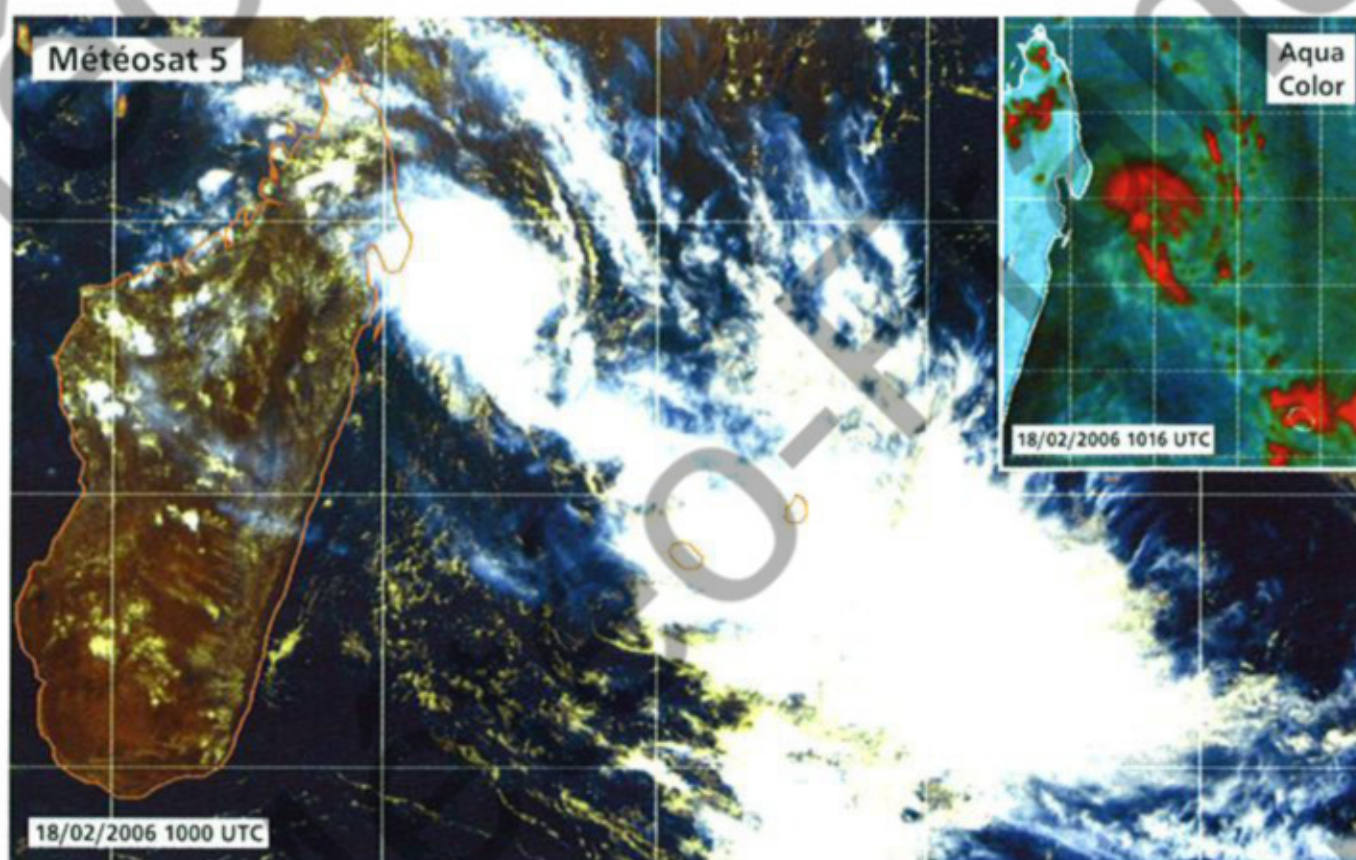
After the BOLOETSE's episode, the Southwest Indian Ocean basin lay dormant once again, so that by mid-February the weighing up of the disturbed activity was still as light. The first half of the cyclone season had already gone by and only two disturbances had been named. In fact the slack start of the season ranked it as the lowest in terms of cyclone activity given that since 1960, from which time the tropical depression systems of the basin started to be named, there has never been less than two named systems by 14 February. Such a case of only two named systems by mid-February had only occurred twice before during the matching cyclone seasons of 1990-1991 and 1997-1998 which both produced a total of seven systems named by the end of the cyclone season (as a reminder, the norm is nine tropical storms among which about half

convert into tropical cyclones). Furthermore, four other seasons were observed to have had three phenomena named by 14 February. All of them also occurred in a recent past: seasons 1986-1987, 1991-1992, 1998-1999 and 2000-2001 (the latter having had no tropical storm named in February). Three of those seasons were related to an even weaker cyclone activity on the whole with only five tropical storms reported at the end. However, the 1991-1992 season ended up as a normal one with nine named systems. During that February 2006 month, the large-scale context seemed not as unfavourable for cyclogenesis as previously thought, given that the important anomaly in the general circulation that prevailed over the Indo-Pacific region since the beginning of the season was left aside until March. As a reminder, this anomaly was characterised by the presence of low-levels anomalies of westerly winds over

the near-equatorial Indian Ocean and of easterly winds over the Central Pacific which resulted in an ascending branch of the Walker circulation being powerfully focused on the Australia-Indonesia area, hence an increased convective activity over that zone whereas deficient on either side and especially over the two western two of the Indian Ocean.

Despite the return to a more normal situation (which would only be temporary), the first fortnight of February did not see however the restoration of a convective activity worthy of that month in the heart of the warm season. Fate willed that between end of January and beginning of February, a rather pronounced dry phase of the Madden-Julian oscillation transited over the basin resulting in the convective activity being held down at a reduced level (the development of BOLOETSE in such a context could therefore be considered as a praiseworthy "accident"). Even after the dry MJO impulse had shifted eastwards, the convective activity still struggled to recover and it was not until mid-February that it redeveloped significantly on the western part of the basin.

It was inside the broad area of low pressure settling at the time between Madagascar and the Mascarenes that the convective activity first met a propitious environment. Fluctuating and remaining disorganised it developed locally generating heavy rain in the course of the night of the 15th at Saint-Brandon (229 mm within 24h after all). Then the cumulonimbus cloud clusters shifted to the south. Heavy rainfall affected in turn Mauritius (177 mm recorded within 48h at Plaisance Airport) and then La Reunion which experienced its first genuine episode of pouring rain in the year, and what an episode that was! The rain was of exceptional intensity by morning on 18 over the northern part of the island: frequently over 200 mm within 3h, with a recorded maximum of 376 mm at Brûlé (at 1065 m elevation in the heights of the capital city of Saint-Denis), and extreme peaks locally superior to 150 mm within 1h (138 mm at Salazie Village, 153 mm at Plaine des Chicots – 1834 m altitude in the northern heights – and 169 mm at Brûlé/Saint-Denis). Such rain rates have return periods exceeding 50 years... But this rainy event did not sum up to that temporary burst but actually lasted about 48h from 17 to 19 February bringing amazing rainfall amounts : e.g. 1274 mm at Brûlé (of which 963 mm poured in 24h), 841 mm at Salazie Village (of which 710 mm fell in 24h).



Pré-génèse de la tempête tropicale n°09. Au sein de la vaste zone perturbée qui s'étend du nord-est de Madagascar jusqu'au sud des Mascareignes, deux pôles d'activité convective sont présents. Le premier, inorganisé, génère de très fortes pluies sur La Réunion, l'autre, au large des côtes malgaches, présente un embryon d'organisation tourbillonnaire (courbure cyclonique bien esquissée en particulier sur l'imagerie micro-onde), mais demeure très faible à ce stade.

Pre-genesis of tropical storm n°09. Within the wide area of disturbed weather that stretched from the northeast of Madagascar to the south of the Mascarene Islands the convective activity gathered around two main focuses. The first one, unorganized, poured torrential rain over La Reunion while the other one, off the Malagasy shores, portrayed an incipient swirling organization (embryonic cyclonic curvature well outlined on the microwave imagery) but remained weak at this stage.

While this downpour was hitting La Reunion, another hub of rain storm activity was developing at the same time off the northeast coast of Madagascar, around a weak low pressure centre which had been wandering in the area for several days without developing. Starting by slowly getting organised from the night of 17 February, this zone of disturbed weather still looked very embryonic though by the late afternoon of 18 February, with a low centre barely estimated at 1005 hPa.

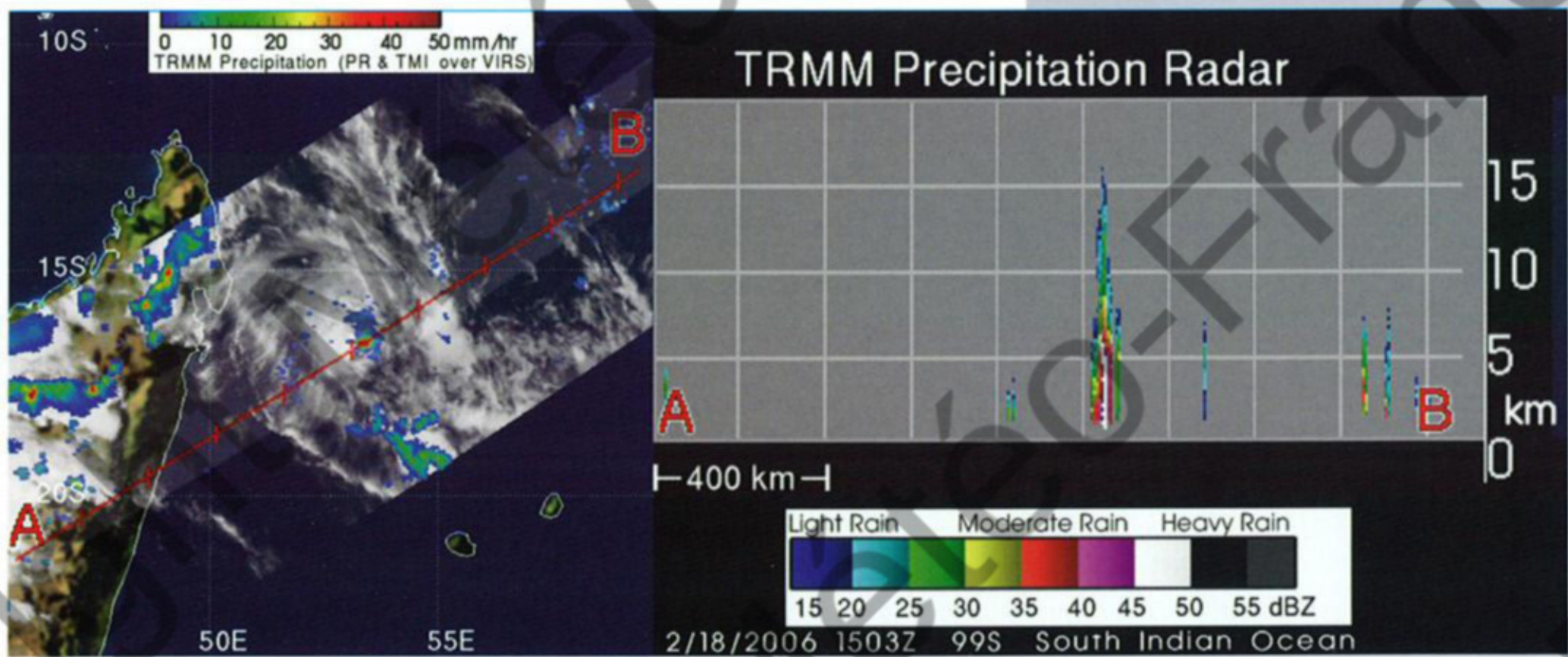
EVOLUTION

The first part of the following night did not portend any alarming evolution of the system as the cloud organisation remained marginal with a cloud configuration still looking insignificant at that stage on both classic and microwave imageries. But by the end of the night, the convection mushroomed and concentrated near the centre. This evolution, which might have been legitimately considered as a mere blow-up of convection customary at that time of the diurnal cycle, translated into the building of a convective cloud cluster of about 200 km in diameter.

Drifting from its original location in a general southeast direction, the meteor found itself duly north of La Reunion in the morning of 19 February, and within the range of the meteorological radar set in the island's northern heights. The duty forecasters were

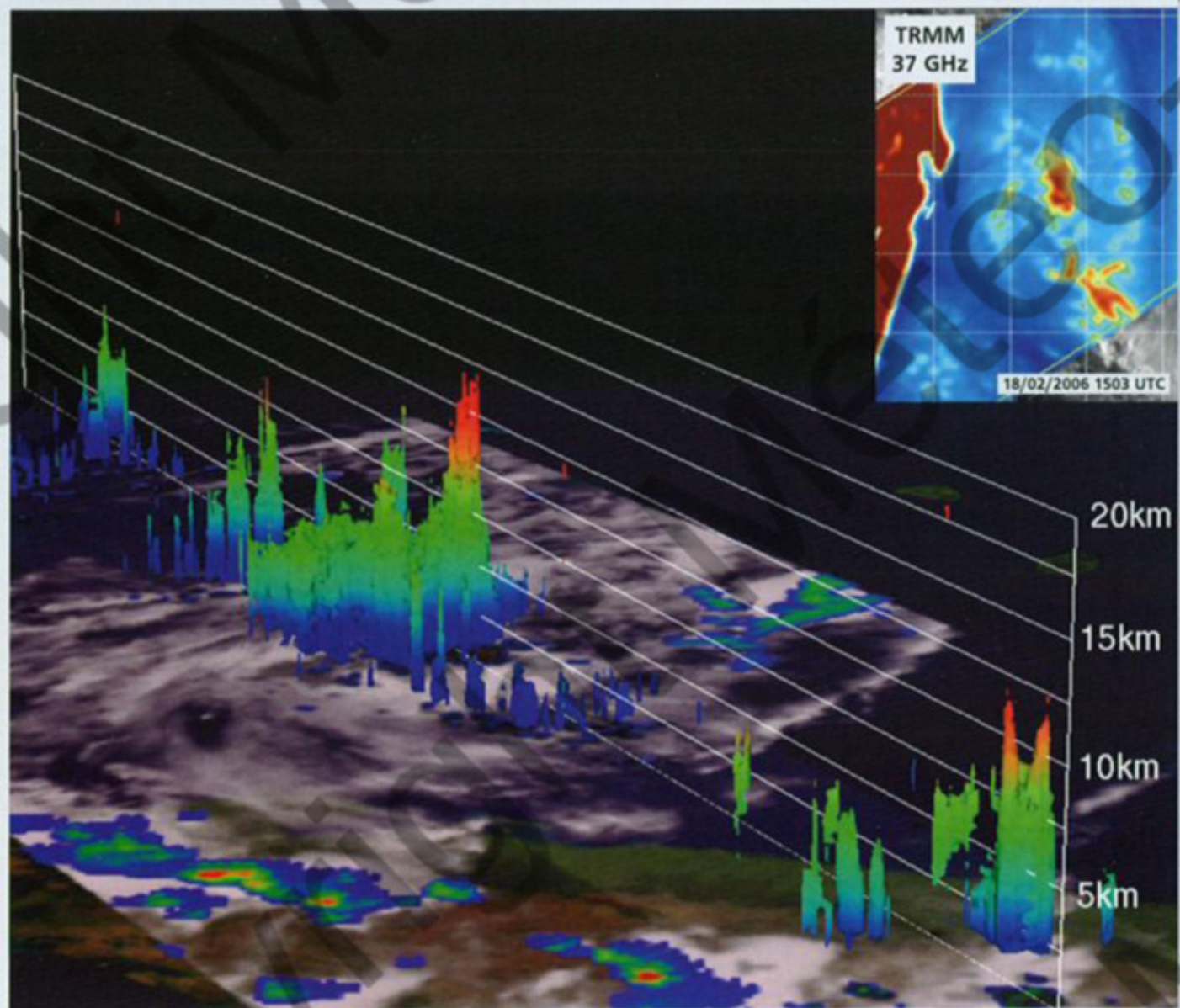
du nord de l'île. Les prévisionnistes de service ont alors la surprise de découvrir, sur leur scope de visualisation, que les échos de précipitations associés à ce système convectif qui semblait devoir s'apparenter au mieux à un CDO (amas nuageux central dense) irrégulier et relativement informe, sont beaucoup mieux structurés qu'ils n'auraient pu l'envisager, avec une zone centrale dénuée de précipitations présentant tous les traits d'un simili œil. Cette vision laisse dans un premier temps perplexe quant à la nature et à la structure réelle de ce phénomène. Compte tenu de l'historique récent du système nuageux, l'hypothèse d'abord privilégiée est que l'on a affaire à un système convectif de méso-échelle (MCS = Meso-scale Convective System) qui vient de développer un vortex convectif de méso-échelle (MCV = Meso-scale Convective Vortex) dans les couches moyennes (le système évoluant à plus de 300 km du radar, les échos de précipitations vus par ce dernier se situent alors à quelque 6000 m d'altitude).

Mais la structure à «œil» – de 35 à 40 km de diamètre – s'avérant pérenne, et tendant même à gagner en définition au fil des heures, la question se pose clairement de savoir si le vortex visible en moyenne troposphère ne s'est pas propagé jusqu'en surface. Dans ce contexte



Pré-génèse de la tempête tropicale n°09. En soirée du 18 février, aucun élément suspect, même sur l'imagerie micro-onde, ne pouvait laisser augurer de l'évolution à venir. À ceci près que les échos de précipitations détectés par le radar du satellite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission, seul radar précipitations actuellement en orbite dans l'espace) dénotent la présence, au voisinage immédiat du petit minimum dépressionnaire initial, d'une puissante tête de cumulonimbus, dont la «flèche» convective dépasse les 15 km d'altitude, et pouvant constituer un signe précurseur de cyclogenèse imminente. La présence de ce genre de «tour chaude» (ainsi dénommée du fait de l'importante quantité de chaleur latente qu'elle libère par condensation) est, en effet, considérée constituer un élément favorable, si ce n'est un facteur déclenchant, à la formation ou à l'intensification des perturbations tropicales. La compilation d'observations de systèmes dépressionnaires tropicaux depuis le satellite TRMM, a en particulier montré qu'un cyclone tropical développant une telle tour chaude au sein de son mur de l'œil, avait deux fois plus de chance de s'intensifier au cours des 6h à venir qu'un cyclone sans tour chaude.

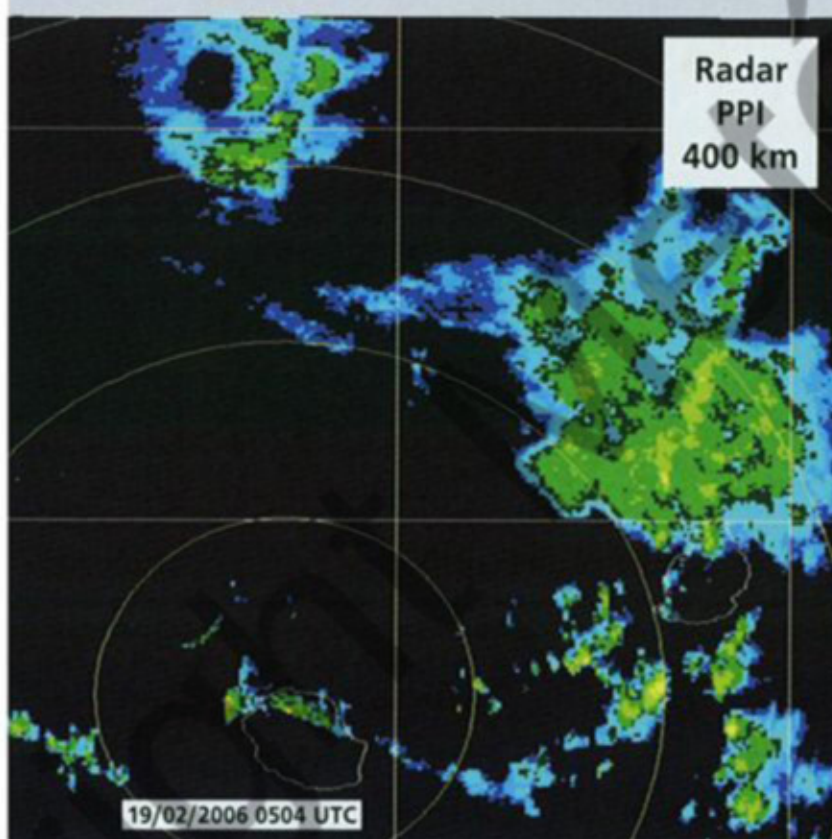
Pre-genesis of tropical storm n°09. In the evening of 18 February nothing suspicious was discernable, even on microwave imagery, that could let foresee the to-become development of the storm. Except for the rain field depicted by the TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) radar (the single spaceborne rain radar ever launched) which detected the presence, in the vicinity of the initial low, of a powerful thundercloud that was towering at more than 15 km height and which might be seen as a forerunner of an imminent cyclogenesis. This kind of chimney cloud, also called "hot tower" (as it releases a huge quantity of latent heat by condensation), is indeed considered to play a part in favouring, if not triggering, the formation or the intensification of tropical disturbances. When compiling observations of storms from space with TRMM, it has been found in particular that a tropical cyclone with such a hot tower developing in its eyewall was twice as likely to intensify within the next 6h than a cyclone that lacked a tower (Kelley, O., and J. Stout, 2004: "Convective towers in eyewalls of tropical cyclones observed by the TRMM precipitation radar in 1998-2001," 20th Conference on Weather Analysis and Forecasting, American Meteorological Society, January 11-15, 2004, Seattle, Washington). TRMM PR imagery courtesy Hal Pierce (Nasa/GSFC).



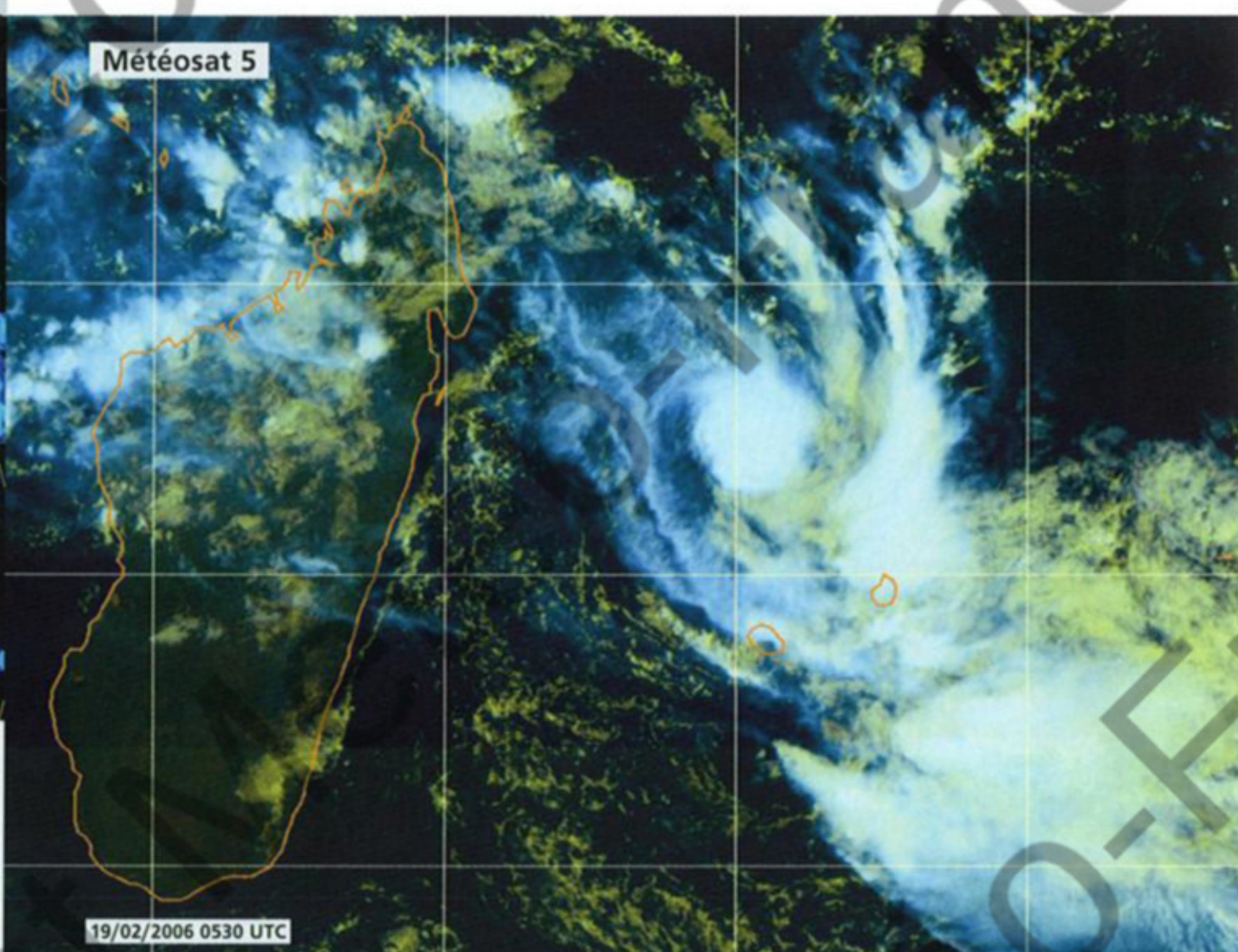
d'incertitude, les orbites micro-ondes du matin sont attendues encore plus impatientement qu'à l'accoutumée. Elles arrivent peu après, confirmant la présence de cette «faiblesse» dans le champ de précipitations au voisinage du centre de ce petit système (dont la partie active fait 100 à 150 km de diamètre), même si «l'œil» y apparaît nettement moins bien défini que sur l'imagerie radar, ce qui est logique compte tenu de la petite taille du

phénomène, de la couverture nuageuse existante (qui occulte le centre sur l'imagerie visible) et de la résolution moindre des sondes micro-onde. Mais surtout, les images en 37 GHz attestent que ce centre dénué de précipitations est également présent et clairement défini en basse troposphère, amenant à considérer que le vortex de moyenne troposphère s'est effectivement bien propagé jusque dans les couches inférieures de l'atmosphère.

very surprised to discover on their radar scope that the rain echoes associated to the convective system, which at best might have been assimilated to an irregular and relatively shapeless CDO (central dense overcast), were actually much better structured than could be expected, with a central slot devoid of any precipitation strikingly resembling an eye-like feature. First, this baffling vision left them somewhat perplexed as regards the nature and real structure of the phenomenon. Given the



Cyclogenèse de la tempête tropicale n°09. Un amas nuageux convectif d'environ 200 km de diamètre, pouvant au mieux s'apparenter à un CDO (amas nuageux central dense) irrégulier, s'est constitué depuis peu. Malgré son développement très récent, cet amas convectif présente une structure interne étonnamment organisée, comme le révèle l'imagerie du radar de La Réunion, qui y détecte une zone dénuée de précipitations dans les couches moyennes, présentant les traits d'un simili œil.



Cyclogenesis of tropical storm n°09. A convective cloud cluster about 200 km in diameter, that could at best be assimilated to an irregular CDO (Central Dense Overcast), had just built. Despite its recent development, this convective cloudmass displayed an astoundingly organised inner structure, as revealed by the radar imagery from La Reunion, which portrayed a vortex in the mid-levels associated to a central rain-free area resembling an eye-like feature.

recent background of the cloud system, the first privileged hypothesis was that they were facing an MCS (meso-scale convective system) which had just developed an MCV (meso-scale convective vortex) in the middle layers (as the system was cruising more than 300 km away from the radar, the precipitation echoes seen on the radar were situated at some 6000 m height at the time).

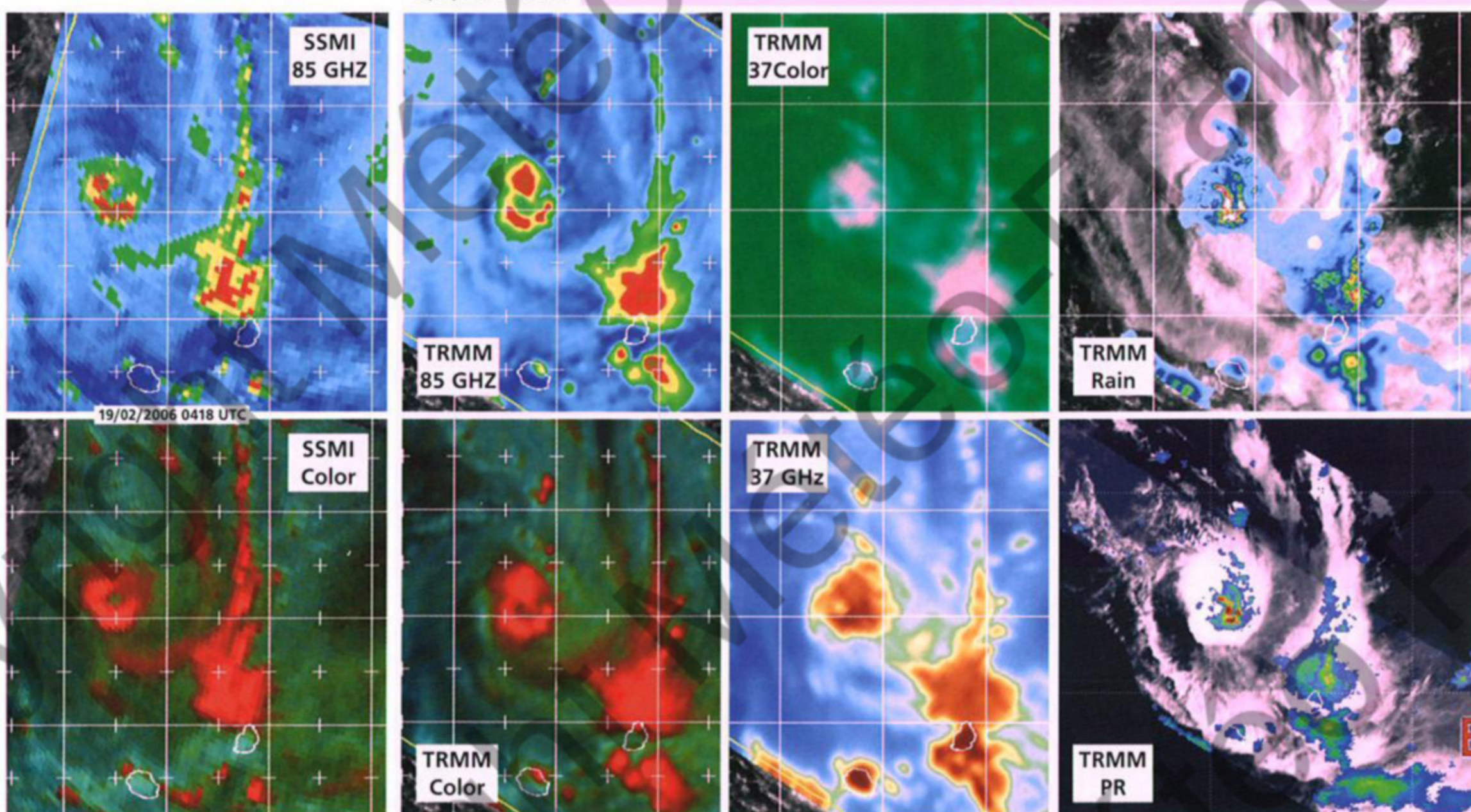
But as the eye-like structure – 35 to 40 km in diameter – turned to be long-lived and even tended to become better defined throughout the following hours, the main concern was now to know whether the vortex visible in the middle troposphere had not propagated downward to the surface. Given this uncertain context, the morning microwave orbits were expected more eagerly than usual.

These soon arrived and confirmed the presence of the "weakness" in the rain field near the centre of this small system (whose active part measured 100 to 150 km in diameter), although the eye appeared far less well-defined than on the radar imagery, which is logical given the tiny size of the phenomenon, the existing cloud cover (which was obscuring the centre on the visible imagery) and the lesser resolution of the microwave sounders. But more importantly, the 37 GHz images decisively testified that the rain-free centre was also present and clearly defined in the lower troposphere, which led to suspect that the middle troposphere vortex may have actually spread as far as the lower layers of the

Il faut donc désormais considérer comme plus que vraisemblable que le champ de vents en surface a été impacté et que l'on a affaire à un système dépressionnaire tropical de type «midget» (système «nain»). Dans un tel système de taille réduite, la pression est beaucoup plus élevée que dans un système dépressionnaire de taille «normale», ce qui n'empêche pas que de forts gradients de pression (et donc des vents forts), puissent être générés, les évolutions en termes d'intensité pouvant de fait être beaucoup plus rapides que pour un système dépressionnaire classique. Par ailleurs, l'analyse d'intensité de ce genre de système s'avère généralement délicate, la technique d'analyse de Dvorak n'étant en particulier pas adaptée et aboutissant fréquemment à sous-estimer l'intensité réelle des vents les plus forts (dans le cas présent, l'analyse d'intensité permettait difficilement de dépasser 3.0 sur l'échelle de Dvorak, même au plus fort du développement du système). En l'occurrence, il a été considéré, en ré-analyse a posteriori, que des vents de la force du coup de vent (stade de la tempête tropicale modérée) devaient probablement déjà être présents dès la matinée de ce 19 février.

Emporté par le flux de nord-ouest circulant en moyenne et haute troposphère entre un talweg venu s'insérer entre Madagascar et les Mascareignes, d'une part, et une imposante cellule de hauts géopotentiels centrée au nord-est de ces mêmes îles Mascareignes, d'autre part, le système n° 09 poursuit son déplacement en direction du sud-est, à environ 20 km/h. Cette trajectoire est relativement menaçante pour l'île Maurice, et ce à échéance rapprochée (un passage au plus près étant envisagé dès la fin de nuit suivante). La menace représentée par le météore, certes de très petite taille mais potentiellement porteur de vents violents à proximité du centre, ne semble toutefois pas avoir été appréhendée à son juste niveau. Le diagnostic de la situation par le Service Météorologique de Maurice est, en tout cas, très différent de celui du CMRS: en fin d'après-midi de ce 19 février, il considère toujours l'intensité du phénomène comme faible et repousse l'idée de le baptiser (bien que le qualifiant de «mini tempête» dans ses bulletins nationaux). Quelques heures plus tard, en cours de nuit du 19 au 20, après une phase de développement aussi surprenante que peu durable (un peu plus de 24h), le système

19/02/2006 0556 UTC



Cyclogenèse de la tempête tropicale n°09. L'imagerie micro-onde correspondante (mais reçue en léger différé) décèle également un centre de moindre activité pluvieuse, y compris dans les couches inférieures de l'atmosphère d'après la vision fournie en canal 37 GHz (canal plus sensible aux hydrométéores liquides). L'imageur micro-onde TMI, ainsi que le radar précipitations du satellite TRMM (bande centrale de l'image en bas à droite), décèlent également la présence d'un œil embryonnaire, dont seule la partie est du mur de l'œil, associé à de la convection intense, apparaît bien ébauchée.

Cyclogenesis of tropical storm n°09. The near-real time corresponding microwave imagery also depicted a centre of minimum rain activity including in the lower troposphere as asserted by the 37 GHz vision (a channel more sensitive to the hydrometeors). The TMI microwave imager and the precipitation radar aboard the TRMM satellite (central swath of the bottom right image) also detected the presence of an eye in embryo whose eyewall was only partially built (on the eastern side) with intense associated convection.

dépressionnaire tropical n° 09 atteint son apogée sur l'imagerie micro-onde. Sur l'imagerie radar, l'impression est cependant plus mitigée, l'œil apparaissant plutôt moins impressionnant qu'auparavant et surtout moins stable, passant par des phases successives de déstructuration partielle, puis de reconsolidation. Mais au vu de la signature micro-onde, plus particulièrement dans les canaux 36 et 37 GHz assez représentatifs de la structure en basses couches, le maximum d'intensité est malgré tout considéré atteint à ce moment-là. Classé en temps réel en tempête tropicale modérée par le CMRS, le système n° 09 sera re-qualifié en forte tempête tropicale lors de la réanalyse a posteriori, avec un vent maximal moyen sur 10 minutes de 50 nœuds, mais dont il est tout à fait possible qu'il sous-estime encore la réalité des choses (les intensités dérivées des données AMSU-A supportaient d'ailleurs une force de vents supérieure), pour une pression minimale relativement élevée de 992 hPa.

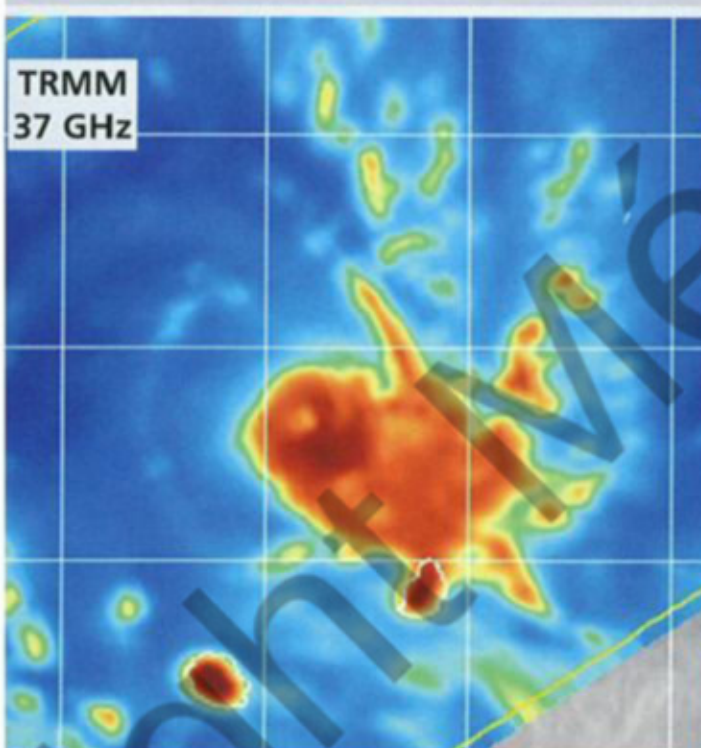
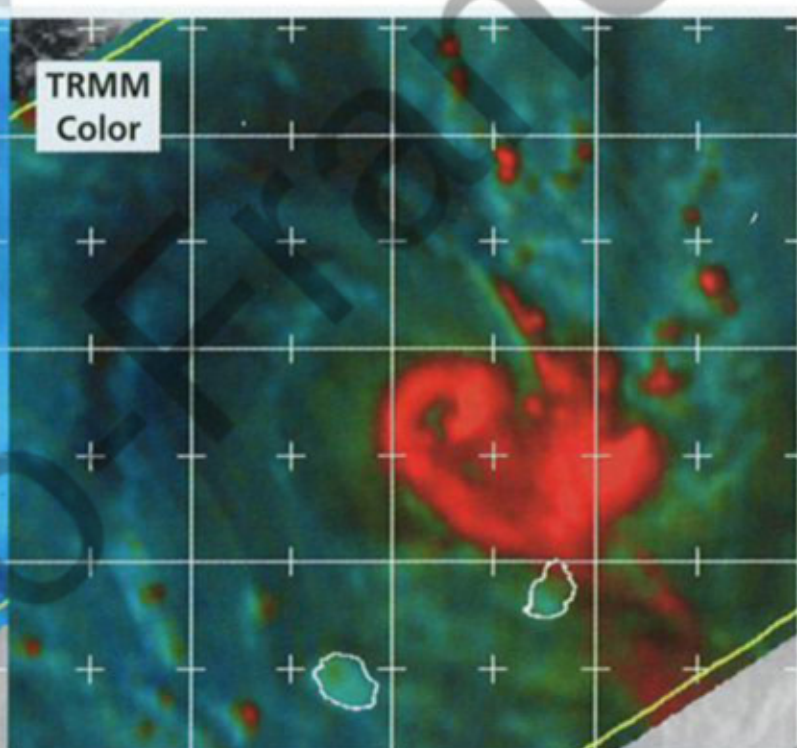
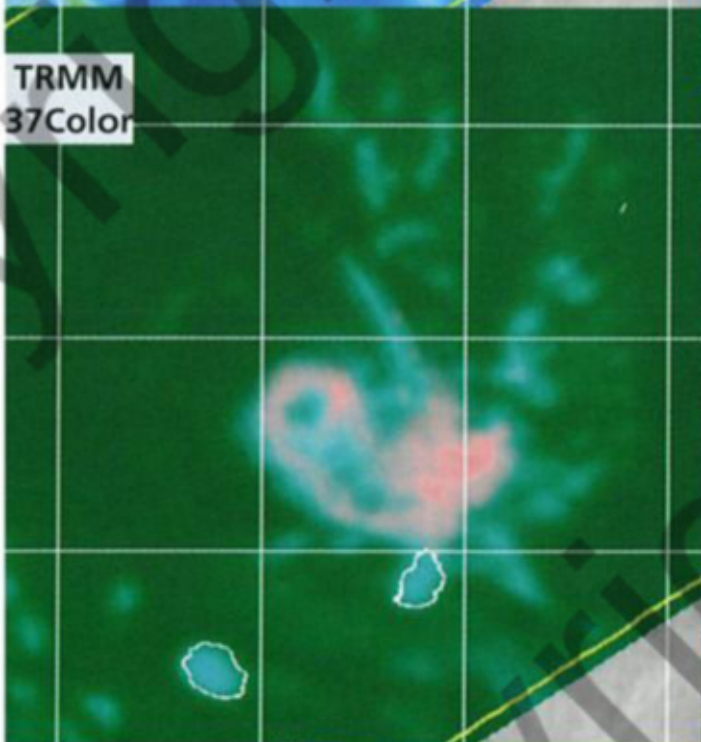
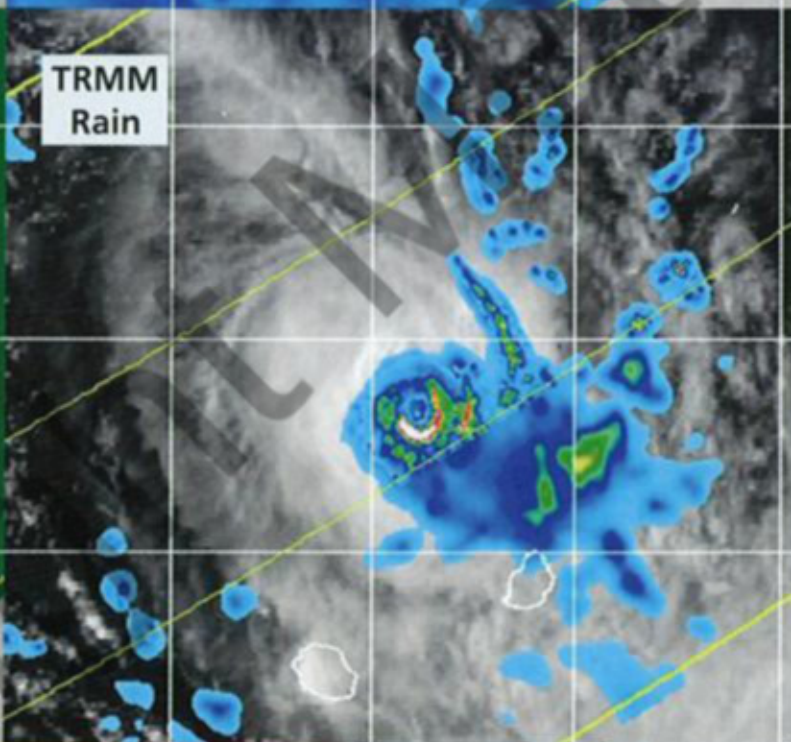
atmosphere.

It was therefore getting more and more plausible that the surface windfield had been impacted and that one was faced with a midget-type tropical depression system. In such system of reduced size, the pressure is much higher than in a depression system of "normal" size, which does not prevent strong pressure gradients (and thus strong winds) to be generated while intensity changes might actually occur much faster than is the case for a typical depression system.

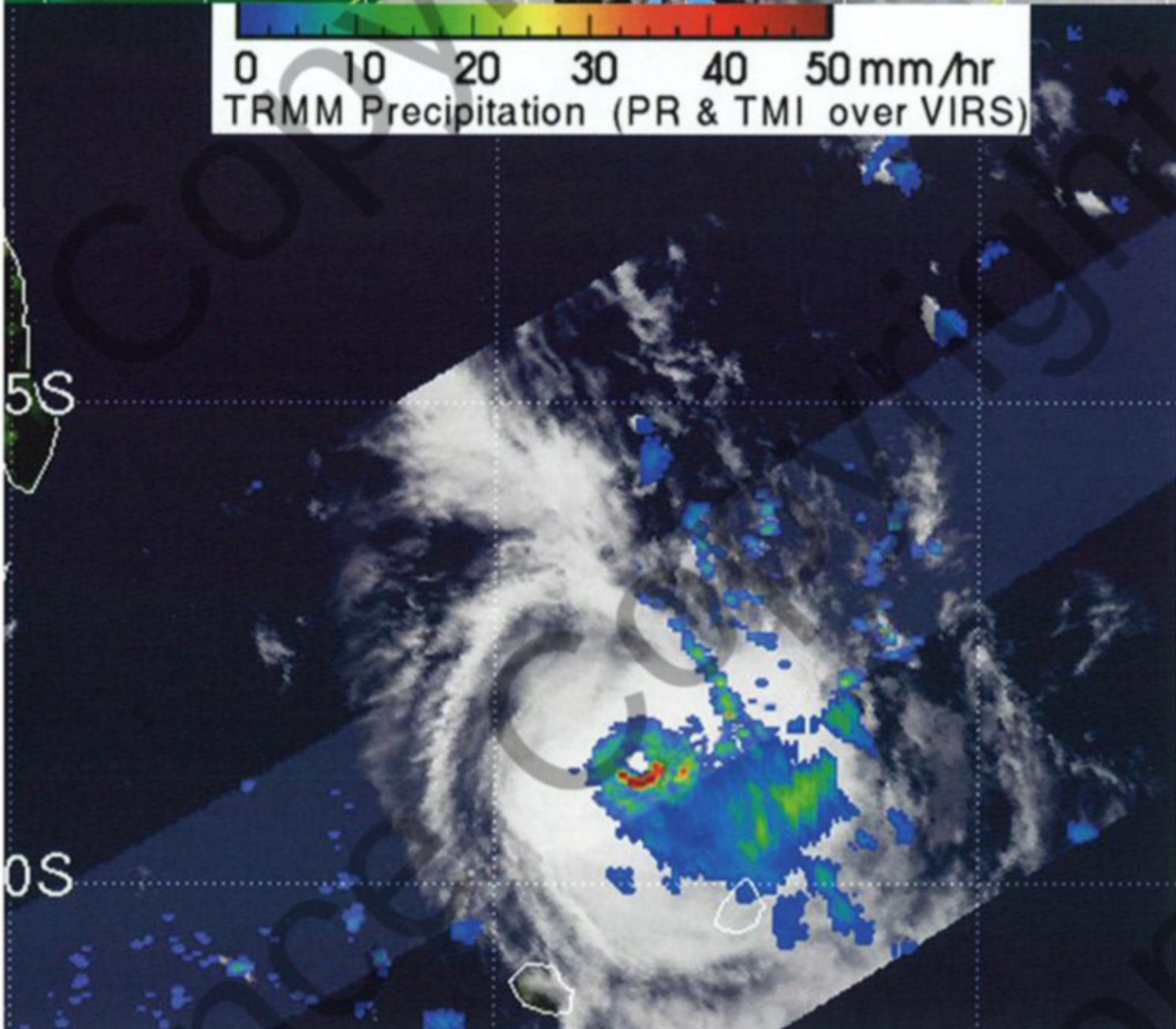
Furthermore, analysing the intensity of this type of midget system is usually problematic, given that the Dvorak analysis technique is not suitable as frequently leading to underestimate the real intensity of the strongest winds. In the present case, intensity analysis hardly allowed to go above 3.0 on the Dvorak scale, even at the culmination of the system, while it was considered during post-reanalysis that gale force winds (state of moderate tropical storm) were probably already present as soon as the morning on 19 February.

Swept away by the northwesterly flow of middle and upper troposphere blowing between a trough that had wedged in between Madagascar and the Mascarenes and an imposing high-geopotential cell positioned northeast of those same Mascarene islands, the system No. 09 kept on tracking southeastward at about 20 km/h. This path was relatively threatening to Mauritius Island, and in a short delay (nearest passage expected for the end of following night). The threat represented by the meteor – of small size yes, but potentially bearing violent winds near its centre – did not seem to have been given full credit there. Anyway, the diagnosis on the situation given by the Meteorological Service of Mauritius was very different from that of the RSMC: in the late afternoon on 19 February, they still considered the intensity of the phenomenon as being weak and rejected the idea of naming it (even though they qualified the system as being a "midget storm" in their national bulletins). A few hours later, in the course of the night of 19 February, after a development phase as

19/02/2006 1407 UTC

TRMM
37 GHzTRMM
85 GHzTRMM
ColorTRMM
37ColorTRMM
Rain

0 10 20 30 40 50 mm/hr
TRMM Precipitation (PR & TMI over VIRS)



La tempête tropicale n° 09, peu avant son maximum d'intensité. Comparée à l'orbite du matin (voir images équivalentes de 0556 UTC page précédente), l'organisation du cœur du météore s'est à l'évidence nettement affirmée, avec un demi anneau d'intense convection encerclant le centre et s'apparentant clairement à un mur de l'œil en état avancé de formation. Une telle signature plaide pour une intensité des vents maximaux associée à ce système nain («midget») supérieure à 50 nœuds.

Tropical storm n° 09 a little while before its maximum of intensity. Compared to the morning orbit (check corresponding images acquired at 0556 UTC – previous page) the inner core structure had clearly and notably improved with a half-crown of intense convection now encircling the centre and forcibly resembling an eyewall in a forward formative stage. Such a microwave and rain pattern signature supports a max intensity greater than 50 knots for this midget storm.

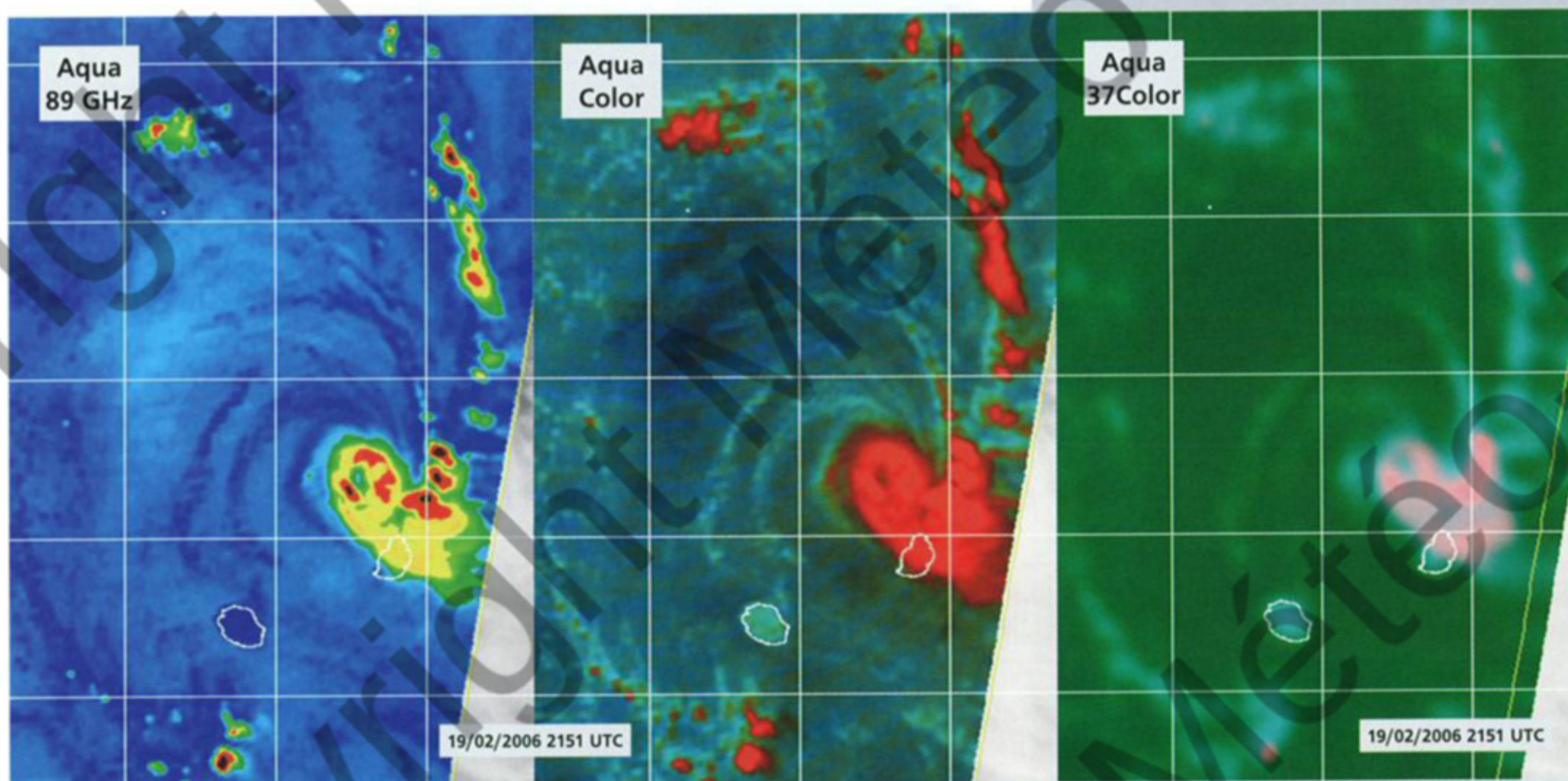
Les prémices de la contrainte cisailée de nord-ouest qui avaient commencé de se faire sentir sur l'imagerie infrarouge de la nuit du 19 au 20, vont s'amplifier au matin du 20 février, conduisant rapidement au cisaillement radical du système 09, dont la taille réduite le rendait particulièrement vulnérable à toute augmentation de ce paramètre cisaillement de vent. Alors situé à un peu plus de 80 km au large de l'île Maurice, le minimum dépressionnaire, désormais exposé, atteint dans la foulée le point le plus oriental de sa trajectoire, dans l'après-midi. Déjà en voie de comblement, il rebrousse alors chemin en direction du nord-ouest. Repris dans le flux directeur d'alizé, il refait en sens inverse quasiment le même chemin que lors de son trajet initial, avant de se dissiper le 23 février au voisinage des côtes nord-est de Madagascar, c'est-à-dire d'où il était parti.

Entre-temps, le Maïdo, bateau basé au Port Réunion sera passé opportunément à proximité du centre de son vortex résiduel, dans la nuit du 20 au 21

février. Les 30 nœuds de vents (de nord-ouest, donc hors gradient avec l'alizé) alors observés au cœur d'un système 09 pourtant très affaibli, confirmèrent bien que l'existence préalable d'une circulation dépressionnaire aussi affirmée que concentrée, n'avait pas été une vue de l'esprit, des vents nettement supérieurs ayant forcément

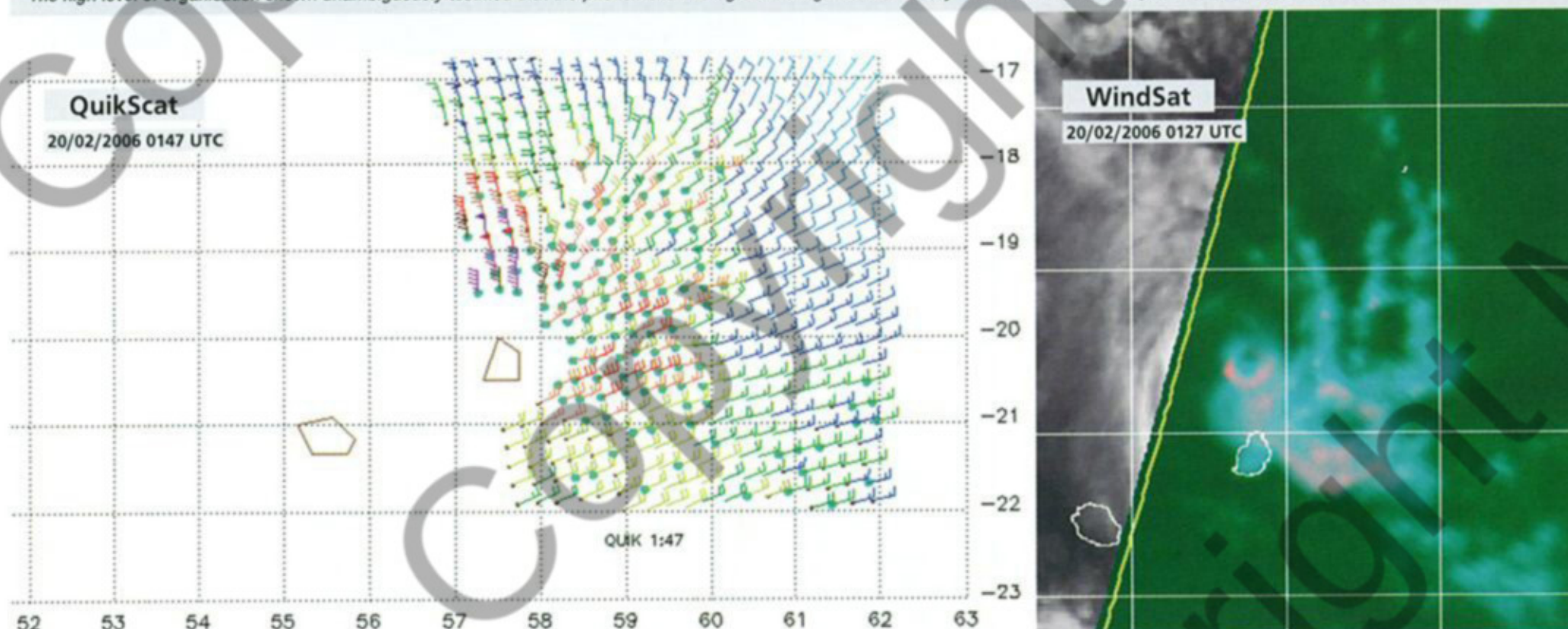
dû être présents auparavant. Le système dépressionnaire n° 09, de type «midget» (i.e. système «nain»), aura connu une existence aussi courte que surprenante. Malgré une intensité maximale incertaine, il ne fait toutefois aucun doute qu'il a atteint et très probablement dépassé le stade de tempête tropicale modérée.

astonishing as short-lived (a little more than 24h), the tropical depression system No. 09 displayed its greatest depiction on the microwave imagery. On the radar imagery though, the impression was less obvious as the eye looked less impressive than before and especially less stable, going through phases of partial destructuring and subsequent restructuring. But given the microwave



Le système dépressionnaire n°09 à son apogée. La meilleure définition micro-onde du météore a probablement été fournie par l'imagerie de la fauchée du satellite Aqua acquise en deuxième partie de nuit du 19 au 20 février. Le degré d'organisation affiché, atteste sans ambiguïté que le phénomène a atteint une intensité tout à fait significative. Le cœur central du système fait à peine 100 km de diamètre.

System n°09 at intensity peak. The best microwave depiction of the meteor was probably provided by the imagery from the Aqua satellite swath acquired in the early hours of 20 February. The high level of organisation shown unambiguously testified that the phenomenon had gathered significant intensity. The inner core of the system was a mere 100 km in diameter.



Les données QuikScat n'ont pas permis de valider formellement l'intensité du système n° 09. L'orbite descendante du 19 en fin de journée n'a en effet pas intercepté le système, tandis que la fauchée ascendante du début de journée du 20 (ci-contre) n'est que partielle. Si des doutes sont donc présents sur la validité des vents en surface de 50 nœuds affichés (plus du fait qu'ils se situent en bordure de fauchée qu'à cause de la contamination par les précipitations), c'est un élément de plus plaçant toutefois pour la présence de vents forts associés à ce «midget». Noter la petitesse du cœur central du météore (sa taille étant de l'ordre de grandeur de celle de l'île Maurice sur l'image micro-onde).

The QuikScat data could not allow a formal validation of system n°09's intensity. The descending orbit of late afternoon on 19 February did not intercept the storm while the swath on early morning of 20 February (above) was only partial. If there is therefore some doubts about the validity of the 50 knots surface winds asserted by the retrieval (their location on the edge of the swath being more problematic than the potential rain contamination), it was an additional element calling for the presence of strong winds associated to this midget storm. Notice the smallness of the central core of the meteor (its size being roughly of the same order than Mauritius Island's one on the microwave image).

signature, namely on the 36 and 37 GHz channels which are representative enough of the structure in the low-levels, the peak of intensity was still considered to have been attained at that time. Classified in real time as a moderate tropical storm by the RSMC, the system No. 09 was upgraded into a severe tropical storm after post-analysis, with 10-min average winds of 50 knots, but this might still be an underestimation of reality (intensities derived from the AMSU-A data supported superior wind force) for a relatively high central pressure of 992 hPa.

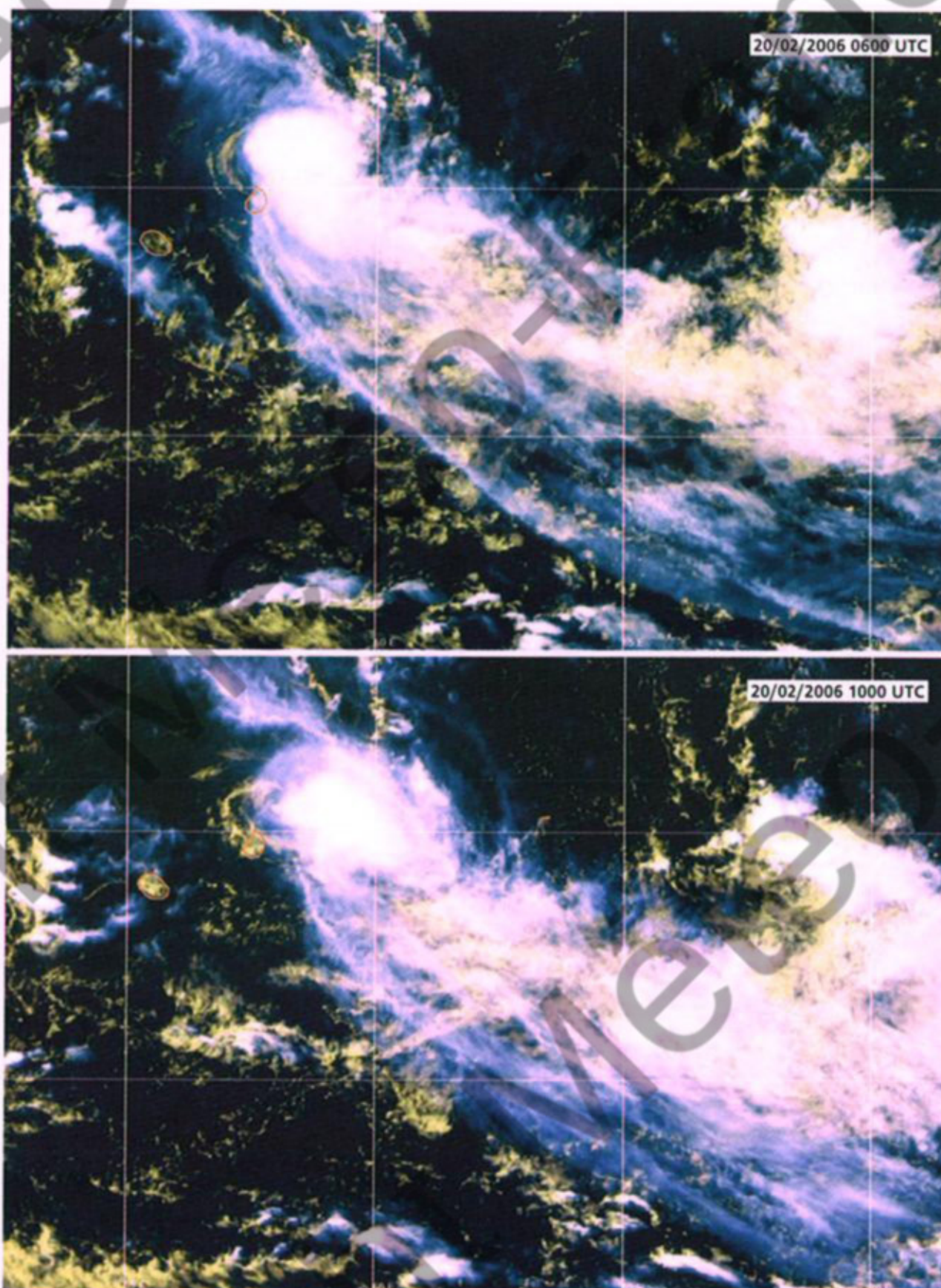
The incipient northwesterly sheared constraint which had started to be guessed on the infrared imagery in the night of 19 February amplified by morning of 20 February, resulting rapidly in a radical shearing of system 09, whose reduced size made it particularly vulnerable to any increase of the wind shear. Situated at the time some 80 km off Mauritius, the low centre which was now exposed, soon reached the easternmost point of its trajectory by the afternoon. Already in a filling phase, it then turned back and headed for the northwest. Picked up by the steering trade wind flow, it travelled back on nearly the same track as initially before dissipating on 23 February near the northeastern coast of Madagascar, i.e. nearby from where it originated.

In the meantime, the *Maïdo*, a voluntary observing ship based in the harbour city of Le Port at La Reunion, had seasonably passed in close vicinity of the centre of the residual vortex in the night of 20 February. The 30 knots winds (from the northwest and so opposite side of the gradient area with the trade winds) observed in the core of the now quite weakened system 09, confirmed that the prior existence of a tightly wound clockwise circulation, within which much stronger winds must have necessarily been present, had not been a mere idle fancy.

The midget-type system No. 09 had a short and surprising life cycle. While the actual value of its peak intensity remains uncertain, it is undoubted that it reached and probably went beyond the state of moderate tropical storm.

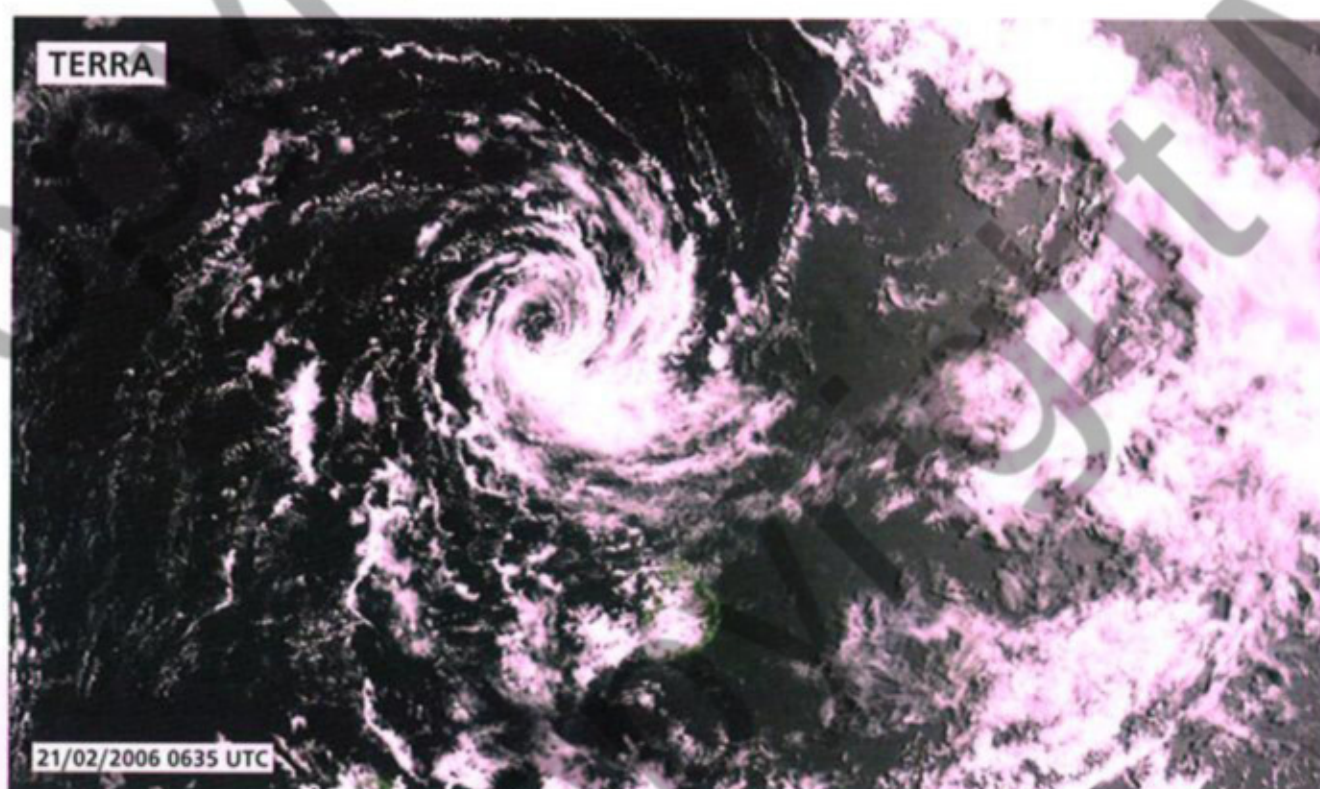
Vortex résiduel de nuages bas de l'ex-tempête tropicale n°09 en fin de vie au nord de l'île Maurice.
Residual vortex of low clouds of former tropical storm n°09 now at the end of its life-cycle north of Mauritius Island.

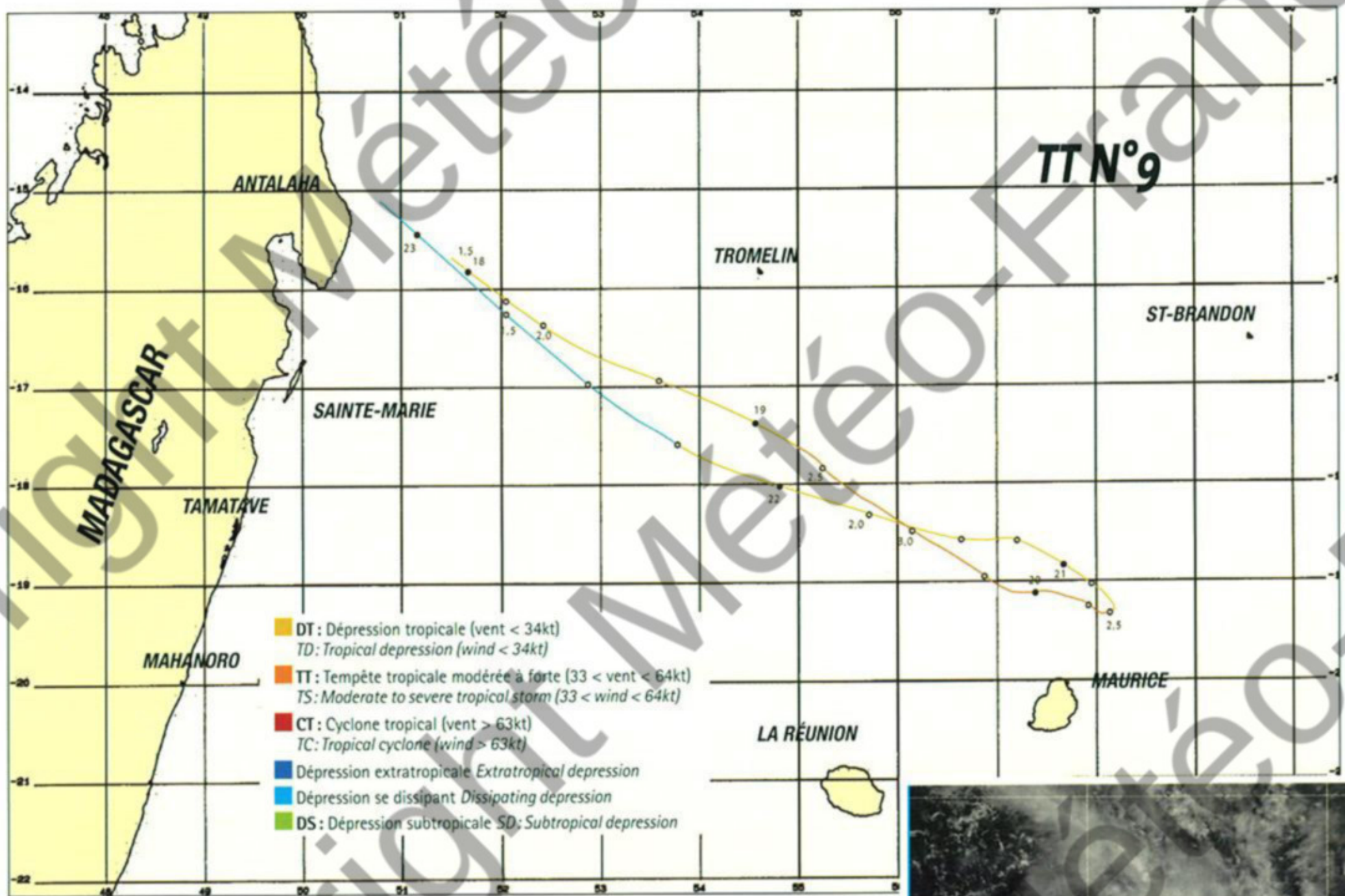
Météosat 5



Affaiblissement rapide de la tempête tropicale n°09. Très vulnérable au cisaillement de vent du fait de sa petite taille, le météore voit en l'espace de quelques heures sa convection «soufflée» par la ventilation de nord-ouest en altitude (bien matérialisée par le panache de cirrus sous le vent du système nuageux central).

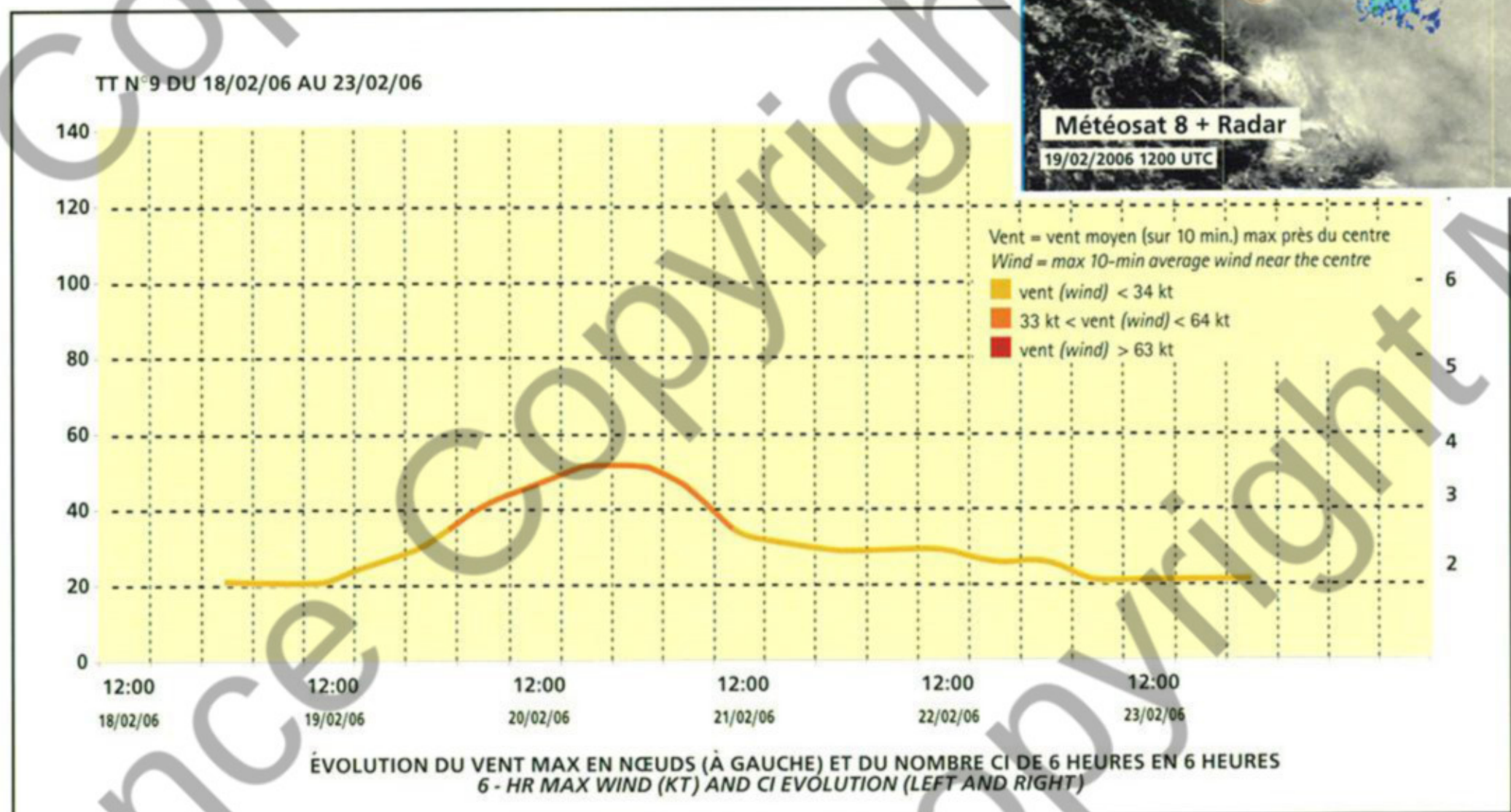
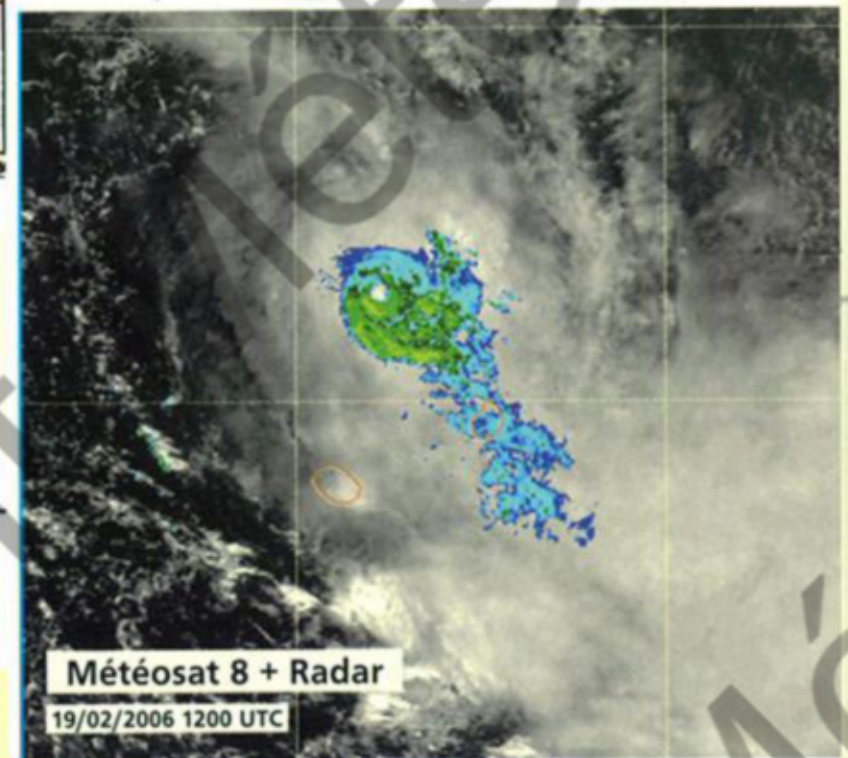
Fast weakening of tropical storm n°09. Rendered very vulnerable to windshear due to its small size, the meteor underwent in a few hours time a complete blown off of its convection (by the northwesterly upper ventilation responsible for the cirrus fanning far away downwind of the main cloud system).





Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

Sur cette image radar (PPI 400 km) de 1204 UTC superposée à l'image visible haute résolution du satellite Météosat 8 (Météosat seconde génération) de 12 UTC, on visualise bien la structure du système et notamment sa partie active.
 On this 1204 UTC radar image (PPI 400 km) superimposed with the 12 UTC HRV (High Resolution Visible) image of Meteosat 8 (Meteosat second generation), the structure of the midjet storm was well depicted, namely its active inner core.



Carina

Cyclone Tropical intense du 22 février au 11 mars 2006

Intense Tropical Storm "Carina" (22 February to 11 march 2006)

FORMATION

Au sein d'une saison chaude marquée par un contexte de grande échelle globalement défavorable à l'activité convective, et donc perturbée, sur le Sud-Ouest de l'océan Indien (voir explications plus détaillées pages 03 à 05), le seul créneau réellement favorable à la cyclogenèse n'a duré que quelques semaines entre la mi-février et le début mars, période durant laquelle l'anomalie persistante de vents d'ouest équatoriaux sur la partie est de l'océan Indien a cessé temporairement. Trois systèmes dépressionnaires, sur les six phénomènes matures de la saison, vont mettre à profit ces conditions plus propices pour se développer durant cette intervalle, concentrant ainsi la moitié de l'activité perturbée globale de la saison.

Les analyses d'OLR (Outgoing Longwave Radiation – flux sortant de grande longueur d'onde, une signature satellitaire représentative de la convection profonde) confirment d'ailleurs que cette période aura bien constitué une exception dans cette saison, étant pour ainsi dire la seule qui n'ait pas été associée à un déficit d'activité convective sur le bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien. L'analyse spectrale de ces données d'OLR a en outre permis de dissocier deux modes distincts à l'origine de cette pulsation d'activité intra-saisonnière : l'un correspondant au déclenchement d'une phase humide de la MJO sur le centre de l'océan Indien (sa propagation vers l'est s'accompagnant ensuite de la genèse de la tempête tropi-

cale EMMA au nord-ouest de l'Australie, fin février), l'autre correspondant à l'initiation, au même endroit et de manière quasi concomitante, d'une onde équatoriale de Rossby (voir page 05), cette dernière, suite à sa propagation vers l'ouest, pouvant être reliée à la poussée de convection précédant la cyclogenèse du futur DIWA, début mars. Mais préalablement à ces deux systèmes, deux autres perturbations s'étaient formées auparavant : outre celle de la tempête tropicale n° 09, une autre cyclogenèse, majeure celle-là, était en effet intervenue, sa date et sa localisation correspondant justement au point d'origine de ces deux ondes, une coïncidence certainement pas fortuite...

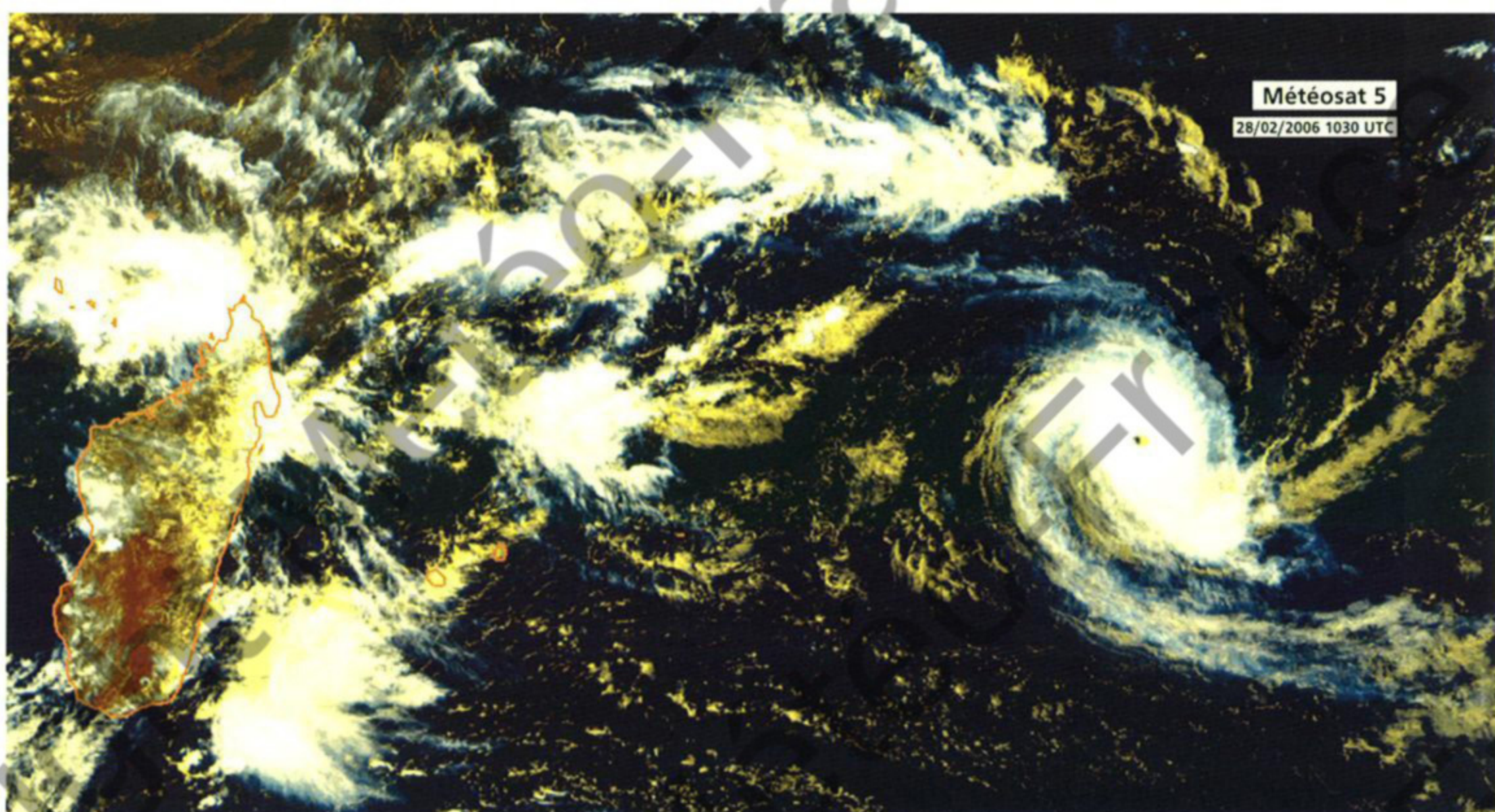
Donc, tandis que l'éphémère tempête tropicale n° 9 est en voie de comblement au nord des Mascareignes, une nouvelle perturbation s'apprête à voir le jour sur l'est du bassin. Le flux de mousson, qui était aux abonnés absents sur toute la partie centrale et orientale de celui-ci, fait un retour remarqué à compter du 20 et surtout du 21 février, qui voit la poussée de flux trans-équatorial se faire plus vigoureuse à l'est de l'archipel des Chagos. La ré-activation de la Zone de Convergence Intertropicale qui en découle, se traduit immédiatement sur l'imagerie satellitaire par un renforcement notable de l'activité nuageuse et convective dans ce secteur, autour d'une ébauche de circulation dépressionnaire élongée, enchâssée au sein de cette ZCIT. Le lendemain, le caractère suspect de cette zone perturbée ne

fait plus de doute, la configuration nuageuse affichant désormais l'allure caractéristique d'un système en phase de pré-genèse.

Le potentiel de développement apparaît important. Positionné assez classiquement sur la façade nord-ouest de la dorsale d'altitude climatologique, mais au sein d'un flux d'est extrêmement diffluent, le système bénéficie de très bonnes conditions divergentes en altitude, avec deux canaux d'évacuation du flux sortant d'altitude déjà bien constitués. Et si le cisaillement de vent est encore modéré, il suffirait d'un simple petit décalage vers le sud pour que la perturbation embryonnaire se rapproche de l'axe de la dorsale d'altitude et voit ce paramètre cisaillement virer également au vert.

Or c'est justement le déplacement qui semble avoir adopté le système, dont le centre de la circulation dépressionnaire a ainsi franchi le 10° parallèle Sud à l'aube du 23 février. C'est en tout cas ce que confirme l'orbite ascendante QuikScat acquise peu après et qui montre par ailleurs que ce centre est désormais bien identifié. Le décalage en direction du sud-sud-ouest demeure cependant très lent ce 23 février, d'où une évolution conforme en termes d'intensité, avec une contrainte cisailée toujours présente dont la perturbation peine à s'affranchir, comme le confirme l'imagerie micro-onde de la fin de nuit suivante, où le centre apparaît encore nettement exposé à l'est de la convection. Dans ce contexte, le baptême de CARINA par le Service météorologique de Maurice, en milieu de nuit, apparaît un peu prématuré.

Le météore vient toutefois d'accélérer quelque peu (avec une vitesse de déplacement qui demeure cependant inférieure à 10 km/h), sur un cap plus sud-ouest. Le gain en latitude qui en résulte est suffisant pour faire passer le cisaillement vertical de vent sous le seuil des 10 nœuds dans les heures qui suivent (d'après les données du CIMSS), ce qui se concrétise aussitôt visuellement sur l'imagerie micro-onde par un rapprochement entre la convection et le centre de la circulation de basses couches. Cette mise en phase permet le creusement supplémentaire nécessaire pour atteindre formellement le stade de tempête tropicale modérée, en matinée du 24 février.



CARINA peu avant son maximum d'intensité. À son apogée, le météore présente l'allure caractéristique d'un cyclone de forte intensité. Noter en particulier l'aspect bien lisse de l'amas nuageux central dense (CDO) entourant l'œil et la présence du panache de cirrus dans les secteurs ouest à sud du système nuageux, matérialisant clairement le puissant canal d'évacuation du flux sortant d'altitude existant du côté polaire. Sur l'ouest du bassin l'activité convective est assez forte et débouchera peu après sur la genèse du futur DIWA.

CARINA a little while before reaching intensity peak. At its best depiction the meteor displayed the typical features of a tropical cyclone of strong intensity. Notice in particular the smooth aspect of the CDO (Central Dense Overcast) surrounding the eye and the presence of the cirrus blow-off in the western to southern sectors of the cloud system which visualized the powerful poleward out-flow channel that was existing. On the west side of the basin convective activity was rather strong and would soon be conducive to the genesis of to-become DIWA.

ÉVOLUTION

À ce stade, le couplage vertical n'est pas encore complètement stabilisé, puisque dans la journée un léger déphasage entre la convection et le centre de basses couches est de nouveau avéré. Mais cela n'est que transitoire et une fois ce couplage fermement assuré, tout est désormais en place pour un développement de la perturbation. Et de fait, CARINA va continuer de se creuser régulièrement au cours des jours suivants, avec un développement très proche de la normale (correspondant à un taux d'intensification d'un point par jour sur l'échelle d'intensité de Dvorak).

La configuration nuageuse va fluctuer au fil de l'évolution. À la mi-journée du 25, un embryon d'œil apparaît temporairement au sein de l'amas nuageux central dense (CDO) sur l'imagerie visible. Puis, ce qui est désormais une forte tempête tropicale, évolue le 26 vers une configuration en bande incurvée, dont le degré d'enroulement de plus en plus affirmé vaut à CARINA d'être classé au stade minimal de cyclone tropical peu avant la mi-journée de ce même 26 février.

Le météore a repris un cap presque sud et, après avoir progressé à vitesse extrêmement réduite au cours des 24h précédentes – à peine 80 km parcourus –, retrouve au même moment un peu de

FORMATION

Within a warm season marked by a large-scale context globally unfavourable to the convective and therefore disturbed activity over the South-West Indian Ocean (see detailed explanations on pages 03 to 05), the single really favourable time slot for cyclogenesis lasted only a few weeks from mid-February to beginning of March, in which period the persistent equatorial westerly winds anomaly over the eastern part of the Indian Ocean ceased temporarily. Three out of the six mature storms of the season took advantage of the conditions being temporarily more conducive to cyclogenesis to develop thus concentrating together half of the whole disturbed activity of the entire cyclone season. OLR analyses (Outgoing Longwave Radiation, a satellite signature representative of deep convection) indeed confirmed that period as being an exceptional one within the season since it was almost the only one which was not associated with below normal convective activity on the Southwest Indian Ocean. Additionally, spectral analyses of the OLR's data enabled to dissociate two distinct modes originating this intra-seasonal activity impulse : one corresponded to an active phase of the MJO cranking up over the central Indian Ocean (its spreading eastward came together with the genesis end of February of tropical storm EMMA northwest of Australia), while the other corresponded to the onset, on the same spot and nearly simultaneously, of an Equatorial Rossby

wave (see page 05); the latter, following its spreading westward, can be related to the outburst of convection that preceded to be-cyclogenesis of DIWA beginning of March. But prior to those two systems, another two disturbances had formed: beside that of the tropical storm 09, another – major this one – cyclogenesis had indeed occurred, whose date and place of occurrence corresponded precisely to the point where the two waves originated, which is certainly not a fortuitous coincidence...

So, while the filling phase of the ephemeral tropical storm 09 was underway north to the Mascarenes, a new disturbance was about to emerge on the eastern part of the basin. The monsoon flow which had been non-existent over the whole central and eastern portion of the basin, made a notable come-back from 20 February and especially on 21 February when the surge of cross-equatorial flow became more vigorous east of the Chagos Archipelago. The accruing reactivation of the Intertropical Convergence Zone materialised immediately on the satellite imagery as resulting into a significant escalation in cloudiness and convective activity in that sector, around an elongated raw clockwise circulation wedged within this ITCZ. The next day, the disturbed area had become obviously suspect with a cloud configuration displaying the typical pattern of a system in pre-genesis stage.

The potential for intensification looked high. Positioned classically-like on the northwest front

of the climatological upper ridge, but within an extremely diffluent easterly flow, the system benefited from very good upper divergence conditions with an already well-shaped dual outflow channels configuration. Whereas the windshear was still moderate, only a slight southward shift would suffice for the embryonic disturbance to draw nigh the upper ridge axis and subdue the windshear.

And this was exactly the motion the system seemed to have adopted, the centre of the low circulation having thus crossed latitude 10°South by dawn on 23 February. This was confirmed by the QuikScat ascending orbit shortly afterwards, which also showed that the centre was now well identified. The south-southwesterly drift remained very slow though on 23 February. Hence the intensity evolved accordingly, since the disturbance still had to strive against the still-existing sheared constraint to get free, as corroborated by the microwave imagery acquired in the last part of the following night, on which the centre appeared clearly well-exposed east of the convection. Given that context, the naming of CARINA in the middle of the night by the Meteorological Services of Mauritius seemed somewhat premature.

The meteor had gathered pace a bit though (but with a speed of movement remaining below 10 km/h) while bearing on a more southwestward heading. The resulting latitude gain was sufficient to make the vertical windshear relax below the 10-knot threshold within the following hours (according to CIMSS's data), which immediately materialised on the microwave imagery by the convection getting close to the low-level circulation centre. This phasing enabled the system to deepen further and assuredly reach the state of moderate tropical storm by morning of 24 February.

EVOLUTION

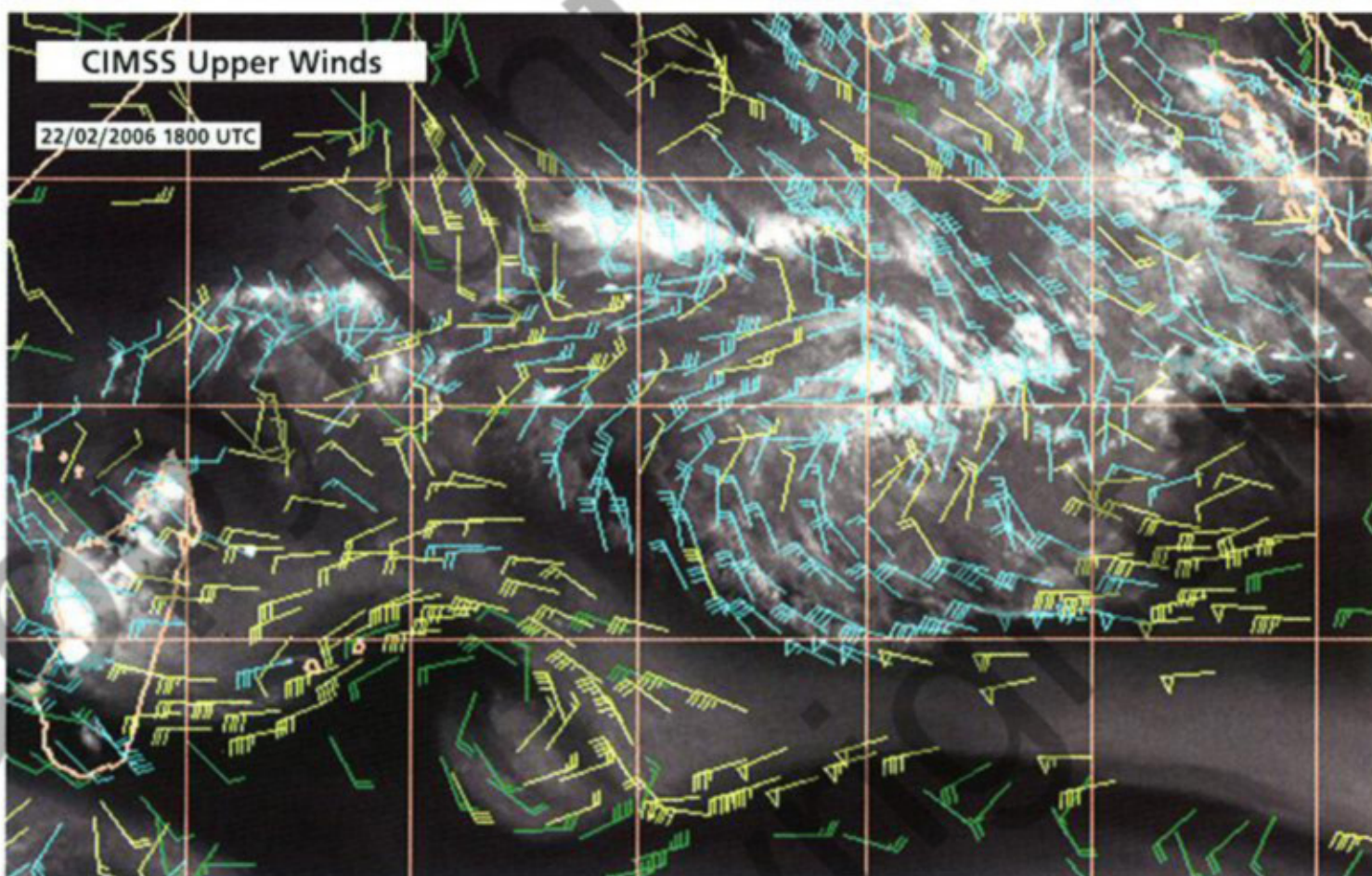
By that stage the vertical coupling had not totally stabilised as during the day the convection and the low-level centre shifted slightly out of vertical alignment again. But this was transitory and once the coupling firmly locked everything was ready for the disturbance to develop. Effectively, CARINA continued to deepen steadily throughout the next few days, with a very close-to-normal development (corresponding to an intensification rate of one point per day on the Dvorak intensity scale). The cloud pattern fluctuated throughout the evolution. By mid-day on 25 February, an

embryonic eye appeared temporarily within the central dense overcast (CDO) on the visible imagery. Then, what had converted into a severe tropical storm evolved on 26 February toward a curved band pattern whose increasing degree of curvature earned CARINA to be upgraded at the minimal tropical cyclone stage by late morning on 26th.

The meteor had resumed a slightly west than due south motion and after jogging along at a very slow pace during the previous 24h – covering hardly 80 km – recovered at the same time some speed of movement. Attracted more definitely towards a weakness generated within the subtropical high belt by the presence of a middle troposphere trough, CARINA continued its gradual meridional southward dip. By doing so, the meteor was – slowly but surely – drawing nigh nearly optimal environmental conditions: excellent upper divergence with maintenance of the dual upper outflow channels, the poleward one being more efficient than the equatorward one; in the meantime the vertical windshear tended to gradually relax towards none, which was virtually achieved by the 27th when the cyclone's centre cut through the upper ridge axis near latitude 15°South. The banding eye which had developed at the end of the previous night had already closed up for several hours and CARINA had become a mature tropical cyclone which turned into an intense tropical cyclone by the evening once the convection had

vitesse de déplacement. Attiré un peu plus franchement par la faiblesse générée au sein de la ceinture des hautes pressions subtropicales par la présence d'un talweg de moyenne troposphère, CARINA poursuit son enfoncement méridien progressif vers le sud. Ce faisant, le météore se rapproche, lentement mais sûrement, de conditions environnementales presque optimales. La divergence d'altitude est excellente, avec le maintien des deux canaux d'évacuation du flux sortant d'altitude, un du côté équatorial, un du côté polaire, ce dernier étant le plus efficace ; tandis que le cisaillement vertical de vent tend graduellement vers zéro, ce qui est peu ou prou chose faite en journée du 27, quand le centre du cyclone coupe l'axe de la dorsale d'altitude, au niveau du 15° parallèle Sud. L'œil en bande développé en fin de nuit précédente, s'est déjà refermé sur lui-même depuis plusieurs heures et CARINA est désormais un cyclone tropical mature, qui se transforme même en cyclone tropical intense en soirée, une fois la convection consolidée sur toute la périphérie de l'œil.

Mais à ce moment-là il reste encore 24h d'intensification au météore, ce qui lui laisse beaucoup de temps pour continuer de se creuser. Ce délai substantiel, il le doit au fait que sa trajectoire oblique peu

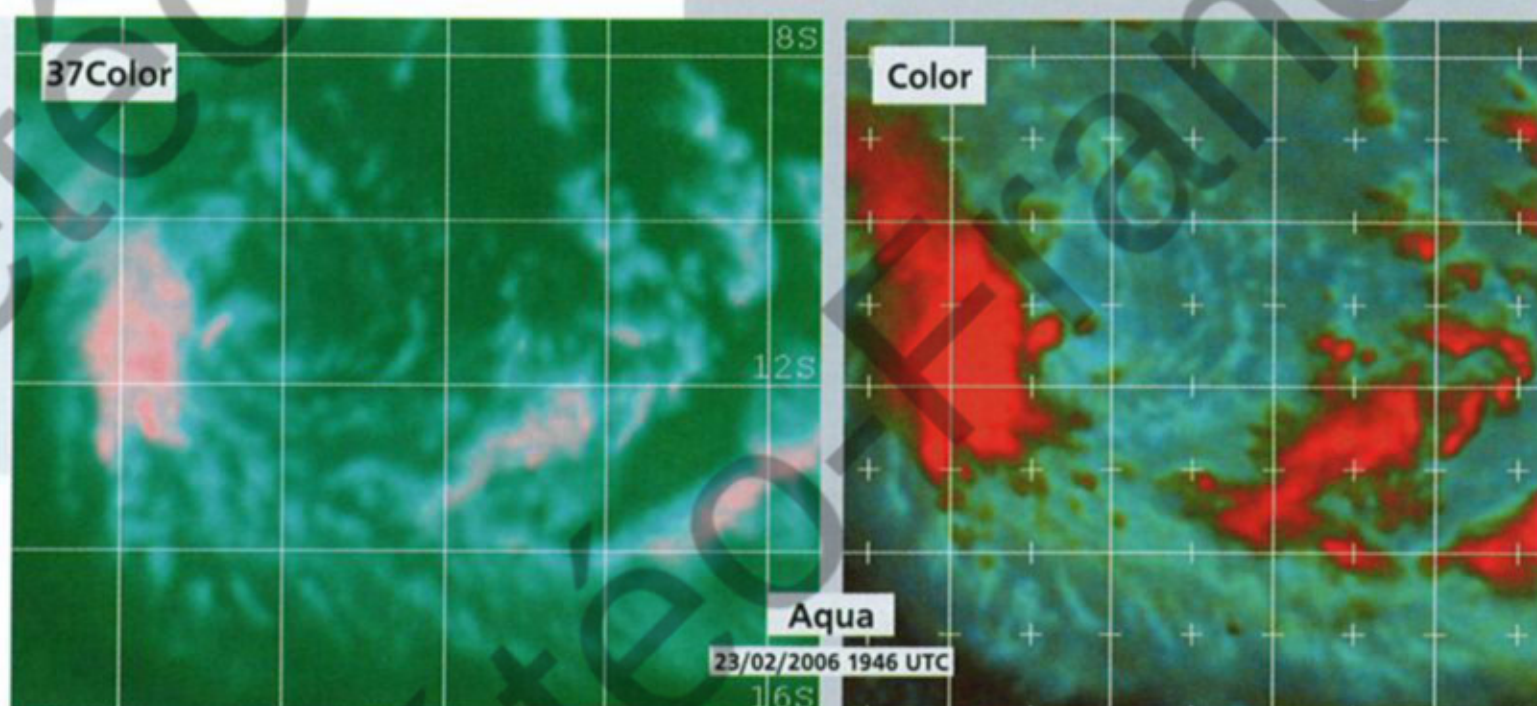


Pré-genèse de CARINA. Positionnée – assez classiquement en début de vie – sur la façade nord-ouest de la dorsale d'altitude, mais au sein d'un flux d'est extrêmement diffluent, la perturbation initiale bénéficie de très bonnes conditions divergentes en altitude, comme en témoignent les vents satellite affichés sur cette image vapeur d'eau.

Pre-genesis of CARINA. A rather classical situation in the early life-cycle of pre-storms, the system was positioned on the northwest front of the climatological upper ridge. Evolving within an extremely diffluent easterly flow it benefited from very good upper divergence conditions, as witnessed by the cloud drift winds shown on this water vapour image.

Genèse de CARINA. Encore au stade de dépression tropicale (bien que venant d'être baptisé par le Service météorologique de Maurice de manière quelque peu anticipée), le météore demeure soumis à une contrainte cisailée d'est significative, comme le montre clairement l'imagerie micro-onde, avec un centre nettement exposé à l'est de la convection.

CARINA's genesis. Still at tropical depression stage (although having been named prematurely by the Mauritius Meteorological Service) the meteor remained subdued to a significant easterly shear constraint as clearly witnessed by the microwave imagery which portrayed a well-exposed low-level circulation centre to the east of the convection.



après en direction du sud-ouest (le talweg précité s'éloigne en effet au sud-est et laisse place à une dorsale, responsable de ce redressement de la trajectoire). Comme la vitesse de déplacement demeure inférieure à 10 km/h, CARINA ne s'écarte ainsi que très lentement de l'axe de la dorsale d'altitude et peut ainsi bénéficier d'une prolongation des conditions de faible cisaillement de vent.

Ne dérogeant pas à la norme climatologique qu'il suit très fidèlement depuis le début de sa phase d'intensification, le cyclone va gagner un point supplémentaire sur l'échelle d'intensité de Dvorak au cours de ces 24h, culminant ainsi à l'intensité de 6.5 en fin de journée du 28 février (avec une température de l'œil supérieure à +15°C à son apogée). À ce stade ultime de son développement, CARINA est devenu un cyclone de forte intensité : autour de l'œil relativement large (près de 70 km de diamètre), les vents maximaux sont estimés de l'ordre de 200 km/h en vents moyens sur 10 min (110 nœuds), avec des rafales maximales excédant les 280 km/h.

Autant la phase d'intensification de CARINA s'était opérée de manière progressive et à un rythme standard, autant sa phase d'affaiblissement va être brutale et quelque peu hors normes. Alors que la structure nuageuse du cyclone apparaissait encore solide en cours de nuit du 28 février au 1^{er} mars, malgré un refroidissement et une perte progressive de définition de l'œil sur l'imagerie infrarouge, elle va voler en éclats de manière surprenante en début de journée du 1^{er} mars, avec une convection qui s'effondre littéralement en l'espace de quelques heures. Les raisons de cette « implosion » spectaculaire du météore sont un peu nébuleuses. Au vu de l'imagerie satellitaire, difficile d'invoquer une ventilation

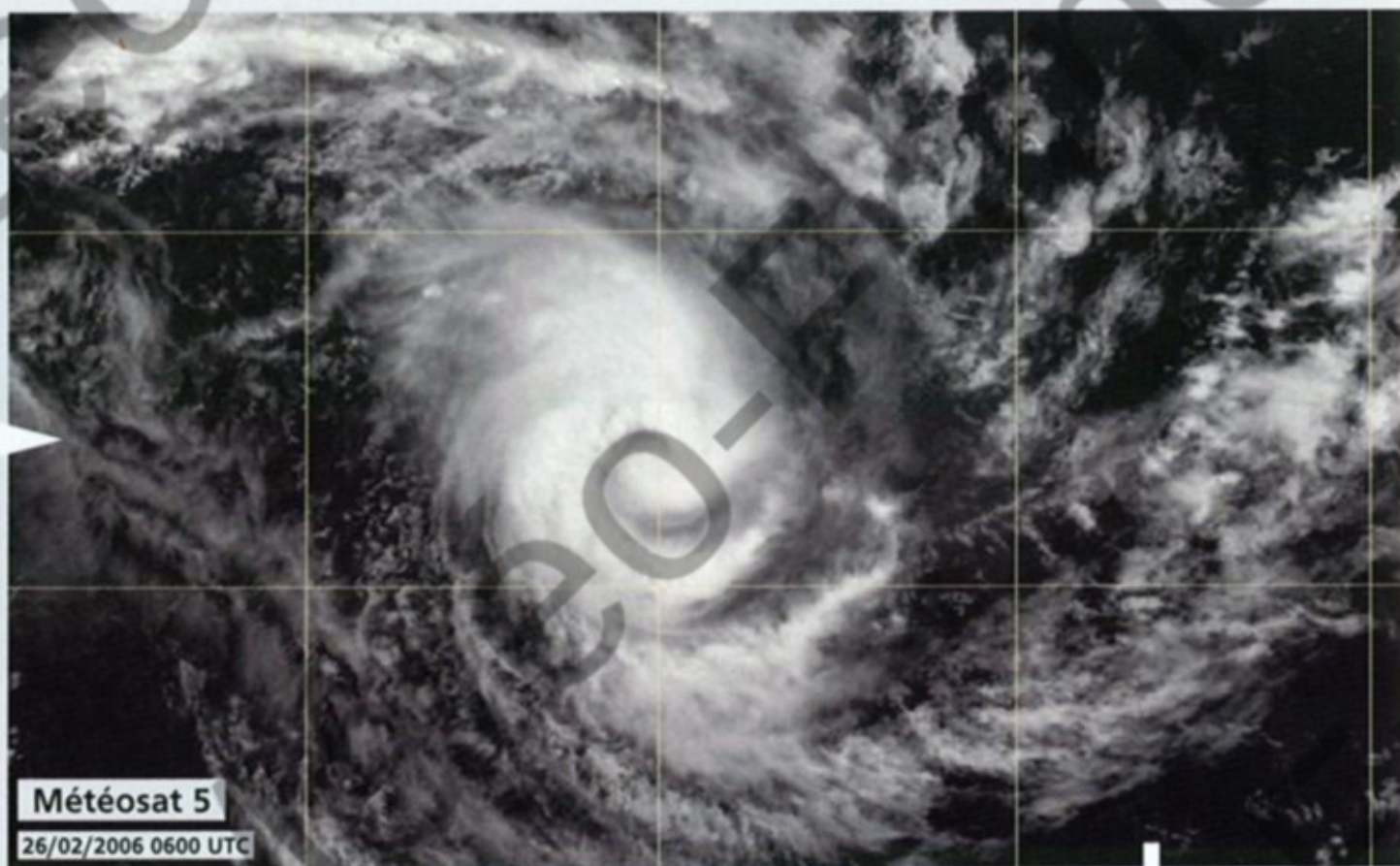
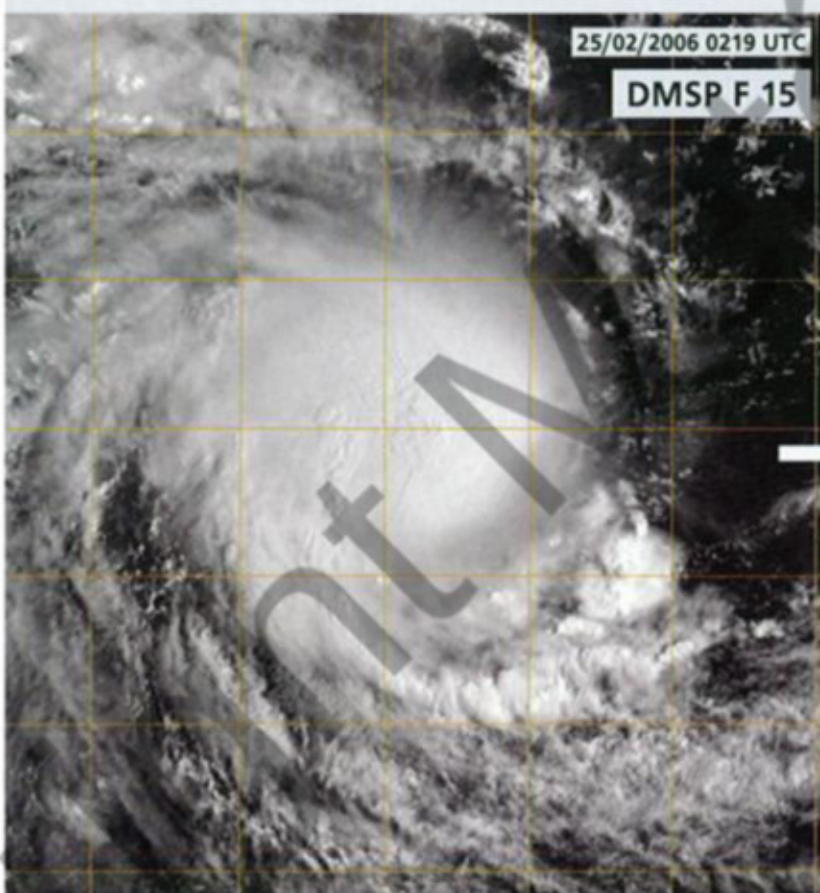
brutale venue « souffler » la convection, les données de vents satellites analysées par le CIMSS confirmant d'ailleurs l'impression visuelle, avec des valeurs estimées de cisaillement vertical de vent demeurant marginales. À moins qu'une telle ventilation subite et destructrice ne se soit produite dans les couches moyennes, il paraît plus plausible d'incriminer prioritairement la divergence d'altitude, les symptômes du mal foudroyant ayant ravagé le système nuageux semblant correspondre plutôt à une cassure drastique intervenue au niveau du flux sortant d'altitude, mais d'autres causes ont probablement pu jouer un rôle (contenu énergétique océanique réduit en particulier, la zone d'affaiblissement correspondant à une poche de faible épaisseur d'eaux chaudes décelée préalablement – une trentaine de mètres seulement pour l'isotherme 26°C).

Toujours est-il que le coup est sévère pour CARINA, dont la masse nuageuse se désintègre de manière tellement rapide ce 1^{er} mars, que l'analyse d'intensité oblige à déroger aux contraintes de Dvorak. Et encore cela paraît même insuffisant au vu des données de vents diffusiométriques dérivées de l'orbite QuikScat de la fin de journée... Une reprise importante de la convection intervient en fin de nuit suivante, avec une tentative presque couronnée de succès de reconstitution d'une bande nuageuse active autour du centre dépressionnaire. Mais il ne s'agit-là que d'un feu de paille éphémère, qui a tout au plus pour effet de freiner, voire temporairement stopper, l'affaiblissement de CARINA, qui subit désormais une

consolidated all around the eye.

However by that time the meteor had yet another 24h left to intensify, which gave it plenty of time to deepen further. The system owed this substantial delay to its track swerving southwestward shortly after (the abovementioned trough was indeed withdrawing to the southeast and left room for a ridge responsible for the westward shift of heading of the meteor's path). As a result of the motion's speed remaining below 10 km/h, CARINA edged away from the upper ridge axis very slowly and thus benefited from extended weak windshear conditions. Remaining faithful to the climatological rate of intensification it had observed since the beginning, the cyclone gained an additional point on the Dvorak scale of intensity in the course of those 24h, thus culminating at 6.5 intensity in the late afternoon of 28 February (with eye temperature culminating above +15°C). At this ultimate stage of development, CARINA had become a tropical cyclone of strong intensity: around the quite wide eye (nearly 70 km in diameter), maximum 10-min average winds were estimated to be around 200 km/h (110 knots) with maximum gusts exceeding 280 km/h.

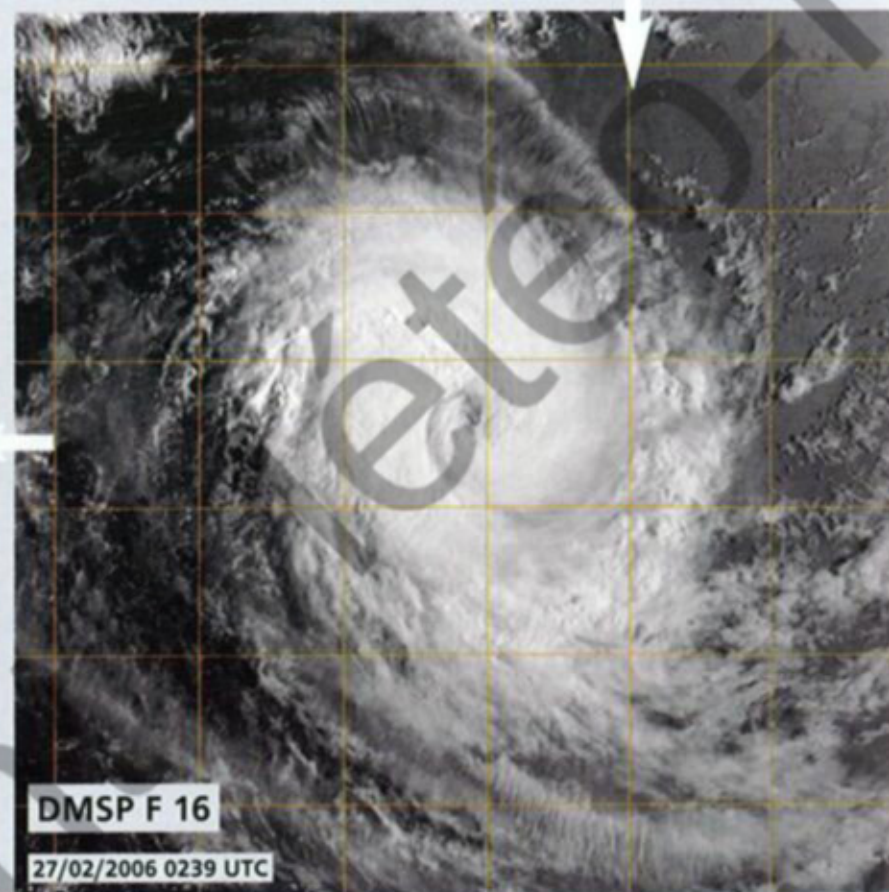
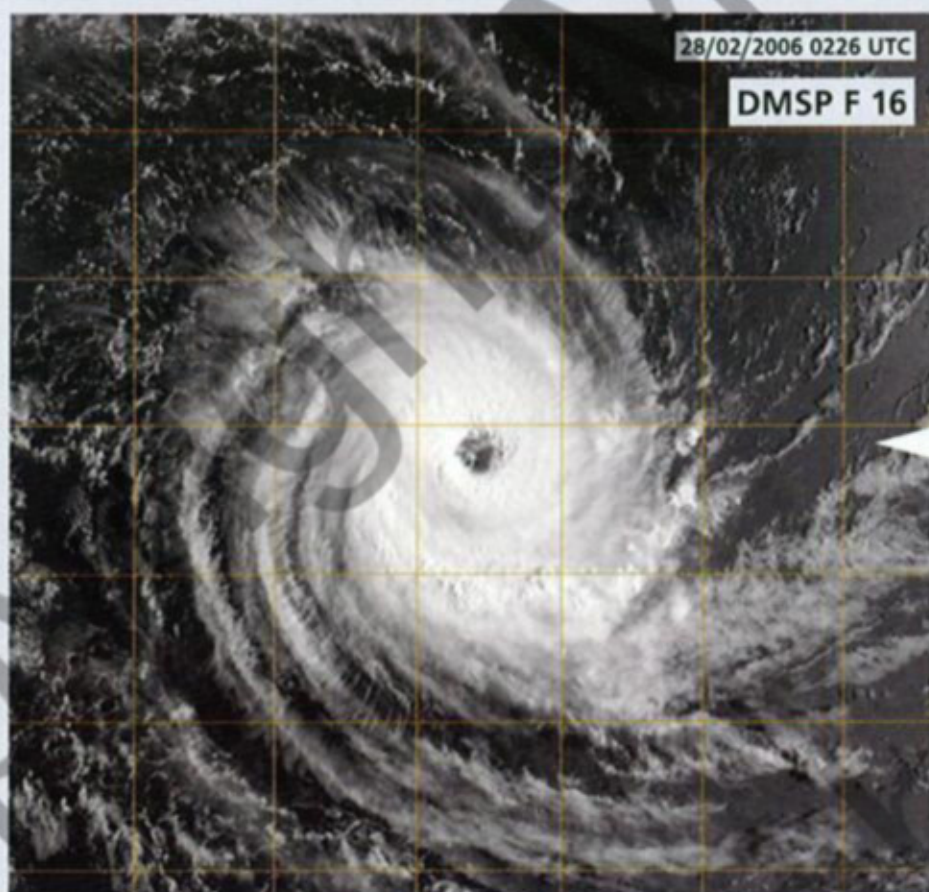
While CARINA'S intensification phase had taken place gradually and conformably to a standard rate, its weakening phase was on the other hand abrupt and somewhat out of norms. Although the cyclone's cloud structure still looked hefty in the night of 28 February, despite a cooling down and progressive loss in eye definition on the infrared imagery, it shattered into pieces in a surprising way early in the day on 1st March, with the convection collapsing drastically within a few hours. The reasons for this spectacular "implosion" of the meteor are not clear. When looking at the satellite imagery, it is hard to ascribe the massive blown out of the convection to the impact of an



Phase d'intensification de CARINA, du stade de tempête tropicale modérée au stade de cyclone tropical intense. Présentant successivement quasiment toutes les configurations nuageuses types (CDO, bande incurvée, œil en bande, œil), et se développant régulièrement avec un taux d'intensification très proche de la normale, CARINA se rapproche du modèle d'évolution du cyclone type tel que défini par V. Dvorak (et correspondant à un gain d'un point par jour sur son échelle d'intensité).

Development phase of CARINA, from moderate tropical storm stage to intense tropical cyclone stage. Displaying successively almost all the typical cloud patterns a tropical system can present (CDO, curved band, banding eye, eye) and developing steadily upon an intensification rate very close to the norm, CARINA's evolution nearly matched the conceptual model of tropical cyclone development as defined by V. Dvorak (a

corresponding to a rate of increase of one point per day on its intensity scale).



abrupt ventilation, and besides, the data of satellite winds analysed by the CIMSS confirmed the visual impression with estimated values of vertical windshear remaining marginal. Unless such a sudden and destructive ventilation may have occurred in the middle layers, it would seem more plausible to incriminate the upper divergence, given that the symptoms of the staggering blow that ripped apart the cloud system looked more like a drastic disruption in the upper outflow; however other causes might have played a part (namely reduced ocean heat content, the area where the weakening occurred corresponding to a pocket of shallow warm waters pinpointed prior to that - a mere 30 metres depth for isotherm 26°C).

No matter what, it was a hard blow for CARINA whose cloud mass dismantled so rapidly on that

contrainte cisailée d'ouest-nord-ouest croissante. Déclassé en tempête tropicale avant la mi-journée, CARINA se comble à nouveau assez rapidement, avec un vortex résiduel se retrouvant vite complètement exposé assez loin au large de la convection résiduelle. Le minimum dépressionnaire, qui avait cessé son déplacement vers le sud-ouest la nuit précédente, obliquant temporairement en direction du sud-est, se retrouve désormais englué dans un col barométrique, légèrement au nord du 20° parallèle Sud. La trajectoire devient hésitante. Après un crochet vers l'est, le vortex de nuages bas reflue finalement en direction du nord-nord-ouest à compter de la nuit du 3

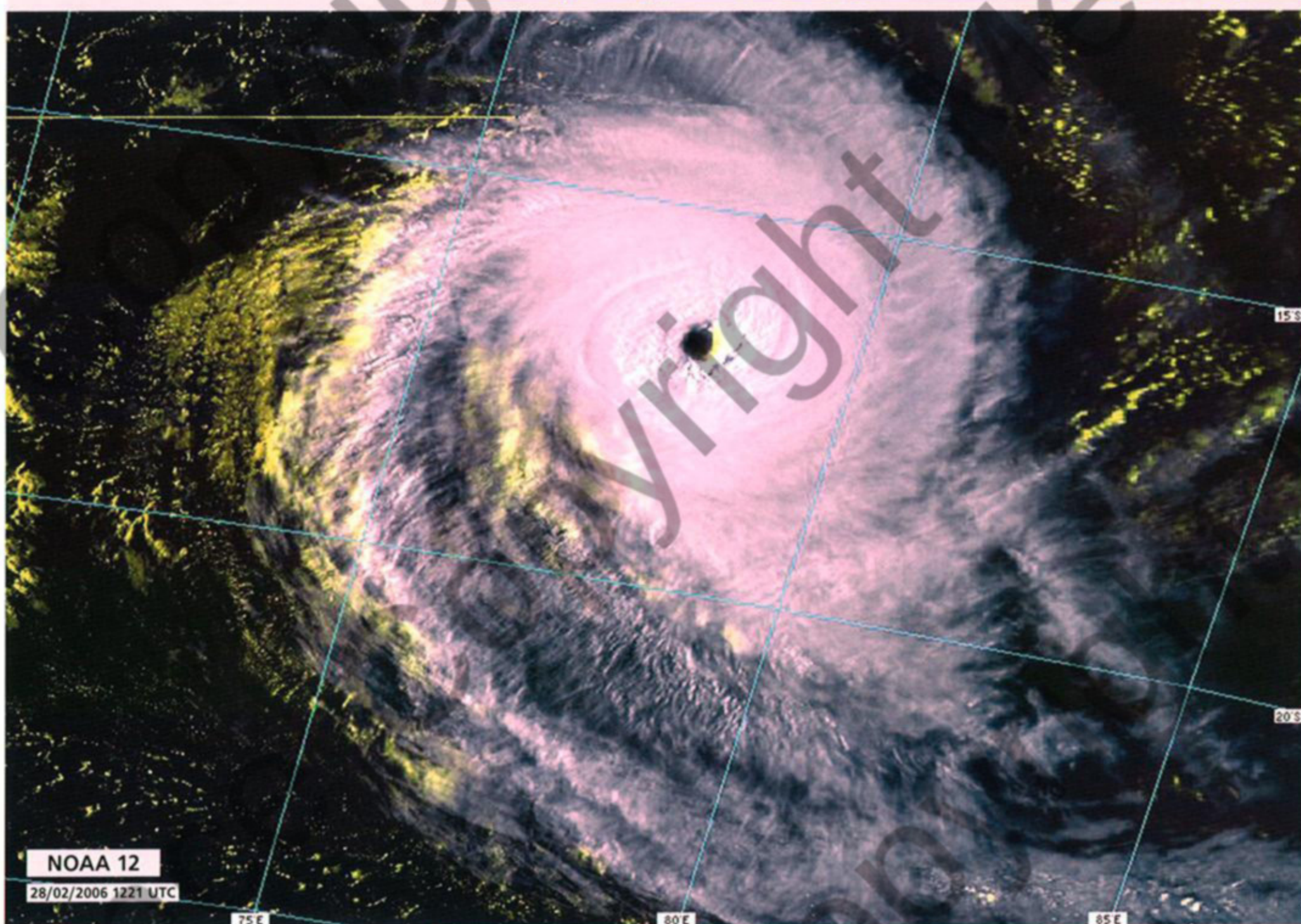
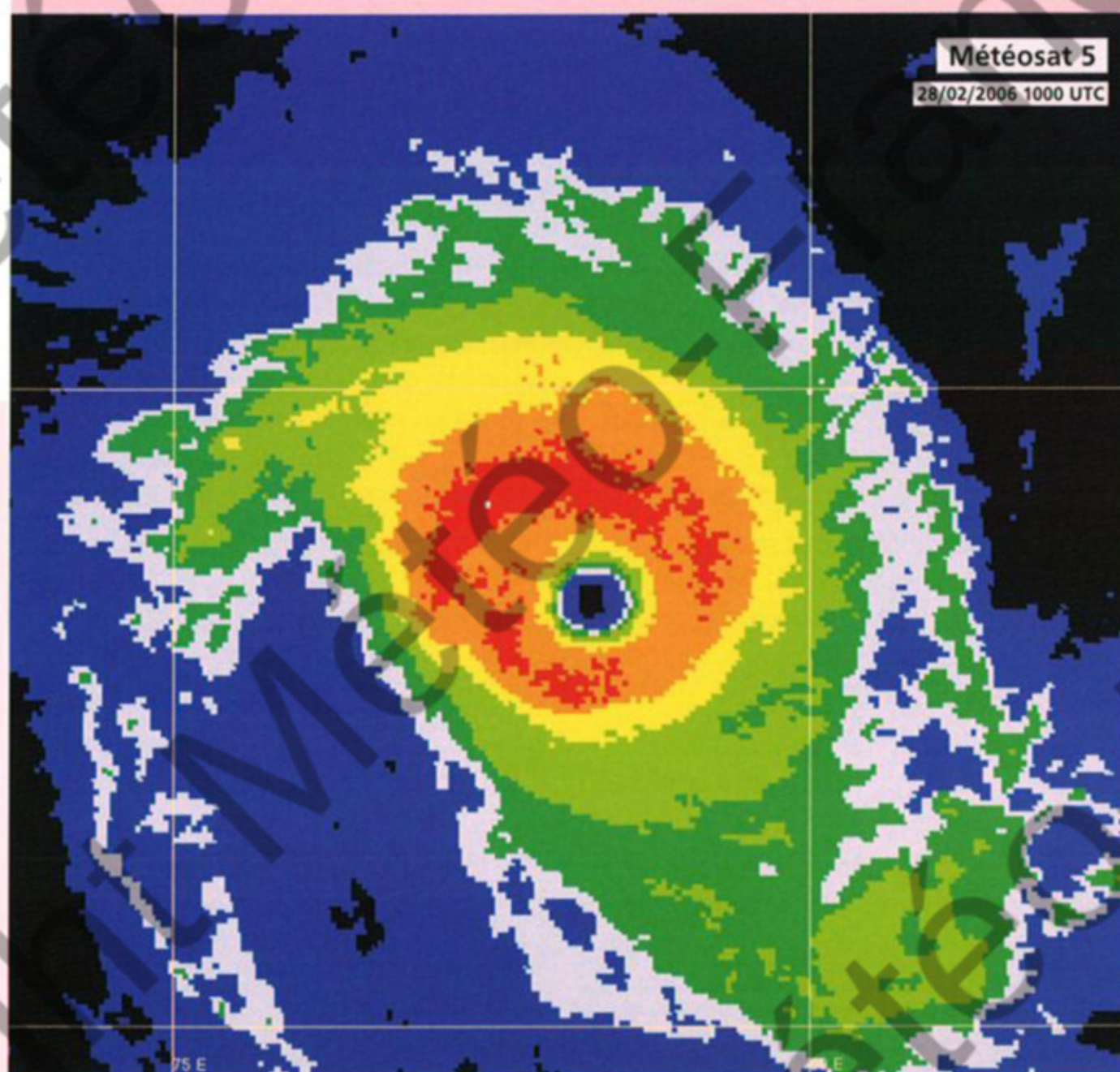
au 4, refoulé au nord du 15° parallèle Sud par la dorsale de basse troposphère qui gagne au sud-ouest et qu'il contourne ensuite au fil des jours suivants.

Malgré cette remontée vers les basses latitudes, et quelques bouffées sporadiques de convection, le minimum résiduel de l'ex-CARINA ne retrouvera ni les ressources, ni les conditions favorables à une ré-intensification. Il demeurera toutefois décelable sur l'imagerie satellitaire pendant encore près de dix jours. Passant avec une valeur de 1 009 hPa sur l'archipel des Cargados (St-Brandon) le 10 mars, il se dissipera finalement loin au sud-est de Madagascar le 13.

Phénomène le plus intense de la saison, CARINA n'aura heureusement menacé aucune terre. On retiendra tout de même son évolution, marquée par une phase d'intensification d'écoule, suivie d'un affaiblissement brutal et beaucoup moins dans la norme.

CARINA atteint son apogée (image composite colorée du satellite défilant NOAA 12 et image Météosat 5 en IR renforcé – colorisée par gamme de températures adaptée à l'analyse d'intensité selon la Technique de Dvorak). La haute résolution permise par l'altitude assez basse du satellite défilant et l'éclairage rasant du couchant mettent en valeur les petites aspérités des sommets nuageux autour du mur de l'œil, conférant ainsi au CDO central une texture moins lisse que sur l'imagerie géostationnaire (voir page 41).

CARINA when verging upon intensity peak (polar orbiting satellite NOAA 12 coloured composite and Meteosat 5 enhanced infrared image – with specific colour set of temperatures adapted to the Dvorak intensity analysis Technique). The high resolution allowed by the lower altitude of the polar orbiting satellite and the raking light of sunset highlighted the small asperities of the cloud cover around the eye resulting in a less smooth texture of the CDO compared to the corresponding vision provided by the geostationary imagery (see page 41).



Carina

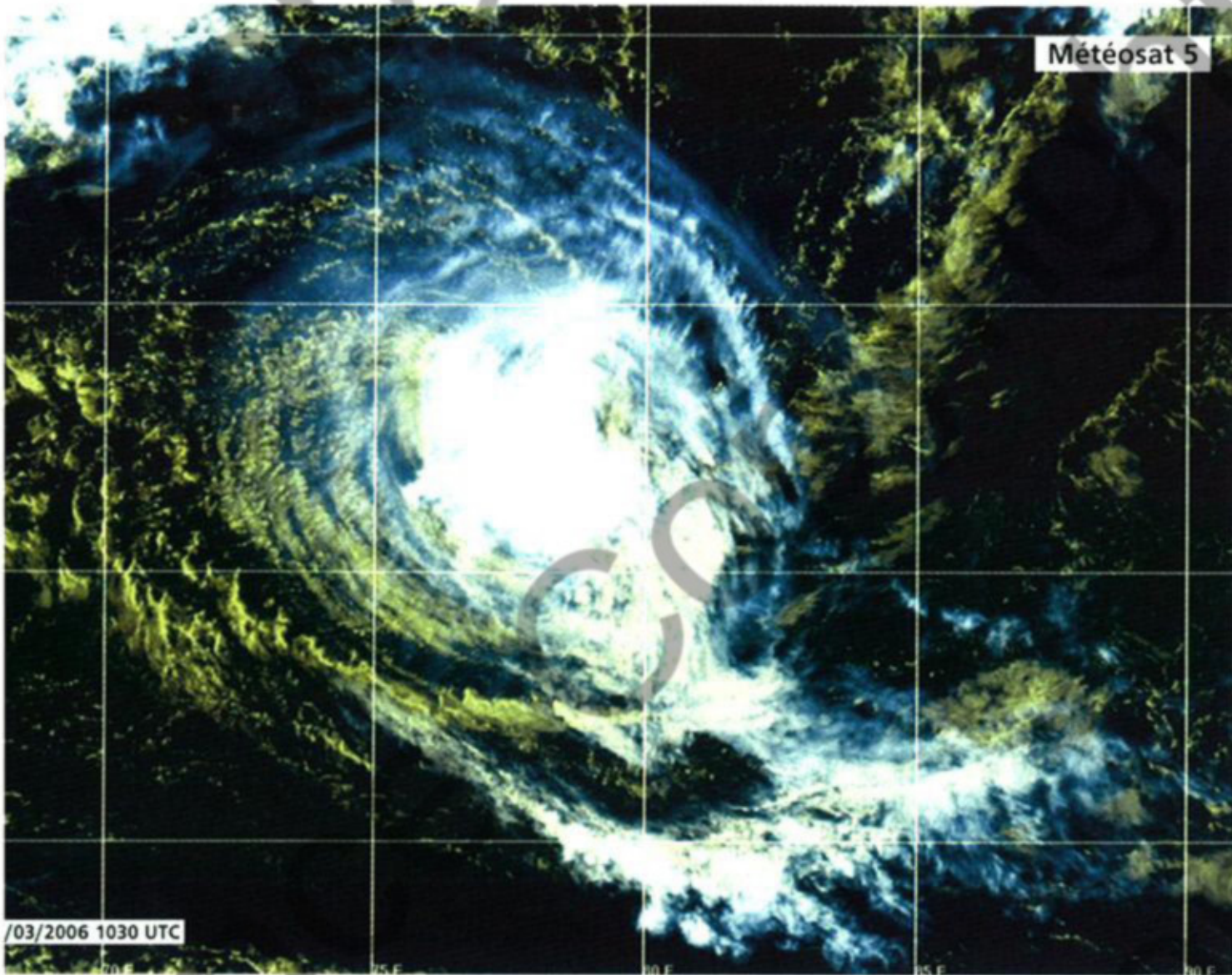
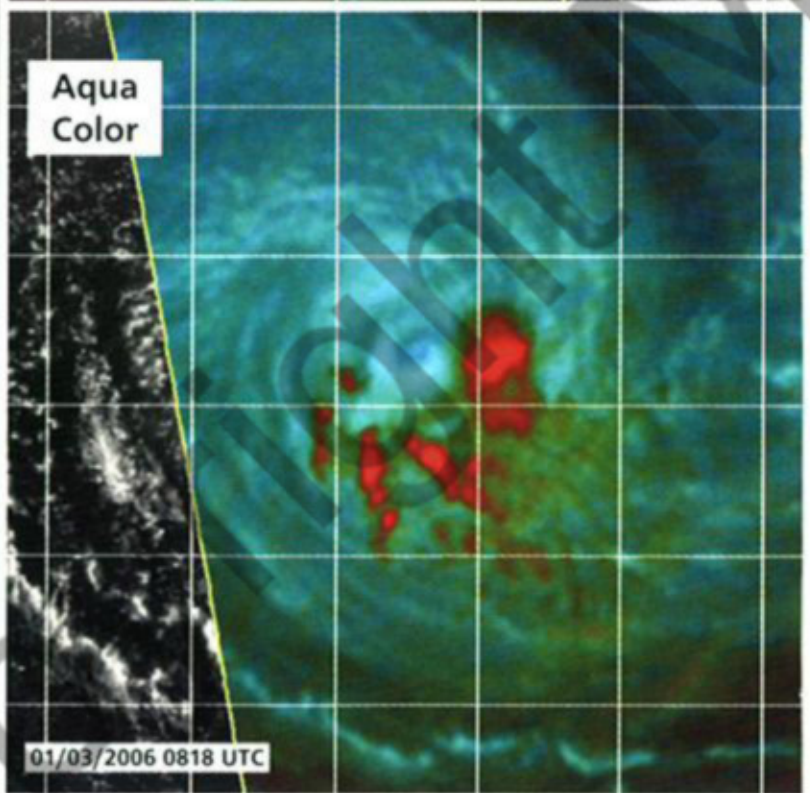
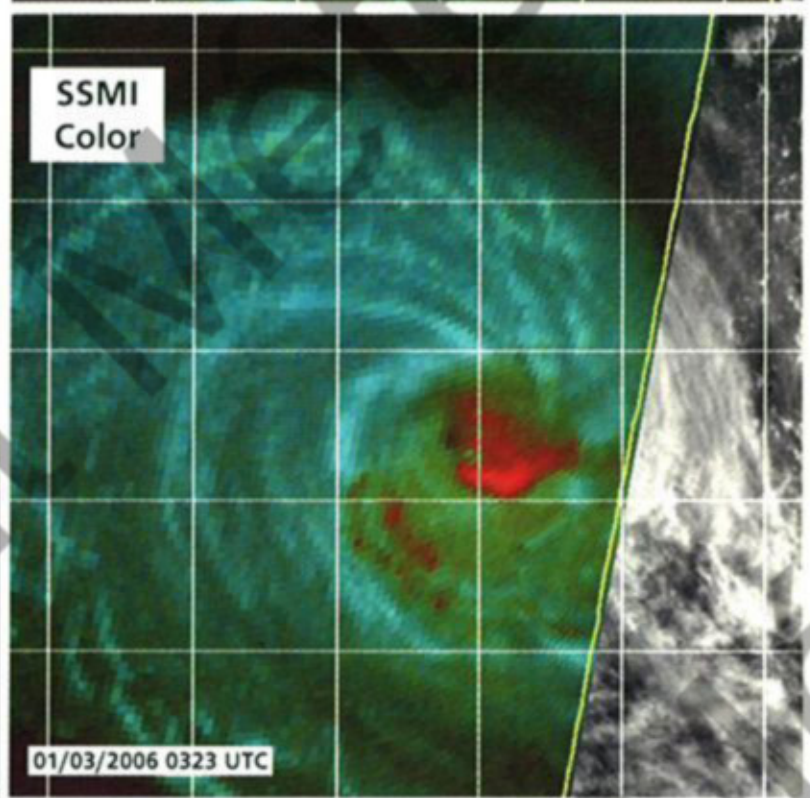
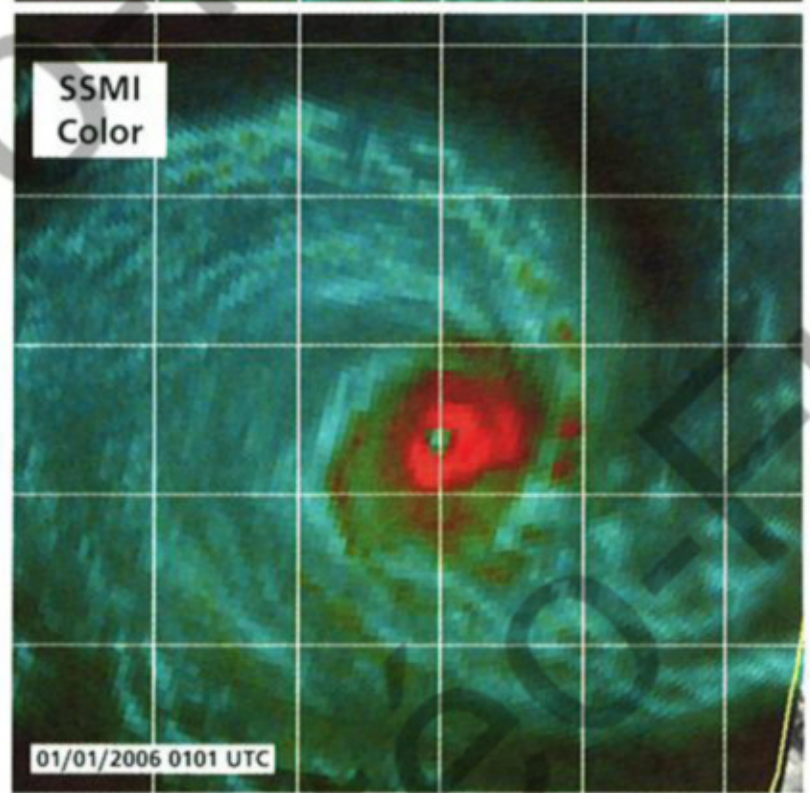
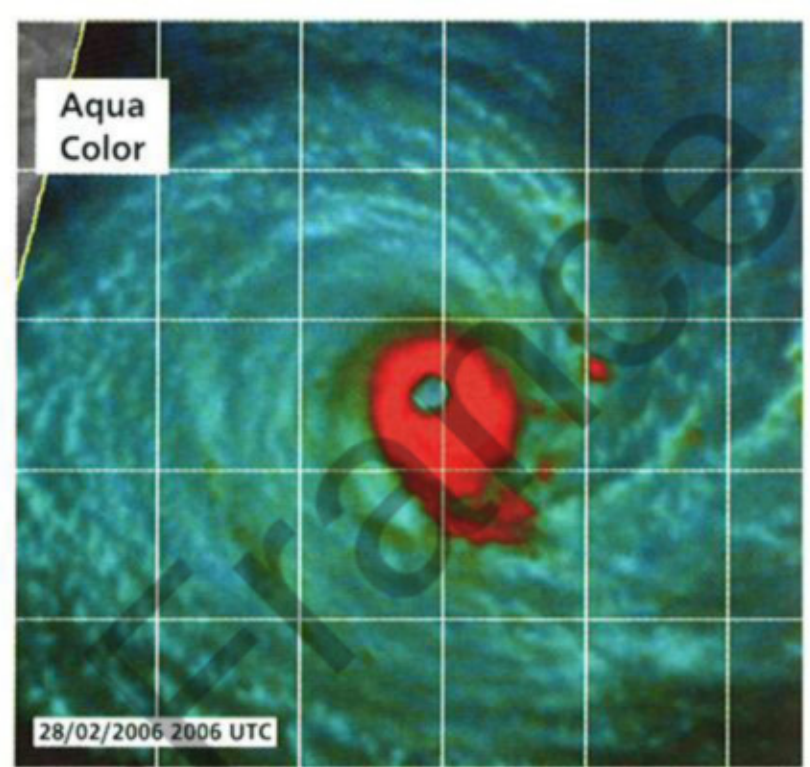
1st March that the intensity analyses necessitated to break the Dvorak rules. And yet, it still seemed not enough considering the scatterometer wind data derived from the QuikScat orbit of the late afternoon... A big flare-up of convection occurred at the end of the following night with a nearly successful attempt at rebuilding an active cloud band wrapping around the low centre. But this was only ephemeral and just managed to slow down – or maybe stop for a while – the weakening trend of CARINA which was now undergoing an increasing west-northwesterly sheared constraint. Downgraded to tropical storm by midday, CARINA resumed rapid filling up, with a residual vortex soon completely exposed quite far off the residual convection. The low centre which had ceased to move southwestward on the previous night, with a temporary southeastward sheer, was now stuck in a barometric col slightly to the north of latitude 20°South. The meteor's track became hesitant. After making a detour to the east, the vortex of low clouds

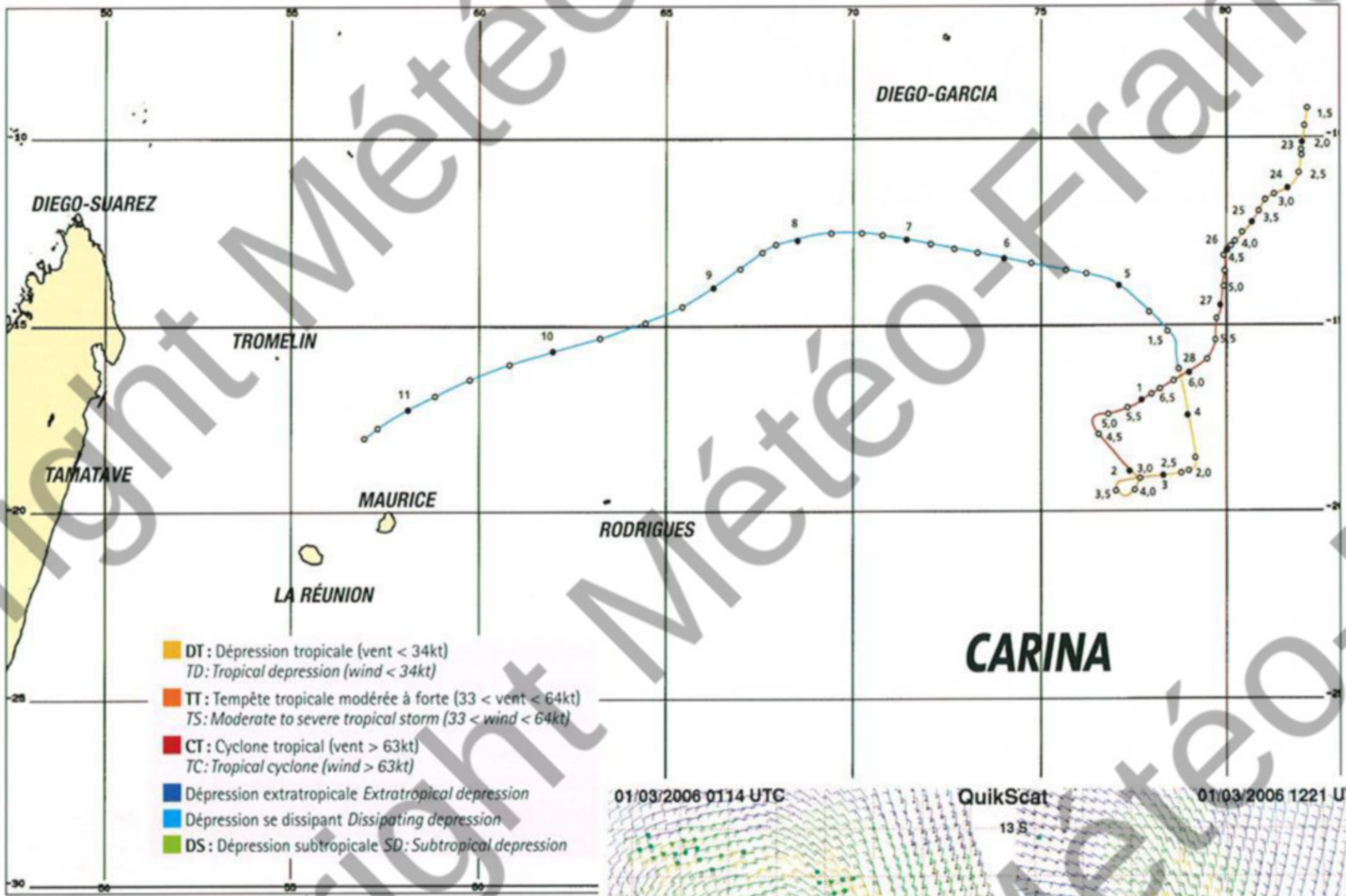
finally turned back north-northwestwards from the night of 3rd March, shoved back north of latitude 15°South by the lower troposphere ridge which was spreading from the southwest and around which it then skirted in the course of the following days. Despite this retreating to the low latitudes and a few sporadic puffs of convection, the residual low of ex-CARINA did not find either the resources or the favourable conditions to re-intensify. Nonetheless, it was still discernible on the satellite imagery for another ten days. Passing right on the Cargados Archipelago (St Brandon) with a value of 1009 hPa on 10 March, it finally dissipated on 13 March faraway to the southeast of Madagascar.

The most intense phenomenon of the season, CARINA fortunately did not threaten any land. It would be remembered however for its evolution marked by a text-book intensification phase followed by an out-of-norm sharp weakening.

CARINA : un affaiblissement fulgurant. Autant la phase d'intensification de CARINA s'était opérée de manière très standard (voir images page 44), autant sa phase d'affaiblissement va être drastique et quelque peu hors normes. En l'espace de quelques heures, le 1^{er} mars, le système nuageux «implose» littéralement, passant d'une structure à œil encore affirmée à une configuration complètement déstructurée, où la convection s'est en particulier effondrée spectaculairement.

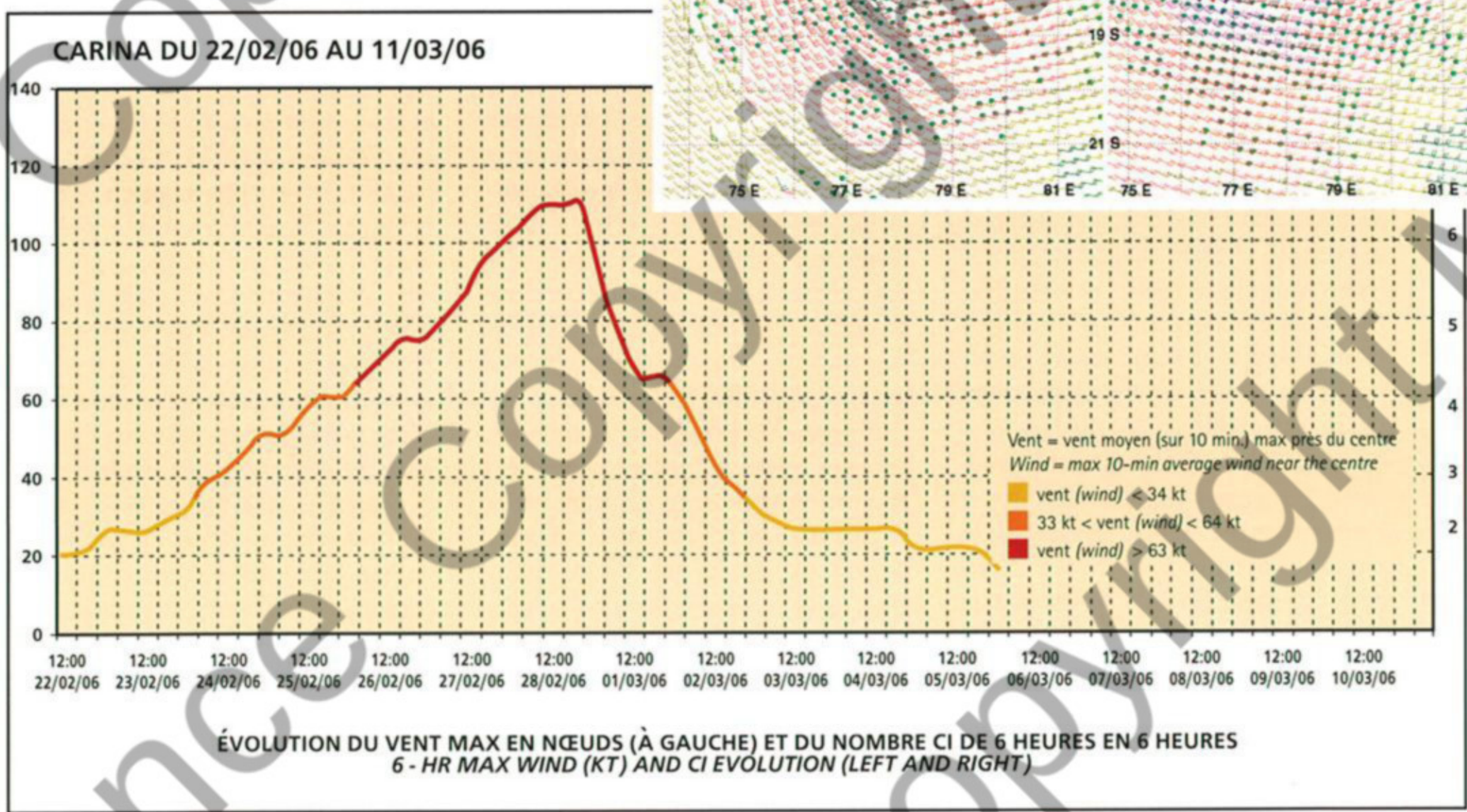
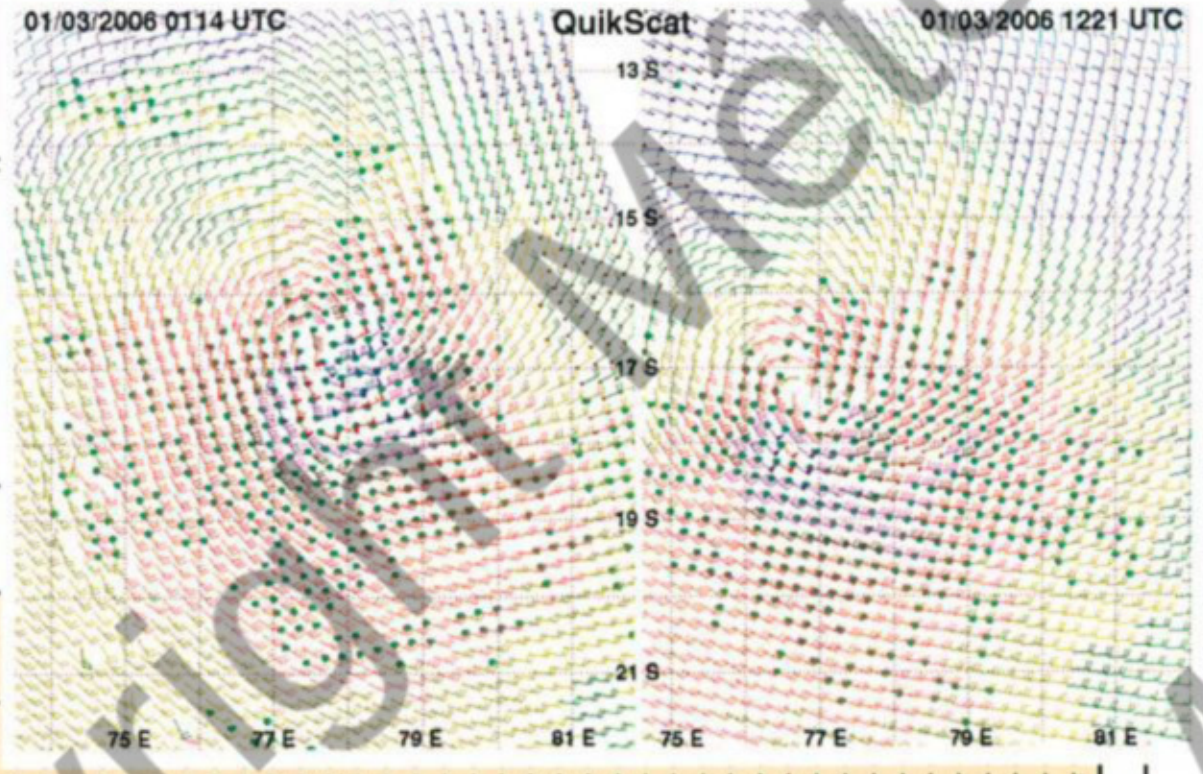
CARINA : a flash weakening. While CARINA'S intensification phase had taken place in a very standard way (see images page 44), its weakening phase was on the other hand drastic and somewhat out-of-norms. In a few hours time on 1st March its related cloud system underwent what looked like an "implosion", the initial eye pattern structure turning into a completely dismantled cloud structure within which the convection had in particular collapsed spectacularly.





Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

L'affaiblissement brutal de CARINA tel que vu par QuikScat. En moins de 12h de temps, les vents ont ralenti de manière drastique.
 The severe weakening of CARINA as seen by QuikScat. In less than 12h time the winds have drastically abated.



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

Diwa

Forte Tempête Tropicale du 2 au 11 mars 2006

Severe Tropical Storm "Diwa" (02 - 11 March 2006)

FORMATION

L

e mois de mars a été à l'image du reste de la saison cyclonique, c'est-à-dire extrêmement calme, puisque, dans la foulée de la fin de l'épisode CARINA, une seule zone dépressionnaire digne de ce nom est venue troubler la tranquillité du bassin du Sud-Ouest de l'océan Indien, qui retombera ensuite dans l'apathie au cours des semaines suivantes. Cette zone dépressionnaire atypique, puisque prenant rapidement les traits d'une dépression de mousson, va accoucher de deux perturbations bien dissociées, mais dont une ne connaîtra qu'une existence fugace (système n°12), car se dissolvant rapidement dans la circulation du système principal.

Celui-ci, dénommé DIWA, n'atteindra sa maturité qu'une fois arrivé aux abords du domaine subtropical. Auparavant, il aura toutefois, malgré une organisation encore balbutiante, impacté significativement le temps sur les Mascareignes, et sur La Réunion tout particulièrement, qui va connaître un temps très perturbé durant plus de quatre jours, avec des vents forts et des pluies temporairement diluviennes, produisant des lames d'eau localement exceptionnelles sur les hauteurs (Cirques et Hauts du nord de l'île principalement). Ces précipitations seront indirectement à l'origine, quelques semaines plus tard, d'un éboulement majeur et meurtrier sur la route en corniche (littoral nord-ouest).

Au changement de mois, alors que CARINA, loin à l'est des Mascareignes, est encore à

son maximum d'intensité, mais ne va pas tarder à «imploser» brutalement, le flux de mousson est bien établi sur la partie nord-ouest du bassin – ce qui n'a pas été si souvent le cas durant cette saison chaude –, et tend même à se renforcer. L'activité convective, encore très morcelée et modérément présente le 28 février, gagne rapidement en importance au fil de la journée du 1^{er} mars, commençant de se souder et de se structurer.

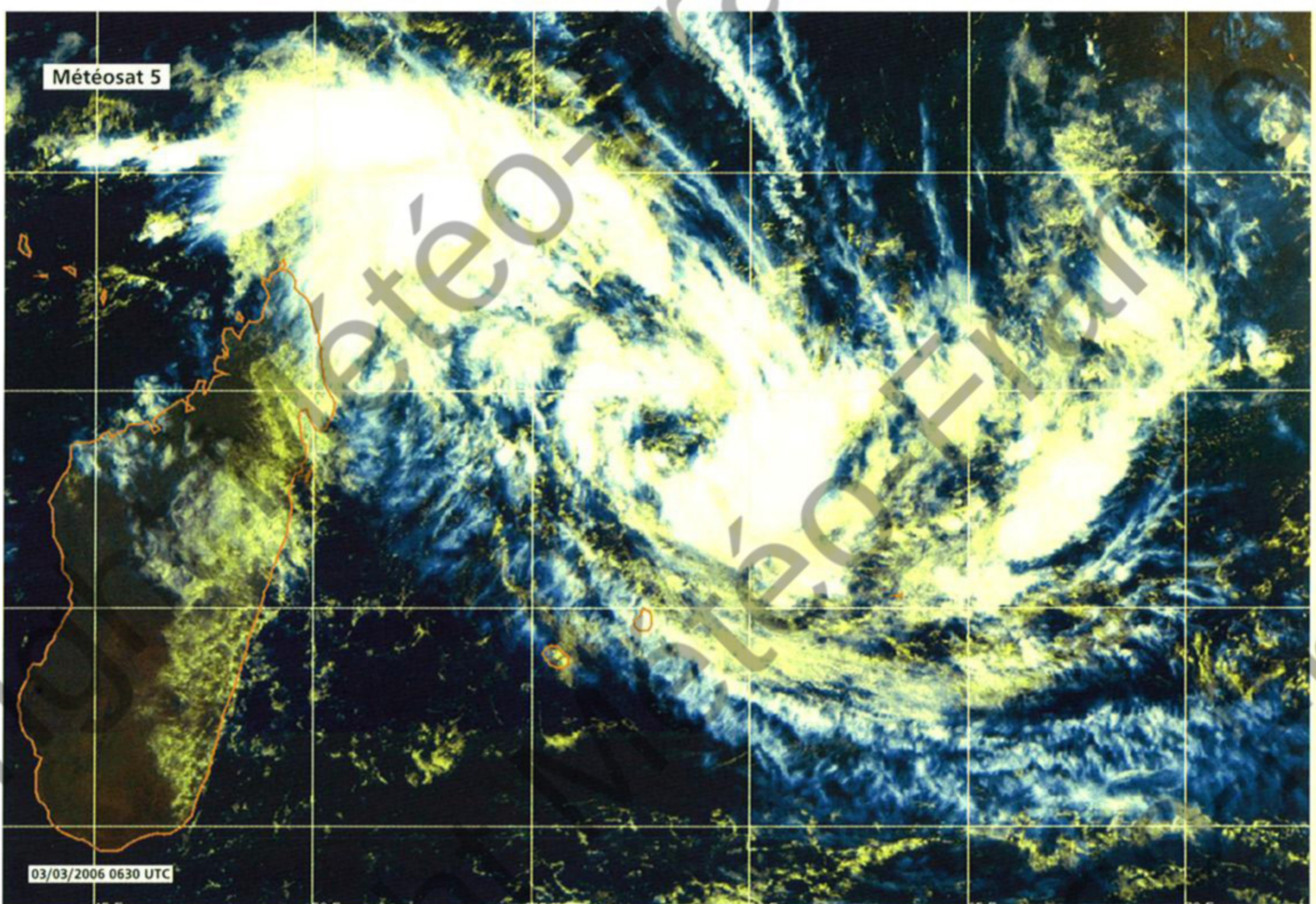
Au matin du 2, le tableau a considérablement évolué par rapport à ce qu'il était 48h auparavant. La convection est désormais extrêmement bien représentée de part et d'autre de l'axe du talweg de mousson, compacte même du côté équatorial, au voisinage du 10^e parallèle Sud. Elle affiche en outre des débuts de courbure nets, qui mettent clairement en évidence la mise en place de deux foyers de convergence bien identifiés au sein de la ZCIT. Celui identifiable au large de la pointe nord de Madagascar et qui tend à se décaler vers l'est, apparaît clairement d'importance secondaire, et semble évoluer dans le sillage du foyer principal, qui apparaît lui beaucoup plus suspect, présentant une configuration de pré-genèse caractérisée, avec des bandes nuageuses rapprochées et orientées tête-bêche, symétriquement de part et d'autre de l'axe de cisaillement de vent (entre l'alizé et le flux de mousson), qu'elles matérialisent on ne peut mieux.

Celui-ci a également été bien appréhendé par les données de vents dérivées des données diffusiométriques QuikScat de l'orbite matinale, qui ont en outre permis

d'évaluer plus finement sa structure, indiquant a priori la présence en son sein de deux petits minima dépressionnaires à proximité du 13^e parallèle Sud, celui situé non loin du 60^e méridien Est apparaissant le plus faible, comparativement à celui situé plus à l'ouest et positionné quasiment au centre du triangle compris entre les îles de Tromelin, au sud-ouest, d'Agallega, au nord, et de St-Brandon, au sud-est. Ce positionnement géographique presque idéal, au milieu des trois stations synoptiques basées sur ces îles, constitue évidemment un plus indéniable pour suivre l'évolution du champ de pression et du champ de vent alentour. Mais, en terme de réseau d'observations de surface, la situation a en fait rarement été aussi favorable, puisque le suivi est en outre facilité par la présence additionnelle de trois bouées dérivantes dans les parages. Chance supplémentaire, les deux plus au nord évoluent qui plus est à proximité des deux minima dépressionnaires supposés ! Leurs valeurs de pression confirment d'ailleurs le fait que le minimum le plus creux est bien celui situé le plus à l'ouest. L'évolution temporelle des pressions affichées par ces bouées est également des plus instructives. Elle indique sans ambiguïté la baisse en cours du champ de pression, que l'on peut même chiffrer assez précisément. Excédant les 3 hPa en 48h, elle amène à évaluer le minimum de pression principal à 1003 hPa en matinée de ce 2 mars.

La suite des observations confirme que cette baisse soutenue de la pression se poursuit et tend même à s'accélérer, puisque au cours des 24h suivantes, le débours supplémentaire se chiffre à quelque 5 hPa ! Cette nouvelle estimation est également des plus fiables, grâce au fait que le minimum de pression s'est décalé depuis la veille vers le sud, c'est-à-dire droit en direction de la troisième bouée, à proximité immédiate de laquelle il transite ainsi en début d'après-midi de ce 3 mars. Ce minimum dépressionnaire est désormais unique, puisque le minimum principal a visiblement pris le dessus et phagocyté son acolyte. Cela a d'ailleurs été confirmé par l'orbite QuikScat du début de journée, dont l'examen s'est révélé à nouveau riche d'enseignements sur la structure du champ de vents.

Celui-ci est très dissymétrique, affichant des vents nettement plus forts dans le



DIWA, une dépression de mousson dans le Sud-Ouest de l'océan Indien. Les dépressions de mousson ne sont pas un phénomène courant dans le bassin, mais cette image, acquise un peu avant le baptême de la perturbation, en constitue un bel exemple. Noter la présence de l'importante aire centrale de nébulosité moindre correspondant à la zone de vorticité maximale associée au système.
DIWA : a monsoon depression in the South-West Indian Ocean. The monsoon depressions are not common phenomena in the basin. But this image, acquired a few hours before the naming of the disturbance, showed a good example of one. Notice the presence of the central broad area of lesser cloudiness which corresponded to the area of maximum vorticity related to the system.

demi-cercle est, avec la présence de vents de 30 à 40 nœuds qui s'étendent du secteur nord jusqu'au sud-est de la circulation dépressionnaire. Et ces vents ne sont pas un artefact dû à une potentielle contamination par les précipitations, ayant été validés par les observations de la station de St-Brandon, qui subit presque sans discontinuer des vents dans cette gamme de vents – grand frais à coup de vent – depuis l'après-midi de la veille (2 mars à 12 UTC). Autre enseignement d'importance : la couronne de vents forts qui entoure le minimum dépressionnaire ne se situe pas à proximité de celui-ci, mais en est franchement décalée, avec un maximum de vents qui se situe plutôt au-delà de 200 km en moyenne du centre, tandis qu'au cœur central de la dépression correspond une plage de vents faibles assez large, faisant environ 150 km de diamètre.

Une telle structure du champ de vents est cohérente avec la configuration nuageuse affichée par le système, avec notamment la présence d'une zone centrale de nébulosité moindre et de dimension équivalente. À échelle plus large, le système nuageux apparaît tout aussi atypique sur l'imagerie satellitaire : composé d'un

FORMATION

The month of March looked very much like the rest of the cyclone season, that is, extremely calm since just after CARINA's episode only one low area worthy of that name troubled the serenity of the tropical Southwest Indian Ocean, which fell back into apathy during the following weeks. That low area – atypical inasmuch it very quickly turned into a monsoon depression –, spawned two dissociated disturbances, one of which lasting fleetingly (system N°12) due to its quick dissolving into the circulation of the main system.

The latter (named DIWA) only reached its full maturity once it was verging upon the subtropical domain. Prior to that, despite a still loose and shaky organisation, it managed to greatly impact the weather in the Mascarenes and namely in La Reunion which went through disturbed weather for over four days with strong winds and temporary torrential rain generating exceptional cumulated rainfall amounts locally in the heights (mainly the cirques and northern upper reaches of the island). This heavy rain event was the indirect cause, a few weeks later, of a major deadly landslide on the northwestern coastal road.

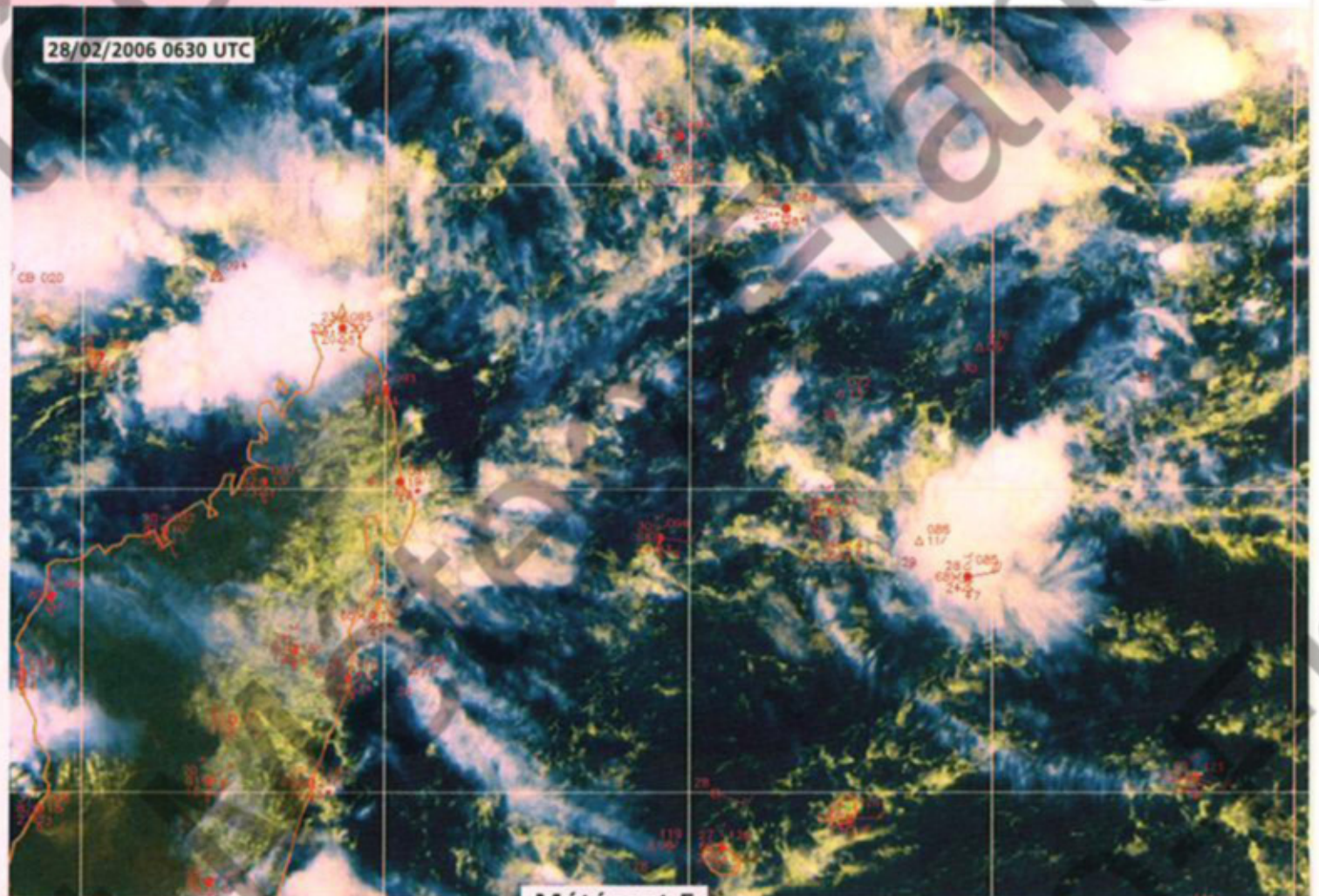
In the change of month, while CARINA, now faraway in the east of the Mascarenes, was still at its maximum of intensity but about to rip apart abruptly, the monsoon flow was well established on the northwestern part of the basin – which had not often been the case during that warm season –, and even tended to strengthen. The convective activity, still broken and moderately present on 28 February, rapidly grew in areal extent throughout the day on 1st March, starting to knit together and structure. In the morning of 2nd, the picture had evolved a lot compared to 48h earlier. The convection was now extremely well represented on either side of the monsoon trough axis, and even dense on the equatorial side near latitude 10° South. Furthermore, it displayed clear-cut incipient curvature which clearly evidenced the settling of two focal points of convergence well identified within the ITCZ. The one identifiable off the northern tip of Madagascar and which tended to shift eastwards, appeared distinctly of secondary importance and seemed to trail after the main one which for its part looked much more suspect, displaying a typical pre-genesis pattern, with head to tail oriented neighbouring cloud bands standing symmetrically on either side of the shear line (between the trade wind and monsoon flow).

Phase de pré-génèse du futur DIWA.

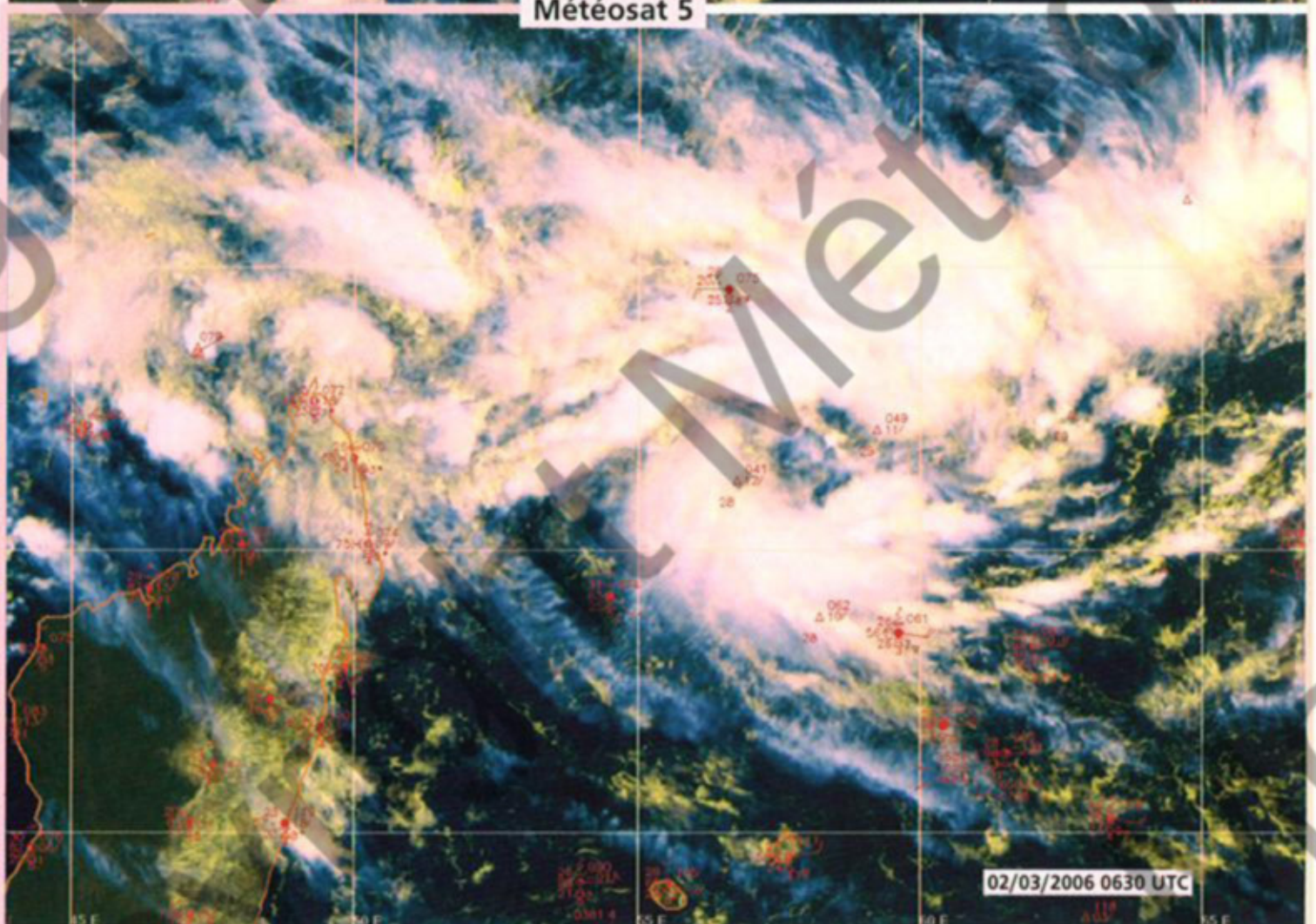
Entre ces deux images espacées de 48h, le changement est spectaculaire: l'activité convective s'est développée puissamment au voisinage de la ZCIT, s'organisant dans le même temps autour de deux points focaux de convergence. Celui situé au nord de Madagascar est à peine esquissé, tandis que celui compris dans le triangle formé par les îles d'Agalega (au nord), de Tromelin (au sud-ouest) et de St-Brandon (au sud-est), apparaît beaucoup plus suspect, présentant des signes précurseurs d'une cyclogénèse potentielle. Les observations des stations alentour et de bouées dérivantes idéalement positionnées, permettent de constater que cette évolution nuageuse s'est accompagnée d'une baisse correspondante du champ de pression.

Pre-genesis phase of to-become DIWA.

In 48 hours time – the gap between these two images –, the change was spectacular: the convective activity has drastically increased in the vicinity of the ITCZ organizing in the meantime around two focuses of convergence. The one situated north of Madagascar was barely discernible at the time while the one located within the triangle delineated by the islands of Agalega (to the north), Tromelin (to the southwest) and St-Brandon (to the southeast) appeared much more suspect since displaying fore-runner signs of potential cyclogenesis. The observations of the surrounding stations and of ideally spotted drifting buoys enabled to state that this cloud evolution has been associated to a corresponding fall of the pressure field.



QuikScat 02/03/2006 0232 UTC

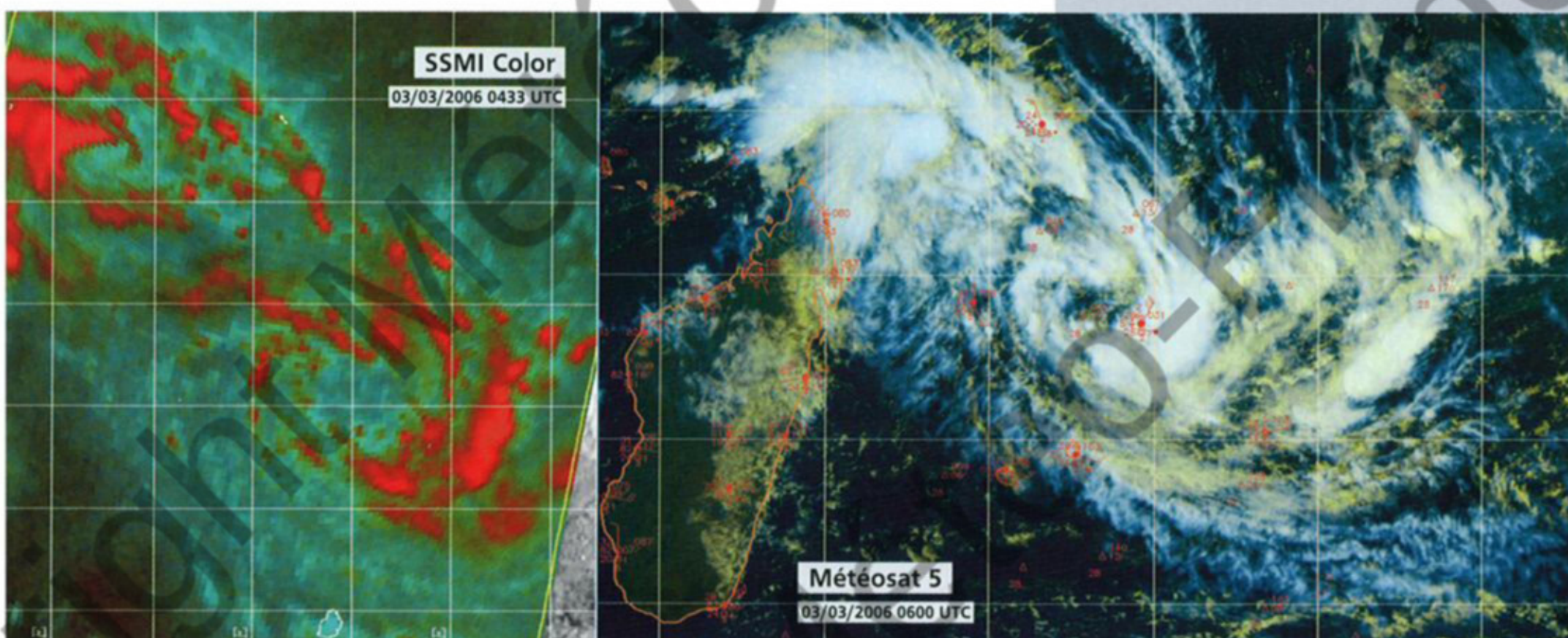


The shear line thus well portrayed was also well captured by the winds data derived from the scatterometer data of the morning QuikScat orbit, which additionally enabled to evaluate more precisely its structure, namely the presence within it of two tiny low centres near latitude 13°South. The one located close to longitude 60°East appeared the weakest compared to the one more westward and positioned nearly right in the middle of the triangle formed between the islands of Tromelin to the southwest, Agalega to the north, and St-Brandon to the southeast. This nearly ideal

geographic positioning in the middle of three synoptic stations based on those islands meant an unquestionable plus in order to monitor the evolution of the surrounding wind and pressure fields. Furthermore, in terms of surface observation network, the situation had rarely been as favourable since the monitoring was also facilitated by the additional presence in the area of three drifting buoys. Another fortuitous and fortunate point was that the two northernmost buoys were actually evolving near the two suspected low centres! Their pressure values confirmed that the deepest low was the

conglomérat nuageux et convectif plutôt disparate et hétéroclite, globalement peu structuré, malgré une vorticité centrale bien apparente, il occupe par contre une aire d'influence considérable, de forme ovoide, avec une extension horizontale supérieure à 2000 km dans sa plus grande longueur.

Tous ces éléments structurels concordent   conférer à cette large dépression les attributs caractéristiques d'une dépression de mousson. Ne s'apparentant pas à un système dépressionnaire tropical classique, la



Structure de dépression de mousson pour DIWA quelques heures avant son baptême. Par rapport à la veille, le système nuageux et le champ de vents ont sensiblement évolué, avec la transition d'une structure ordinaire de ZCIT active et en configuration de pré-genèse a priori classique, vers une configuration de type dépression de mousson. Outre l'extension considérable (plus de 2000 km du nord-ouest au sud-est) du système nuageux associé à la vaste circulation dépressionnaire, noter la zone centrale de nébulosité moindre autour de laquelle gravitent les bandes nuageuses convectives principales.

La structure élongée de la dépression de mousson est en bonne partie due au maintien de la zone d'activité convective secondaire présente au nord-ouest, avec un minimum dépressionnaire esquissé entre Agalega et le Nord de Madagascar et appelé à devenir la perturbation tropicale n°12. La présence des deux pôles d'activité est également discernable sur l'imagerie micro-onde, qui est par ailleurs éloquente pour montrer le degré d'inorganisation de la convection. Aucune bande convective significative qui permette de créditer ce système d'une intensité Dvorak en rapport avec la force des vents pourtant présents au sein de sa circulation dépressionnaire.

Car les 40 nœuds de vent affichés par la station de St-Brandon ne correspondent pas à un simple grain orageux temporaire ou isolé et sont bien représentatifs du champ de vent dans le secteur est de la dépression. Depuis 12 UTC la veille, l'île subit en effet presque sans discontinuer des vents de la force grand frais à coup de vent, ces observations validant ainsi la force des vents estimée par l'orbite QuikScat matinale (ci-contre). Ces vents forts s'accompagnent également de fortes pluies (92 mm recueillis au cours des 12h suivantes, 193 mm au total en 48h – du 2 au 4 mars 06 UTC).

Monsoon depression structure for DIWA a few hours before its naming. Compared to the previous day, the cloud system and the wind field have noticeably evolved transitioning from an ordinary active ITCZ structure, in a seemingly typical pre-genesis configuration, towards a monsoon depression type pattern. Besides the considerable extent (more than 2000 km from northwest to southeast) of the cloud system associated to the wide low circulation, one can notice the central area of less cloudiness around which were orbiting the main convective cloud bands.

The elongated structure of the monsoon depression mainly resulted from the persistence of the secondary area of convective activity to the northwest with some evidence of the presence of a related low between Agalega Island and the north of Madagascar (the whole would later on transform into tropical disturbance n°12). The existence of the two focal points of activity was also discernible on the microwave imagery which was moreover very talking to demonstrate the lack of organisation of the convection : not any significant convective band that could allow to credit this system a Dvorak intensity reflecting the real strength of the winds yet present within the clockwise circulation.

For the 40 knots wind indicated by the St-Brandon observation did not correspond to a mere temporary or isolated squall but was truly representative of the windfield in the eastern sector of the depression. Since the previous day 12 UTC, the islet had indeed undergone almost continuous near gale to gale force winds, these observations validating the wind force estimated from the early morning QuikScat data (lower right image). Those strong winds went together with heavy rain (92 mm of rainfall to be recorded in the following 12h, 193 mm in 48h – from 2 to 4 March 06 UTC).

QuikScat 03/03/2006 0203 UTC



technique de Dvorak est totalement inappropriée à son traitement (tenter de l'appliquer aux quelques vagues bandes convectives analysables par cette technique, conduisant en l'occurrence à lui attribuer une intensité très faible et sans rapport avec la force des vents effectivement présents au sein de sa circulation dépressionnaire). Comme il n'existe pas de technique autre adaptée à ce type de phénomène, son analyse d'intensité s'avère en conséquence très problématique. Les nouveaux outils d'observation ou de télédétection, tels que les radars diffusiomètres, constituent dans ce contexte une source palliative d'information extraordinairement puissante pour évaluer la force des

vents et leur répartition, voire le seul recours pour évaluer correctement la situation, comme la suite va le prouver.

ÉVOLUTION

Après une transition rapide d'une ZCIT classique vers une large dépression de mousson, le risque existe désormais d'assister à la mutation de cette dépression de mousson en un système dépressionnaire tropical classique, avec formation d'une perturbation cyclonique potentiellement de dimension importante. Considérant ce risque, alors que ce système dépressionnaire évolue à proximité des îles Mascareignes,

one situated further west. The time evolution of the pressure displayed by those buoys was also very instructive. It unambiguously indicated the ongoing pressure fall which could be precisely assessed. Exceeding 3 hPa in 48h, this fall led to estimate the main low centre to be at 1003 hPa by morning of 2nd March.

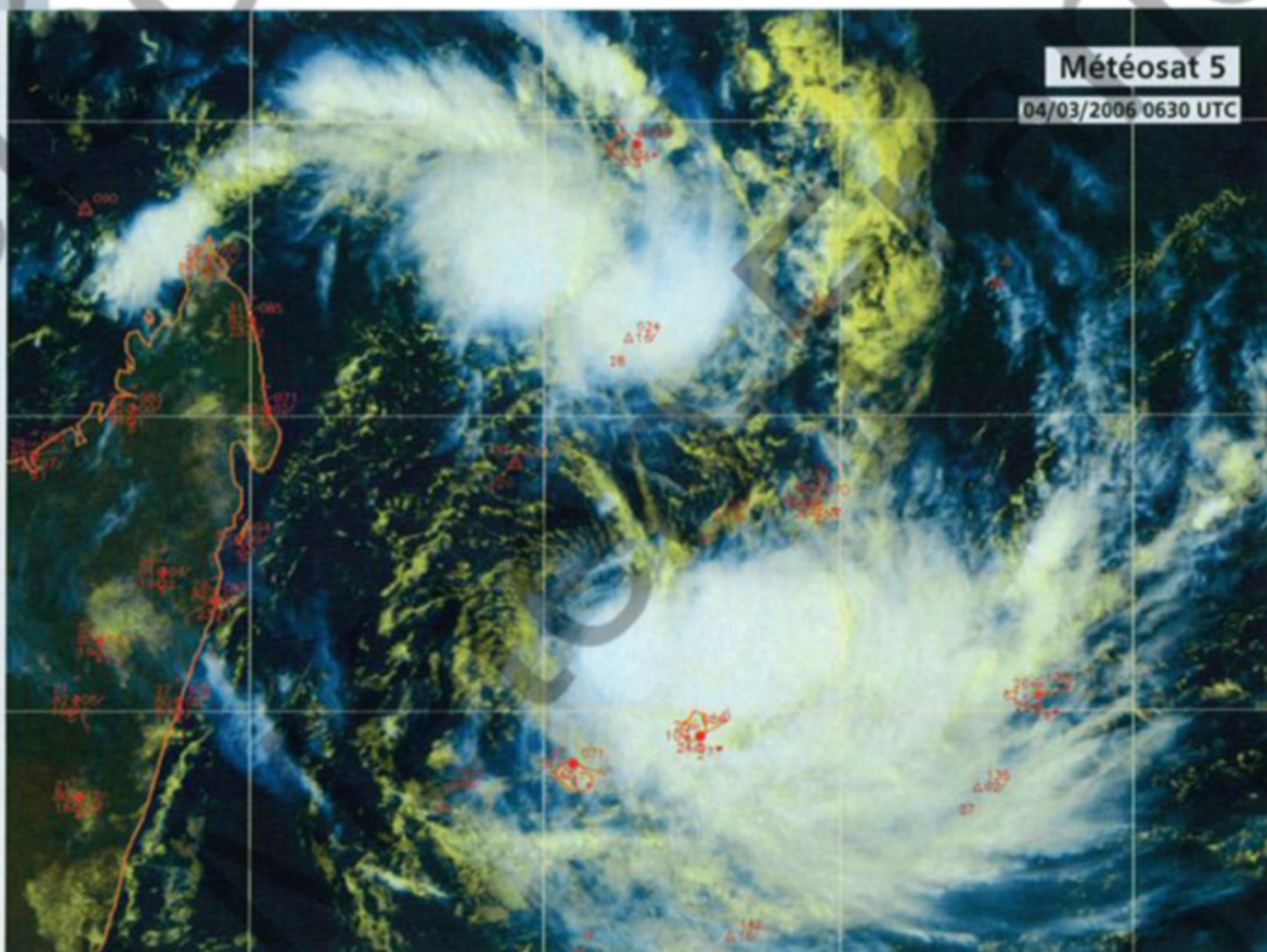
The ensuing observations corroborated the sustained trend in pressure fall which even magnified given that in the course of the next 24h it dropped further by another 5 hPa! This new estimation was much reliable on account of the low centre having shifted southwards since the previous day, i.e. right towards the third buoy, in the immediate vicinity of which it transited in the early afternoon of 3rd March. This low pressure centre was now standing alone as the main

DIWA et la perturbation tropicale n°12, en épées de Damoclès au nord des Mascareignes. Par rapport à la veille, la situation a encore notablement évolué. Si d'aucuns pourraient considérer qu'elle s'est clarifiée, la dépression de mousson ayant donné naissance à deux systèmes dépressionnaires bien dissociés et d'apparence plus classique, elle s'est en pratique plutôt complexifiée, les interrogations multiples soulevées quant aux conséquences éventuelles d'une potentielle interaction binaire (effet Fujiwhara) entre DIWA et la perturbation tropicale n°12 nouvellement formée au nord, que ce soit en terme d'évolution d'intensité ou de modification de trajectoire, de DIWA en particulier, faisant à ce moment-là planer pas mal d'incertitudes sur la suite du scénario.

Noter la persistance de vents violents à St-Brandon, pourtant désormais sorti des masses nuageuses convectives liées à DIWA et même situé bien en marge des deux systèmes dépressionnaires. Les vents n'y ont en fait jamais été aussi forts depuis le début de l'épisode, atteignant à ce moment là un premier pic de 43 nœuds en vents moyens, tandis qu'une pointe à 65 nœuds (120 km/h) a été observée peu auparavant (ce sera la rafale maximale mesurée sur l'ensemble de l'épisode).

DIWA and the tropical disturbance n°12: two potential threats north of the Mascarene Islands. Since the previous day further major evolution of the situation had taken place. While one could consider it has clarified in some way, the monsoon depression having spawned two distinct and well identified systems of more classical pattern, it had in fact become more complex, the multiple question marks and doubts raised about the contingencies induced by a potential binary interaction (Fujiwhara effect) between DIWA and the freshly born tropical disturbance n°12 to the north, both in terms of intensity changes or track changes (in particular for DIWA), let the field opened to a great uncertainty on the to-occur final scenario.

Notice the persistence of strong winds at St-Brandon although now distant from the convective cloud masses linked to DIWA and situated well away from the two low systems nay. In fact the winds had never blown stronger since the beginning of the episode with a first peak of 10 min average winds observed at the time (43 knots), while a maximum gust of 65 knots had been recorded a short while earlier (this would be the absolute peak gust recorded there during the whole windy episode).



aforementioned low had obviously taken over and engulfed its associate. This had indeed been confirmed by the QuikScat orbit of the early morning, which had also provided a lot of valuable information on the windfield structure. The windfield structure was highly asymmetric and displayed much stronger winds in the eastern semi-circle with winds of 30 to 40 knots spreading from the northern sector to the southeast of the clockwise circulation. Those winds were no artefact caused by a potential rain contamination, since they were validated by the observations of the St-Brandon synoptic station which had been almost constantly undergoing winds ranging from near gale to gale force since the previous afternoon (2nd March at 12 UTC). Another important feature : the strong winds crown encircling the low centre was not situated nearby it but definitely out of line with it, with the maximum winds being displaced beyond 200 km in average from the centre whereas the central core of the depression was associated to quite a wide range of weak winds of about 150 km in diameter.

Such a windfield structure was coherent with the cloud pattern displayed by the system, with namely a central area of lesser cloudiness and similar extent. On a wider scale, the cloud system also appeared atypical on the satellite imagery: composed of a rather disparate and heteroclit conglomerate of clouds and convection, with

et au vu de l'évaluation des conditions de vent dérivées des données analysées Quik-Scat et des observations de coup de vent intermittent faites à Saint-Brandon, décision a été prise, peu après la mi-journée de ce 3 mars, de procéder au baptême de cette dépression de mousson – désormais reconnue sous le nom de DIWA –, et ce malgré l'absence d'organisation de type tempête tropicale classique.

Le changement de structure envisagé de l'une vers l'autre va cependant bien se produire, mais va mettre plusieurs jours à réellement se concrétiser. Dès le début de journée du 4 mars, l'évolution affichée par l'imagerie satellitaire semble pourtant déjà aller dans ce sens, se traduisant visuellement par une modification très nette de la configuration nuageuse comparative-ment à la veille. La convection, initialement très disséminée et inorganisée, s'est en effet regroupée et structurée, mais non pas autour d'un mais de deux pôles bien distincts (même si la proximité entre les deux – moins de 400 km – fait qu'ils apparaissent reliés par une sorte de « bras de liaison » de nuages bas), cette « bipolarisation » contribuant à différer la constitution d'un système dépressionnaire mature.

En fait, on retrouve là les deux foyers de convergence initialement identifiés au sein

de la ZCIT, mais avec une concentration et une organisation de l'activité convective autour de chacun d'eux leur conférant une signature nuageuse bien individualisée et d'aspect désormais beaucoup plus habituel. Le système principal, à savoir DIWA, présente en particulier une configuration nuageuse caractéristique d'un système modérément cisailé de nord-ouest. Quant à l'amas nuageux situé au nord, il est bien associé à un minimum dépressionnaire en surface, comme le laissent supposer les images micro-ondes de la nuit précédente, mais de faible intensité, deux informations essentielles attestées par l'évolution de la pression de la bouée dérivante la plus au nord-ouest, lors du passage à proximité de celle-ci du centre de ce système, pris en charge par le CMRS de La Réunion sous le nom de perturbation tropicale n°12. Mais la co-existence rapprochée de ces deux systèmes va s'avérer des plus éphémère. L'interaction forte entre les deux, va en effet faire que le plus puissant, en l'occurrence DIWA, va rapidement prendre le dessus et absorber le second, ce processus s'opérant via l'interaction mutuellement exercée en altitude par les deux systèmes.

Car DIWA n'est en fait pas le seul à être assujéti à une contrainte cisailée. C'est

Quand DIWA prend définitivement l'ascendant sur la perturbation n°12. La co-existence de deux systèmes dépressionnaires rapprochés est rarement pacifique. Si sur l'image ci-contre une sorte de "bras de liaison" nuageux semble relier les deux systèmes l'un à l'autre, leur relation s'apparente en l'occurrence plutôt à un bras de fer, dont DIWA est en train de sortir vainqueur. Se soumettant mutuellement au "souffle" du flux sortant d'altitude généré par l'activité convective propre à chacun, chaque système exerce ainsi une contrainte cisailée sur l'autre. Dans un tel rapport de force, c'est logiquement le système le moins puissant, à savoir la perturbation n°12, qui souffre le plus de cette ventilation subie et est en train de "craquer" sous l'impact du souffle de DIWA. Le petit vortex visible au niveau du 15° parallèle Sud (sous l'arc de cirrus caractéristique du cisaillement en vigueur) est en voie de désolidarisation de la convection à laquelle il était jusque-là couplé. Dès lors aspiré à grande vitesse en direction du sud-sud-est, il sera rapidement phagocyté par la circulation dépressionnaire de DIWA.

L'orbite QuikScat de la fin de journée (solution RSS ici) donne un bon aperçu de l'absorption en cours de la petite circulation résiduelle du système 12 dans le nord-est de la circulation principale associée à DIWA. Le champ de vents haute résolution (en bas à gauche), qui donne une vision de la distribution des zones de vents forts (ou de fortes précipitations) et des zones de calme, visualise également clairement le dipôle formé par les deux systèmes, avec la zone de calme principale entourant le minimum lié à DIWA et le noyau secondaire au nord-est, tandis qu'une vaste écharpe de vents forts est présente dans leurs secteurs est à sud, entretenant un temps très perturbé sur les îles sœurs de Maurice et de La Réunion.

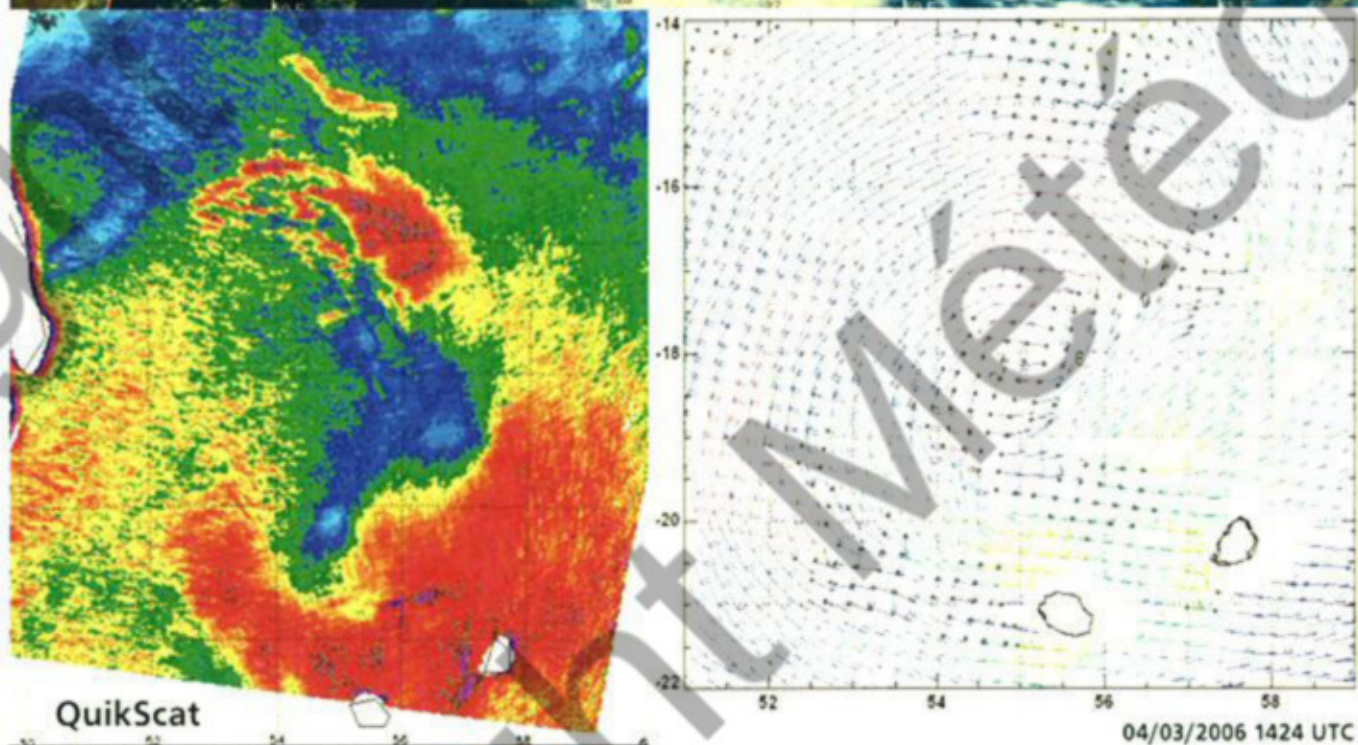
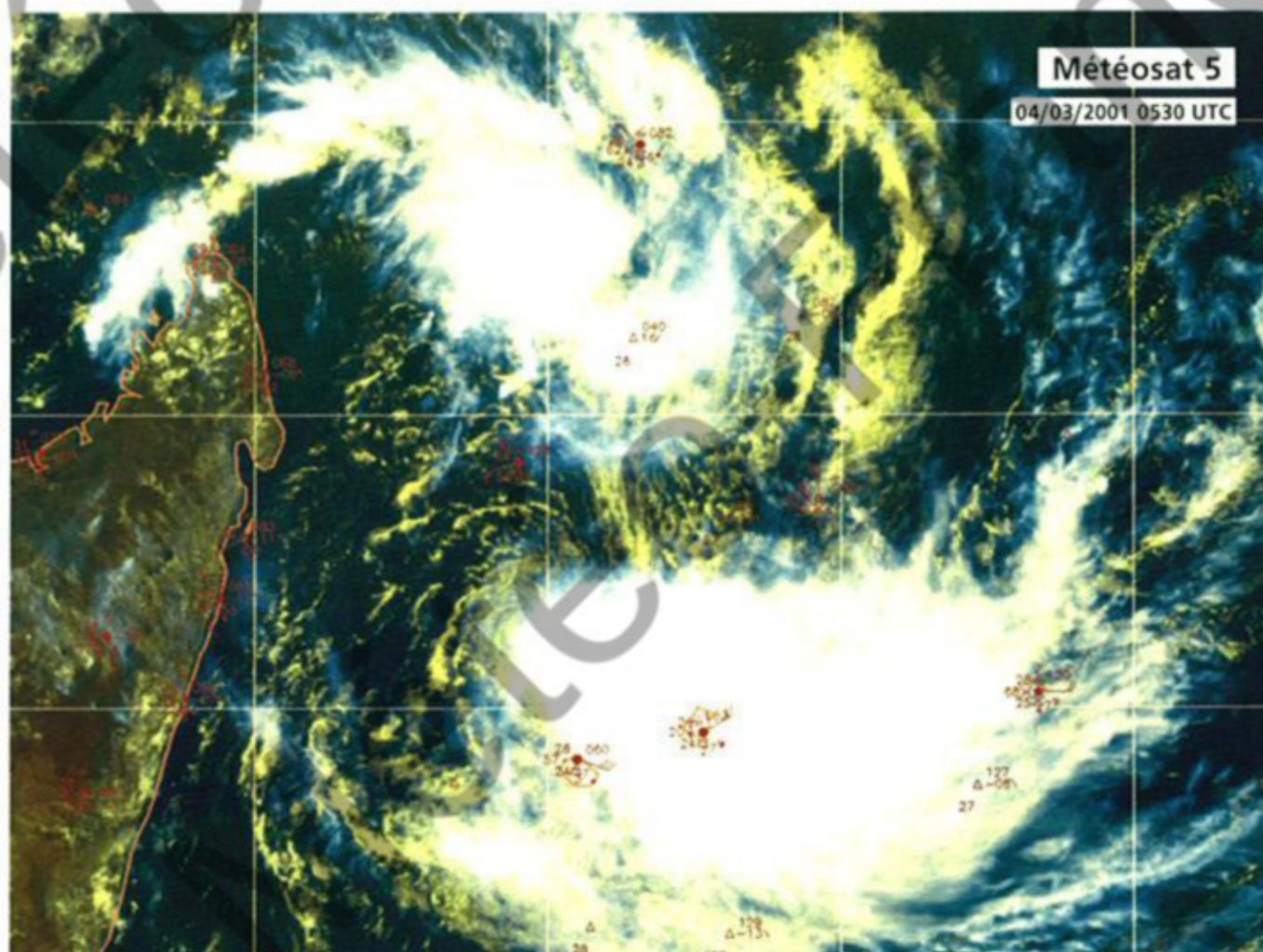
À noter que le transit à l'ouest de St-Brandon du minimum dépressionnaire résiduel de la perturbation n°12, s'est accompagné d'un renforcement temporaire du gradient de pression, d'où un second pic de vents observé à la station météorologique (pic absolu en vents moyens sur 10 min, avec 44 nœuds relevés le 4 mars à 12 UTC).

When DIWA definitely weighed against disturbance n°12. The nearby co-existence of two tropical systems is rarely peaceful. If on the upper right image a kind of "link arm" seemed to connect them together, their relationship had more to deal with an "arm wrestling" that DIWA was about to win. Subduing each other to the puff of their mutual upper outflow – induced by their own convective activity – each system exerted a shear constraint on the other. In such a test of strength the less powerful system – the disturbance n°12 in this case – logically bore the brunt of the ventilation endured and was about to be overcome by the impact of DIWA's outflow. The small vortex of low clouds visible near latitude 15°South (underneath the cirrus bow – a typical shear signature) was about to decouple from the convection it was originally linked to. Thereafter "sucked" at high speed south-southeastward it was engulfed into DIWA's low circulation.

The late afternoon QuikScat swath (RSS solution here) gave a good insight of the ongoing absorption of the small residual low circulation of system 12 by the main clockwise circulation of DIWA (north-east of it). The high resolution winds (lower left image) which provides a raw vision of the strong winds areas (or heavy rainfall area) and of the quieter areas also clearly portrayed the dipole constituted by the two systems, with the main quiet area surrounding DIWA's low centre and the secondary nucleus to the northeast, while a large spread of strong winds was present in their eastern and southeastern sectors, fostering very disturbed weather conditions on the sister islands of Mauritius and La Reunion.

Incidentally, it can be mentioned that the transit west of Saint-Brandon of the residual low of former disturbance n°12 temporarily enhanced the pressure gradient, inducing a second wind peak for the anemometer of the meteorological station based there (absolute maximum 10-min average wind of 44 knots recorded at 12 UTC on 4th March).

aussi le cas du système n°12, qui en présente également les signes apparents sur l'imagerie satellitaire, mais avec cette fois une contrainte de sud-est. Si l'existence de ces contraintes cisailées s'explique pour partie par la configuration synoptique d'altitude environnante, avec une circulation anticyclonique peu ou prou centrée entre les deux systèmes, il apparaît patent que la contribution primordiale du cisaillement est produite par les deux systèmes eux-mêmes, le flux sortant d'altitude généré par l'activité convective propre à chacun constituant la source majeure de ventilation subie par l'autre, le rôle principal de la



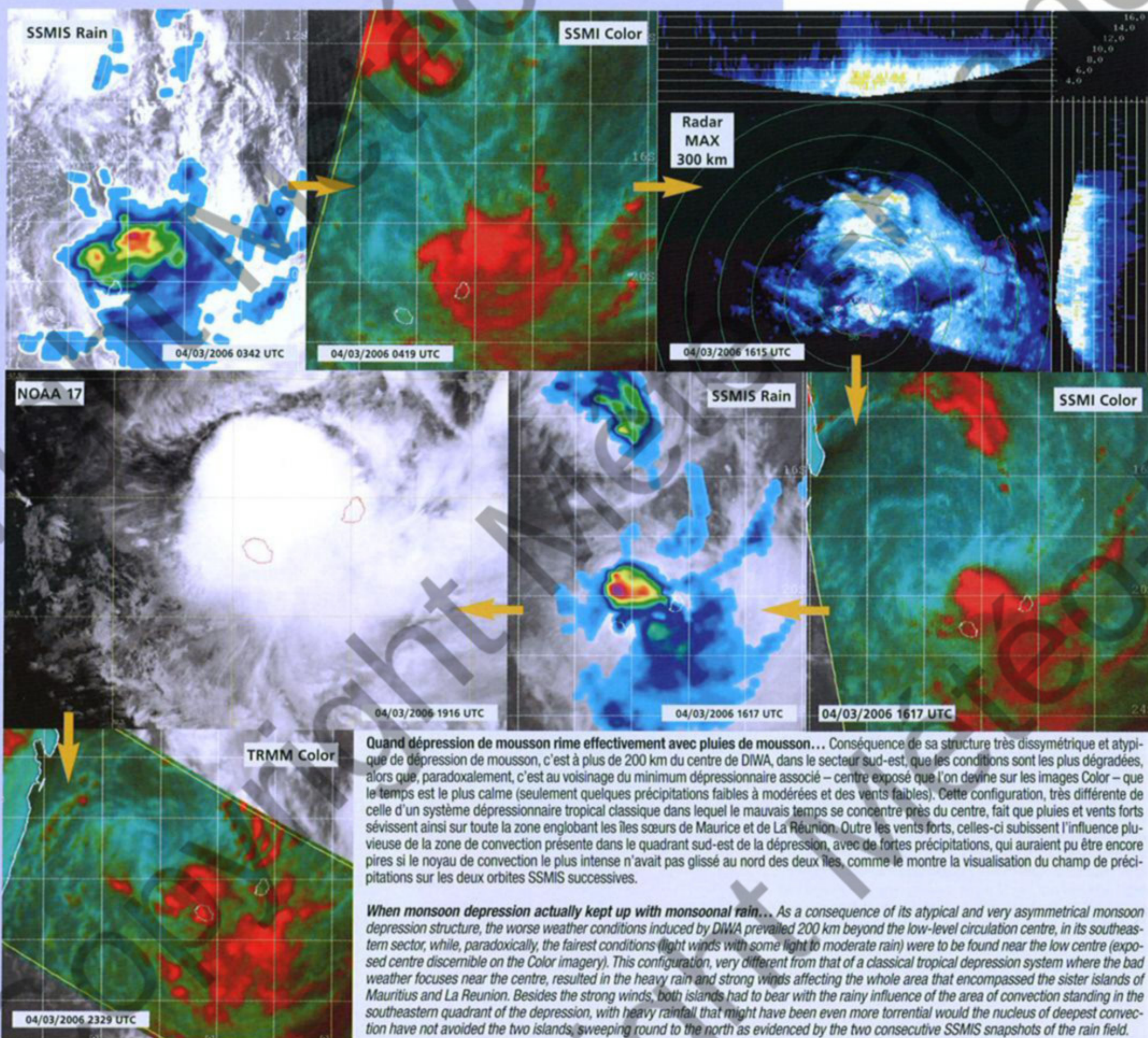
little organisation overall despite clear central vorticity, it occupied a very large edged-shaped area of influence with a horizontal extension of above 2000 km lengthwise.

All those structural elements coincided to give this broad depression the characteristic attributes of a monsoon depression. As the system did not match a classic tropical depression system, the Dvorak technique was totally inappropriate to its treatment (tempting to apply it to the few vague convective bands that could be analysed by this technique would have led to ascribe the system a very weak intensity having no connection whatsoever with the wind force actually present within its

clockwise circulation). Since there is no other technique adapted to that type of phenomenon, analysing its intensity was therefore a real challenge. The new observation or remote sensing tools such as scatterometer radars are in such context an extremely powerful palliative information source to assess the force of winds and their distribution; in fact it was the only way to give an accurate evaluation of the situation as the following will show.

EVOLUTION

After a rapid transition of a classic ITCZ towards a large monsoon depression, the risk now



Quand dépression de mousson rime effectivement avec pluies de mousson... Conséquence de sa structure très dissymétrique et atypique de dépression de mousson, c'est à plus de 200 km du centre de DIWA, dans le secteur sud-est, que les conditions sont les plus dégradées, alors que, paradoxalement, c'est au voisinage du minimum dépressionnaire associé – centre exposé que l'on devine sur les images Color – que le temps est le plus calme (seulement quelques précipitations faibles à modérées et des vents faibles). Cette configuration, très différente de celle d'un système dépressionnaire tropical classique dans lequel le mauvais temps se concentre près du centre, fait que pluies et vents forts sévissent ainsi sur toute la zone englobant les îles sœurs de Maurice et de La Réunion. Outre les vents forts, celles-ci subissent l'influence pluvieuse de la zone de convection présente dans le quadrant sud-est de la dépression, avec de fortes précipitations, qui auraient pu être encore pires si le noyau de convection le plus intense n'avait pas glissé au nord des deux îles, comme le montre la visualisation du champ de précipitations sur les deux orbites SSMIS successives.

When monsoon depression actually kept up with monsoonal rain... As a consequence of its atypical and very asymmetrical monsoon depression structure, the worse weather conditions induced by DIWA prevailed 200 km beyond the low-level circulation centre, in its southeastern sector, while, paradoxically, the fairest conditions (light winds with some light to moderate rain) were to be found near the low centre (exposed centre discernible on the Color imagery). This configuration, very different from that of a classical tropical depression system where the bad weather focuses near the centre, resulted in the heavy rain and strong winds affecting the whole area that encompassed the sister islands of Mauritius and La Reunion. Besides the strong winds, both islands had to bear with the rainy influence of the area of convection standing in the southeastern quadrant of the depression, with heavy rainfall that might have been even more torrential would the nucleus of deepest convection have not avoided the two islands, sweeping round to the north as evidenced by the two consecutive SSMIS snapshots of the rain field.

consisted in a likely transmutation of the monsoon depression into a classic tropical depression system, with the formation of a potentially large cyclonic disturbance. Considering that threat while the system was moving near the Mascarenes and in view of the evaluation of the winds conditions derived from the QuikScat data and of the intermittent gales observed at Saint-Brandon, it was decided shortly after midday on 3rd March to name the monsoon depression – known henceforth as DIWA – despite the fact that there was no organisation of a classic tropical storm type. The mutation envisaged from one depression type into another would indeed take place but would take several days to truly materialise though. At daybreak on 4th March, the evolution displayed on the satellite imagery yet

seemed already heading for that way, rendered visually by a clear-cut alteration of the cloud pattern compared to the previous day. The convection, initially scattered and disorganised, had indeed gathered together and structured, yet not around one, but two, distinct areas (although their closeness – less than 400 km – made them look like they were connected by a sort of "connecting rod" of low clouds), and this "bipolarisation" contributed to postpone the formation of a mature depression system. In fact, here were the two focal points of convergence initially identified within the ITCZ, but with the convective activity now being focused and organised around each of them which bestowed them a very distinctive yet more usual cloud signature. The main system – DIWA – in particular

circulation d'altitude étant en fait de canaliser la manière dont s'évacuent ces flux sortants d'altitude et par voie de conséquence de définir l'orientation des contraintes cisailées résultantes. Et très rapidement, dès la mi-journée de ce même 4 mars, la contrainte cisailée de sud-est se révèle trop forte pour que la perturbation embryonnaire n°12 puisse lui résister. Un petit vortex de basses couches entourant le minimum dépressionnaire correspondant (estimé à 1000 hPa) se dévoile hors de la convection, puis s'en éloigne à mesure de son décalage rapide vers le sud-sud-est. De toute évidence aspiré dans le nord-est de la circulation de DIWA, il va en se dissipant et disparaît définitivement la nuit suivante,

irréremédiablement absorbé par DIWA. L'interaction binaire entre les deux systèmes (autrement connue sous le nom d'effet Fujiwhara) a selon toute probabilité également influencé leurs trajectoires respectives. Si cela apparaît à peu près évident pour le système 12, c'est également très vraisemblable pour DIWA. Plus que l'inflexion de trajectoire en direction de l'ouest-sud-ouest constatée depuis la veille, c'est le changement de cap brutal en direction du sud-sud-est intervenu en fin de nuit du 4 au 5 qui en constitue l'indication la plus probante, ce décrochage abrupt semblant signer la fin de l'interaction de DIWA avec le minimum dépressionnaire du système 12, suite à la dissipation de ce dernier.

La persistance de la configuration extrêmement dissymétrique de DIWA, que ce soit au niveau des masses nuageuses associées ou du champ de vents, avec le maintien d'une large zone de vents forts dans les secteurs est à sud du centre dépressionnaire (exposé en marge de l'activité convective, ce centre demeure pour sa part

toujours entouré d'une assez large plage de vents faibles, comme continuent d'en attester les orbites QuikScat successives), fait que les îles de Maurice et de La Réunion, situées dans le secteur le plus défavorable de la circulation dépressionnaire, se retrouvent durablement soumises à un temps très perturbé.

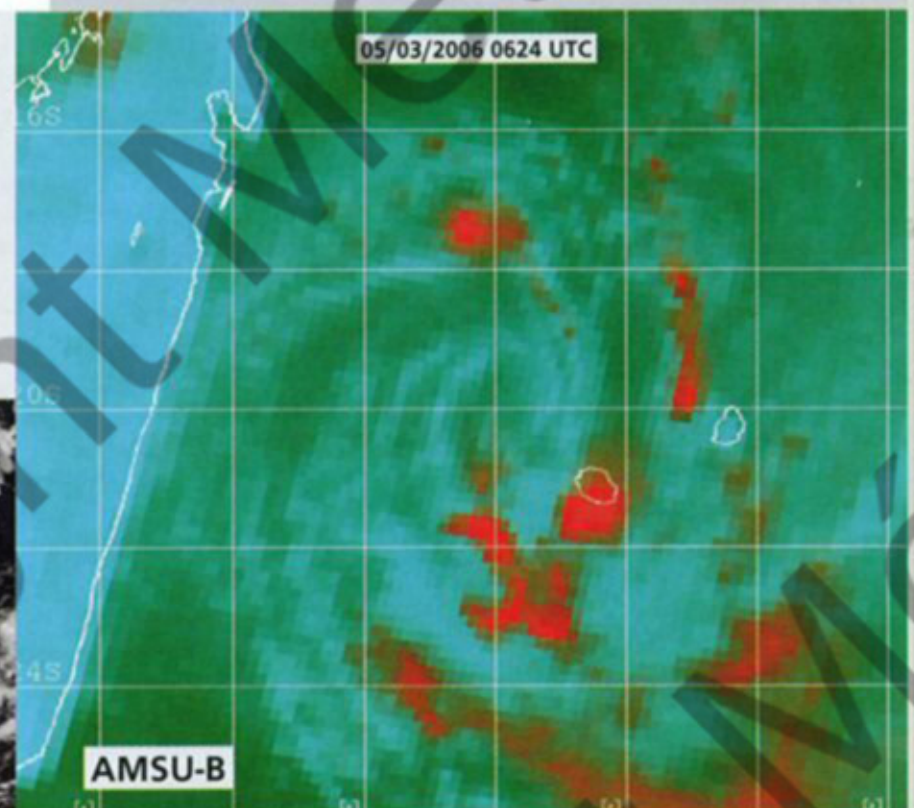
Avec le retour à une trajectoire plus méridienne, le système dépressionnaire a toutefois repris un décalage plus franc vers le sud. Il en va de même pour les masses nuageuses les plus actives et la zone des vents les plus forts liées à DIWA, qui ont commencé de balayer les îles sœurs depuis l'après-midi du 4 et peuvent maintenant poursuivre leur progression vers les latitudes sud. L'axe du maximum de vents transite ainsi sur La Réunion en cours de nuit du 4 au 5. De la force du coup de vent, ces vents génèrent des rafales maximales de l'ordre de 100 km/h sur le littoral, excédant localement les 120 km/h dans les Hauts (voire ponctuellement les 150 km/h sur les sites les plus exposés aux effets d'accélération du relief – bords de falaise

displayed a cloud pattern typical of a moderately northwesterly sheared system. As for the cloud cluster to the north, it was effectively related to a surface low centre just like the microwave images of the previous night suggested, yet of poor intensity, these two relevant pieces of information being certified by the time-evolution of the pressure observed by the northwesternmost drifting buoy during the nearest passage of the system's centre to this buoy (a low system now monitored by La Réunion's RSMC under the code-name of tropical disturbance N°12).

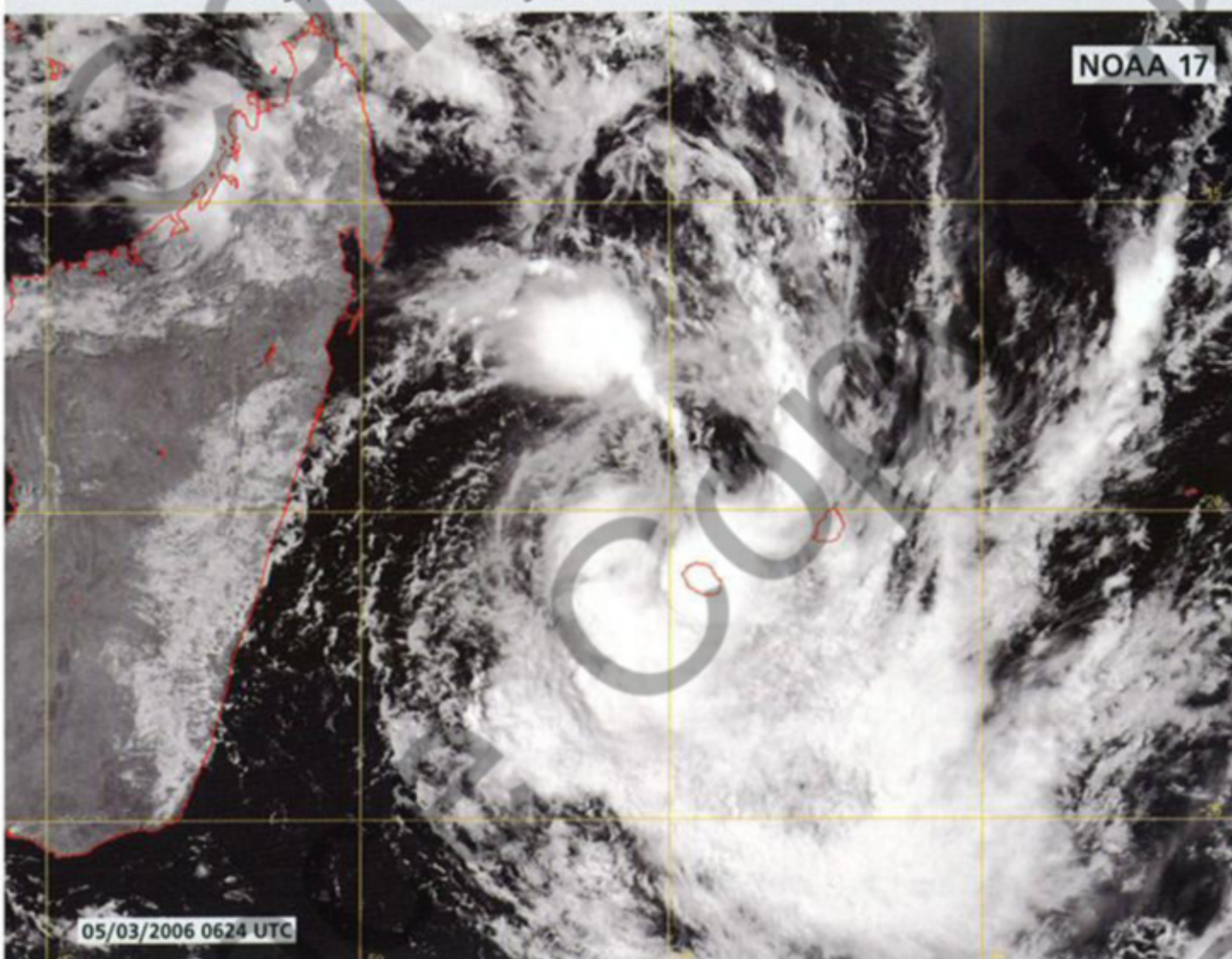
But the nearby co-existence of those two systems turned to be very short-lived. The interaction between the two being so strong led the most powerful one – in this case DIWA – to rapidly weigh against the other one and absorb it, a process which operated via the mutual interaction of the two systems at the upper levels. Indeed, DIWA was not the only one to be subject to a sheared constraint. Such was also the case for System N°12 which on the satellite imagery also showed obvious signs yet with a southeasterly constraint this time. While the existence of those sheared constraints may be

DIWA transite à proximité de La Réunion. Le système dépressionnaire ne paie vraiment pas de mine à ce moment-là, apparaissant très peu organisé. Le minimum dépressionnaire (bien visible sur l'image micro-onde AMSU-B) franchit à cet instant le 20° parallèle Sud et s'apprête à passer au plus près des côtes réunionnaises, à un peu moins de 150 km au nord-ouest. La convection demeure fluctuante et chaotique mais avec quelques noyaux particulièrement intenses, comme celui qui affecte La Réunion et dont les sommets nuageux culminent à quelque 18 km d'altitude, le pixel le plus froid sur l'image étant alors mesuré à -93°C.

Des pluies, localement diluviennes dans les Hauts, s'abattent alors sur l'île intense, où des lames d'eau supérieures à 1 m d'eau en 24h seront observées ce 5 mars (avec un maximum de 1474 mm relevé au cratère Commerson – massif du volcan). Au vu des désordres occasionnés, tout spécialement par les conditions de circulation rendues extrêmement difficiles, le préfet décidera peu après de décréter l'alerte orange, pour mieux alerter la population sur les risques induits par ces conditions météorologiques localement très dégradées.



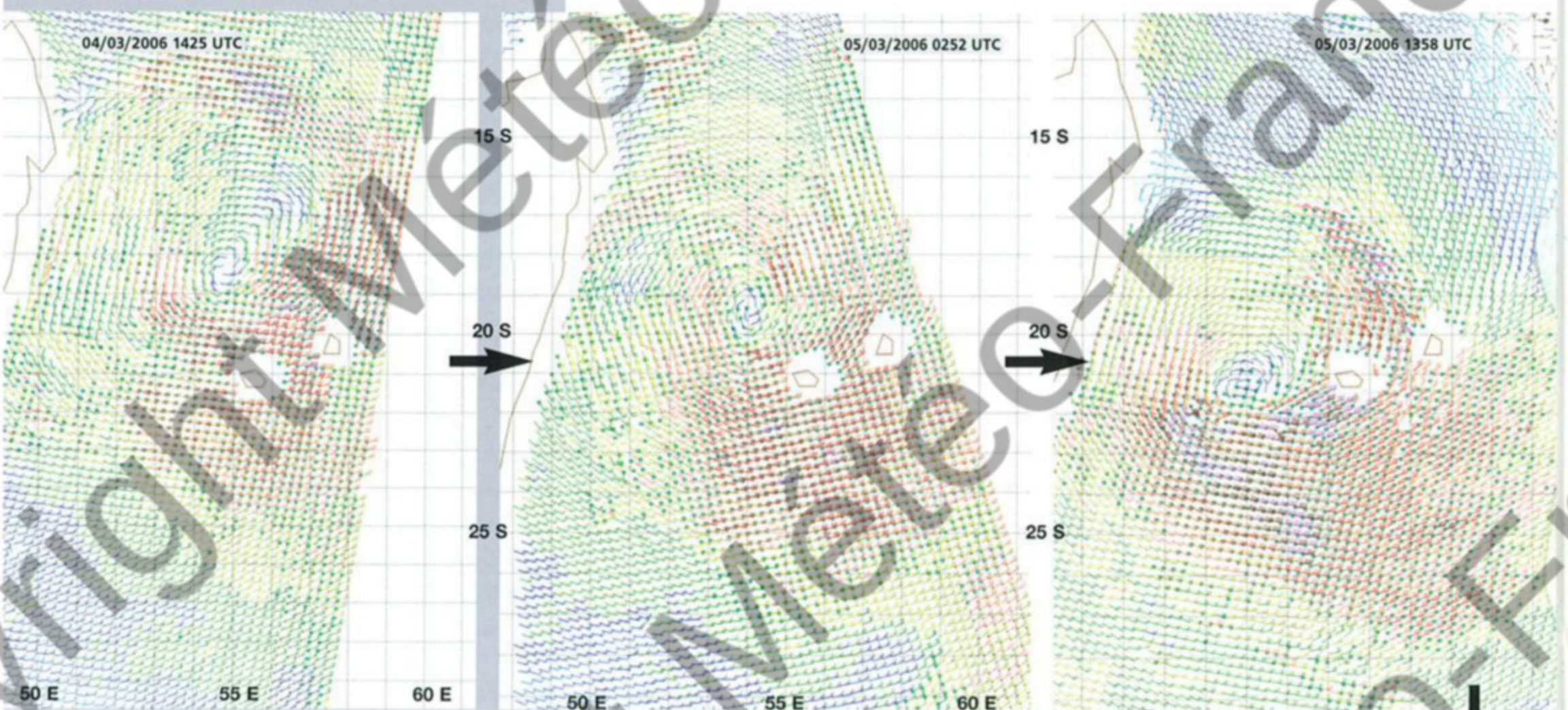
DIWA when transiting close to La Reunion Island. The system did not look impressive at all at the time, appearing very poorly organized. The low centre (well depicted on the AMSU-B microwave image) was just crossing latitude 20° South at that very moment and was about to pass to its nearest from La Reunion, some 150 km to the northwest. The convection remained very fluctuating and chaotic with some prominent nuclei like the one which was affecting La Reunion and whose cloud tops culminated at some 18 km height, the coldest pixel on the image being measured at -93°C. By then the high terrain inland was overflowing under an absolute deluge with rainfall amounts that would exceed one meter in 24h this 5 March (the highest recorded value being 1474 mm at Commerson's crater – volcano area). Considering the resulting disturbances and namely the traffic conditions turning excessively difficult, the Prefect (main local authority) decided to order the activation of the orange state of alert, in order to better warn the population about the hazards induced by these locally very adverse weather conditions.



04/03/2006 1425 UTC

05/03/2006 0252 UTC

05/03/2006 1358 UTC



QuikScat : des données de vent salvatrices. Les estimations de vents dérivées des données issues du radar diffusiomètre SeaWinds embarqué sur le satellite QuikScat ont été décisives pour le suivi de DIWA. Sans cet outil, en l'occurrence plus que précieux, il aurait en effet été très difficile, pour ne pas dire impossible, d'appréhender correctement la situation. Au seul vu des images satellites, il était virtuellement impossible d'analyser valablement l'intensité du phénomène et la structure très particulière du champ de vents ; également temporairement très malaisé de positionner précisément le centre de la circulation dépressionnaire. Grâce aux données QuikScat, les prévisionnistes ont pu, non seulement suivre au mieux la trajectoire du système, mais, plus important, anticiper assez précisément la force maximale des vents amenés à souffler, sur La Réunion notamment, ainsi que prévoir le timing de l'occurrence des conditions de vent les plus dégradées (arrivée des vents les plus forts).

Sur cette série d'orbites QuikScat, dont les fauchées ont opportunément intercepté presque idéalement le champ de vents de DIWA, on peut suivre de manière assez fiable l'évolution de ce dernier. Outre la trajectoire du minimum dépressionnaire, on appréhende bien le passage de l'axe des vents les plus forts sur La Réunion (dans la nuit du 4 au 5 mars), puis la consolidation de la zone secondaire de vents forts dans le quadrant nord-est de la circulation dépressionnaire, cette «traîne» de vents forts dans le sillage de DIWA expliquant la persistance de vents de nord-est à nord encore virulents sur La Réunion le 6 mars, assez loin à l'arrière du centre du système. Cette extension très importante des vents de force 7 à 8, localement 9 Beaufort (grand frais à coup de vent), aura ainsi entretenu un durable épisode de vents forts sur la zone (près de 72h à La Réunion).

QuikScat : the invaluable wind data to be blessed with. The wind estimates derived from the SeaWinds scatterometer radar data aboard the QuikScat satellite were decisive for the monitoring of DIWA. Without this specific observing tool, most valuable in this case, it would have been very difficult, not to say impossible, to correctly diagnose the situation. Just looking at the satellite imagery it was virtually impossible to analyse validly the intensity of the system and the very atypical structure of the wind field. Also temporarily very hard to accurately locate the low-level circulation centre. Thanks to the QuikScat data the forecasters were able to not only better monitor the storm's track but, most importantly, could anticipate rather precisely the strength of the winds to blow, over La Reunion in particular, and could also predict the timing of the worse wind conditions (arrival of the strongest winds).

On this panel of QuikScat orbits, whose swaths seasonably intercepted almost ideally DIWA's windfield, one can follow confidently the time-evolution of this windfield. In addition to tracking the low centre, one can figure the transit of the axis of maximum winds over La Reunion (during the night of 4th March) and then the consolidation of the secondary zone of strong winds within the northeastern quadrant of the clockwise circulation, this trail of strong winds in the wake of DIWA explaining the persistence of northeasterly to northerly winds still vigorous at La Reunion on 6 March, quite far away behind the storm's centre. This very wide extent of 7 to 8, locally 9, Beaufort winds (near gale to gale force winds), was responsible for the unusual duration of this strong wind episode over the area (lasting almost 72h at La Reunion).

explained in part by the upper surrounding synoptic situation with an anticlockwise circulation roughly centred between the two systems, it seemed obvious that the primary contribution of the shearing originated from the two systems themselves, as the upper outflow generated by the convective activity of each respective system was the main source of ventilation to the other given that the main role of the upper synoptic circulation was to define the way the outflow channels outspread and as a result, to determine the orientation of the resulting sheared constraints. And indeed, very soon – by midday on 4th March

tout particulièrement). À Maurice des valeurs comparables ont été mesurées préalablement (plutôt en soirée du 4) : on peut citer 109 km/h à Savannah, 105 km/h à Médine ou Mon Désert Alma et 126 km/h à Beaux Songes, pour la valeur la plus élevée mesurée. Bien qu'échappant au noyau de convection le plus intense, qui glisse au nord des deux îles, celles-ci subissent en outre de fortes précipitations au passage des masses nuageuses convectives présentes dans le quadrant sud-est de DIWA. À Maurice les précipitations excèdent fréquemment les 200 mm, soit des valeurs

équivalant à la pluviométrie mensuelle du mois de mars (qui est en moyenne de 242 mm sur l'île), avec des lames d'eau localement plus conséquentes dans le Sud-Est de Maurice (495 mm en 24h à Camiz-zard, 395 mm à Ferney).

À La Réunion les quantités recueillies vont être d'une toute autre échelle, les fortes pluies se prolongeant bien au-delà de cette nuit du 4 au 5 mars, et prenant un caractère franchement diluvien en journée du 5 dans l'intérieur de l'île, où le relief exacerbe de manière extrême les précipitations, avec des intensités pluvieuses six à

sept fois supérieures à celles constatées sur le littoral relevées sur les hauteurs distantes d'une dizaine de km seulement (188 mm en 24h à l'aéroport de Gillot sur la côte nord, contre 1337 mm à Grand Îlet dans le cirque de Salazie par exemple). Ces très fortes pluies commenceront de lentement s'atténuer à partir du lendemain 6 mars, mais ne prendront fin qu'en début de journée du 8, laissant derrière elles des cumuls impressionnants (voir détails page suivante). Surpassant celles des derniers épisodes cycloniques récents (comme celui de DINA), la pluviométrie de DIWA aura ainsi approché, sur des durées de 3-4 jours, celle de la référence HYACINTHE et ses records mondiaux, avec jusqu'à près de 3 m de précipitations recueillis à Grand Îlet (Cirque de Salazie)...

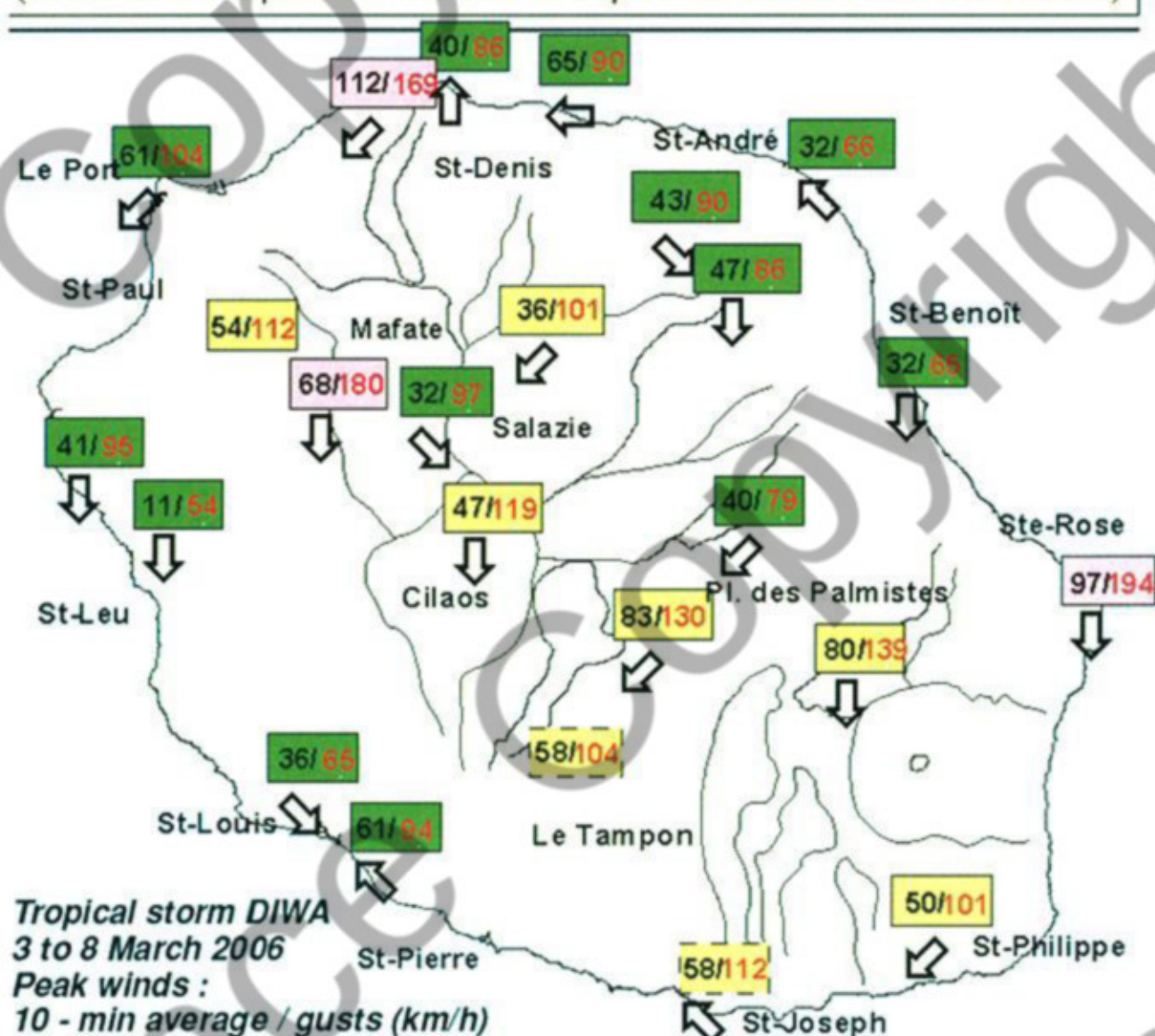
Sans que l'on puisse parler d'une quelconque stagnation sur place du météore, puisque dans l'intervalle celui-ci aura continué de s'enfoncer lentement mais sûrement vers les latitudes sud, la prolongation durable de cet épisode pluvieux intense aura tout de même tenu pour bonne part à l'éloignement relativement lent de DIWA, la trajectoire suivie en étant

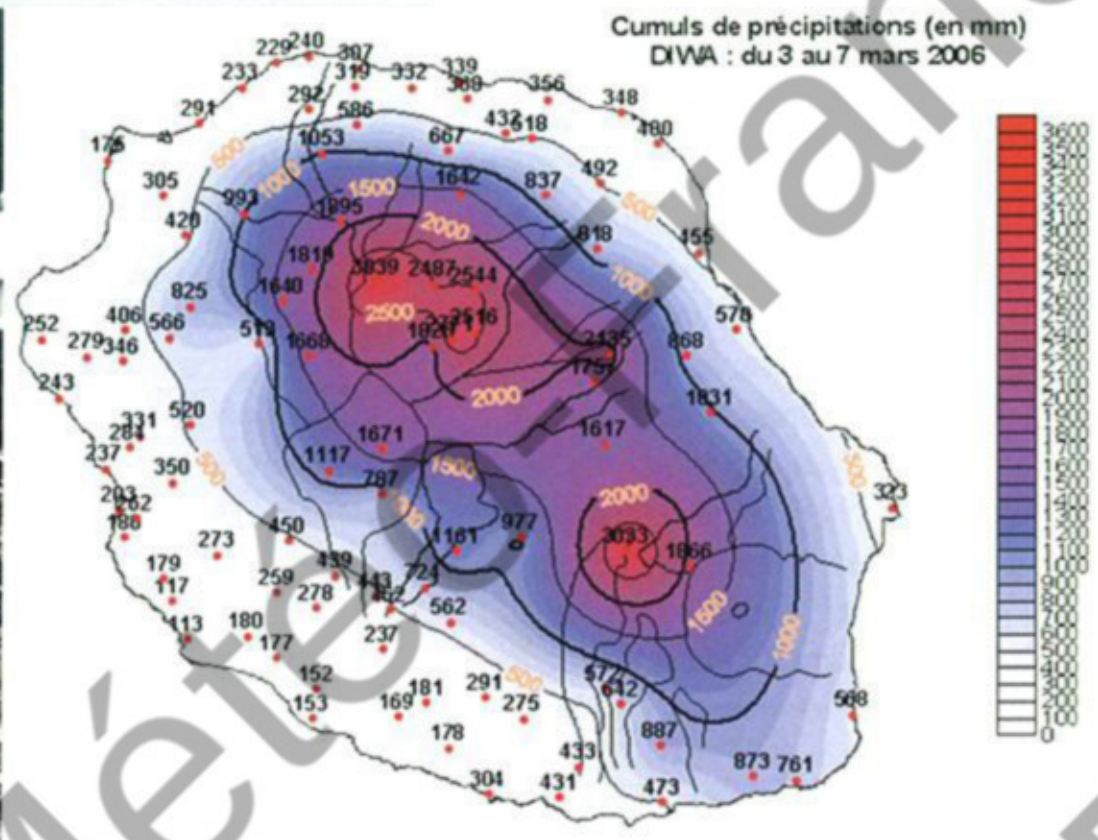
– the southeasterly sheared constraint turned to be too strong for the embryonic disturbance n°12 to be able to resist it. A small low-level vortex encircling the corresponding low centre (estimated at 1000 hPa) unveiled outside the convection and then edged away as it quickly shifted towards the south-southeast. Most obviously sucked into the northeastern quadrant of DIWA's circulation it went on dissipating and disappeared altogether on the following night, irremediably engulfed by DIWA. The binary interaction between the two systems (otherwise known as the Fujiwhara effect) most probably also affected their respective tracks. While it seemed most obvious for system N°12, it was likely equally true for DIWA. Rather than the bend of the trajectory towards the west-southwest observed since the previous day, it was the sharp change of trajectory on a slightly east than due south heading occurring late night of 4th which was the most conclusive indication since it seemed to sign the end of DIWA's interaction with the low centre of System N°12 after the latter had disappeared. Due to the persistence of DIWA's extremely dissymmetric pattern, both in terms of related cloud masses and windfield, with the stiff persistence of a wide area of strong winds in

the east-to-south sectors of the depression's centre (being exposed on the fringe of the convective activity this centre for its part was still surrounded by a large blob of weak winds just like the successive QuikScat overpasses kept on testifying), Mauritius and La Reunion, situated in the most unfavourable sector of the clockwise circulation, were lastingly affected by very disturbed weather.

As it assumed a more meridian-like path, the depression system however resumed a more duly south course. So did also the most active cloud clusters and the strongest winds area related to DIWA, which had started brushing the sister islands from the afternoon on 4th and could now keep bearing towards the south latitudes. The maximum winds axis thus transited on La Reunion in the course of the night on 4th. These gale force winds generated peak gusts of about 100 km/h on the coastline, exceeding 120 km/h locally in the heights (or even punctually 150 km/h on the most exposed sites prone to Venturi effects, namely cliff edges). In Mauritius, comparable values had been measured earlier (in the early night of 4th): 109 km/h at Savannah, 105 km/h at Medine and Mont Desert Alma, and 126 km/h at Beaux Songes, for the highest recorded value. While the most intense core of convection swung by the two islands as it passed slightly to the north, the latter could not avoid the convective cloud masses present in the southeastern quadrant of DIWA though and underwent heavy rains. In Mauritius, rainfall exceeded frequently 200 mm, i.e. values being tantamount to the monthly rainfall of March (which is 242 mm in average on the island); with locally greater rainfall amounts in the southeast of Mauritius (495 mm within 24h at Camizzard, 395 mm at Ferney). In La Reunion, recorded amounts were of a much different scale, heavy rains extending far beyond the night of the 4th and assuming a deluge-like pattern by the day on 5th in the island's hinterland where relief tremendously exacerbated the rain intensities, with downpours six to seven times more intense than those observed on the seaboard recorded in the heights just about 10 to 15 km away (188 mm in 24h at Gillot airport on the north coast, against 1337 mm at Grand Îlet in the Cirque of Salazie for instance). Those very heavy rains started to lessen slowly by morning on 6th March but would only end by early morning on 8th March leaving impressive cumulated rainfall amounts behind (see details following page).

Vent moyen maxi/Vent instantané maxi (en km/h)
Tempête tropicale DIWA du 3 au 8 mars 2006
 (cadres en tiretés pour les vents estimés d'après des mesures de vent à 2 mètres)





DIWA, une «tempête de l'eau» à La Réunion... Plus que pour les vents occasionnés (voir page précédente) : rafales maximales de l'ordre de 100 km/h sur les zones côtières, excédant localement les 120 km/h dans les Hauts (130 km/h à La Plaine des Cafres), voire ponctuellement les 150 km/h dans des sites particulièrement exposés aux effets d'accélération du relief, DIWA demeurera une perturbation marquante de par la pluviométrie générée par le météore dans l'intérieur de «l'île intense». Si sur les zones littorales les précipitations sont restées conformes à un épisode de fortes pluies ordinaire, les hauteurs de l'île ont, par contre, été copieusement arrosées. Plus que les intensités maximales sur des courtes durées, qui n'ont rien eu de remarquable par rapport à des épisodes de fortes pluies classiques, ce sont les lames d'eau très importantes accumulées sur des périodes de 24 à 96 heures qui confèrent à cet épisode DIWA son caractère exceptionnel.

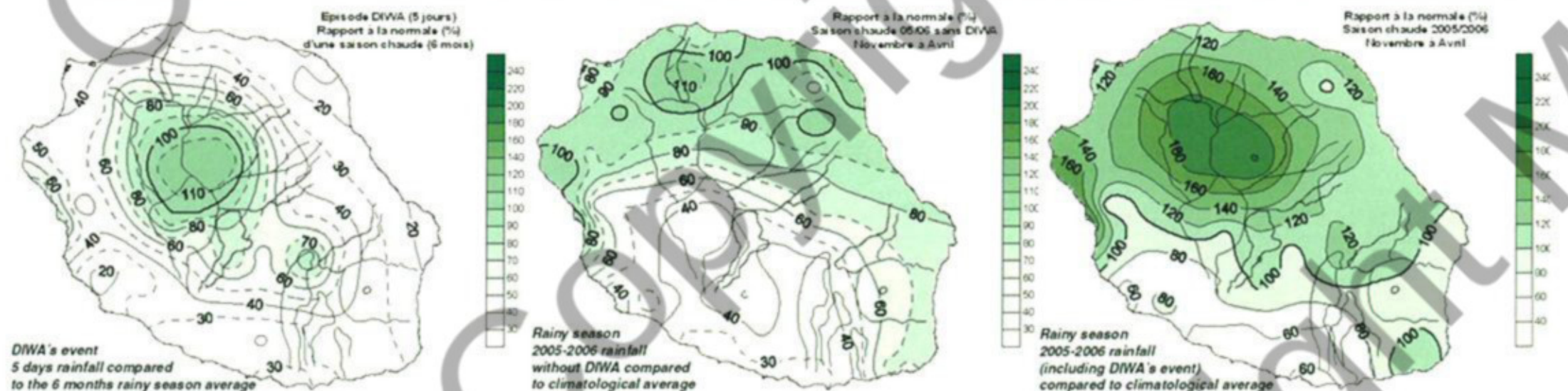
Les valeurs maximales de précipitations mesurées sur 24 et 48 heures ont ainsi été les suivantes : en 24 heures : 1474 mm à Commerson (route du volcan), 1337 mm à Grand-Ilet (cirque de Salazie), 926 mm à La Nouvelle (cirque de Mafate) et en 48 heures : 2305 mm à Commerson, 2246 mm à Grand-Ilet, 1443 mm à Aurère (cirque de Mafate). Si l'on considère maintenant les cumuls en 3 jours (des données quotidiennes) : 2720 mm à Commerson, 2620 mm à Grand-Ilet, 1657 mm à Aurère, ces valeurs sont supérieures à ce qu'on a pu mesurer dans un passé récent lors du passage de véritables cyclones (par exemple, les 2082 mm en trois jours lors de DINA, en janvier 2002, à la Plaine des Chicots). Bien qu'un cran en-dessous, elles se rapprochent en fait de celles observées en janvier 1980 lors de l'épisode du cyclone HYACINTHE de triste mémoire, au cours duquel le record mondial de précipitations en 3 jours avait été établi à Grand-Ilet avec 3240 mm.

Sur 4 jours, le constat est le même : 2943 mm à Grand-Ilet, 2879 mm à Commerson, 1724 mm à Aurère lors de DIWA, à comparer aux 3551 mm relevés à Commerson lors de HYACINTHE (record mondial également). Pour mémoire, on rappelle qu'il était tombé près de 6 m d'eau en 10 jours à Commerson lors de l'épisode HYACINTHE (5678 mm précisément)...

DIWA, a «rain storm» at La Reunion... More than for the winds generated (see previous page) : peak gusts around 100 km/h on the coastal areas, exceeding locally 120 km/h in the upper reaches (130 km/h at Plaine des Cafres), or even punctually 150 km/h in sites especially exposed to the accelerating effects of the relief, DIWA would be remembered for the rains poured by the meteor inland of the «intense island». While on the coastal plains the rainfall amounts remained in the typical range of an ordinary heavy rain event, the upper reaches were copiously drenched for their own. If the peak rain rates recorded on the shorter durations compared to those of typical heavy rain episodes that was not so for the cumulated rainfall amounts on periods ranging from 24 to 96 hours which conferred to DIWA's event its exceptional nature.

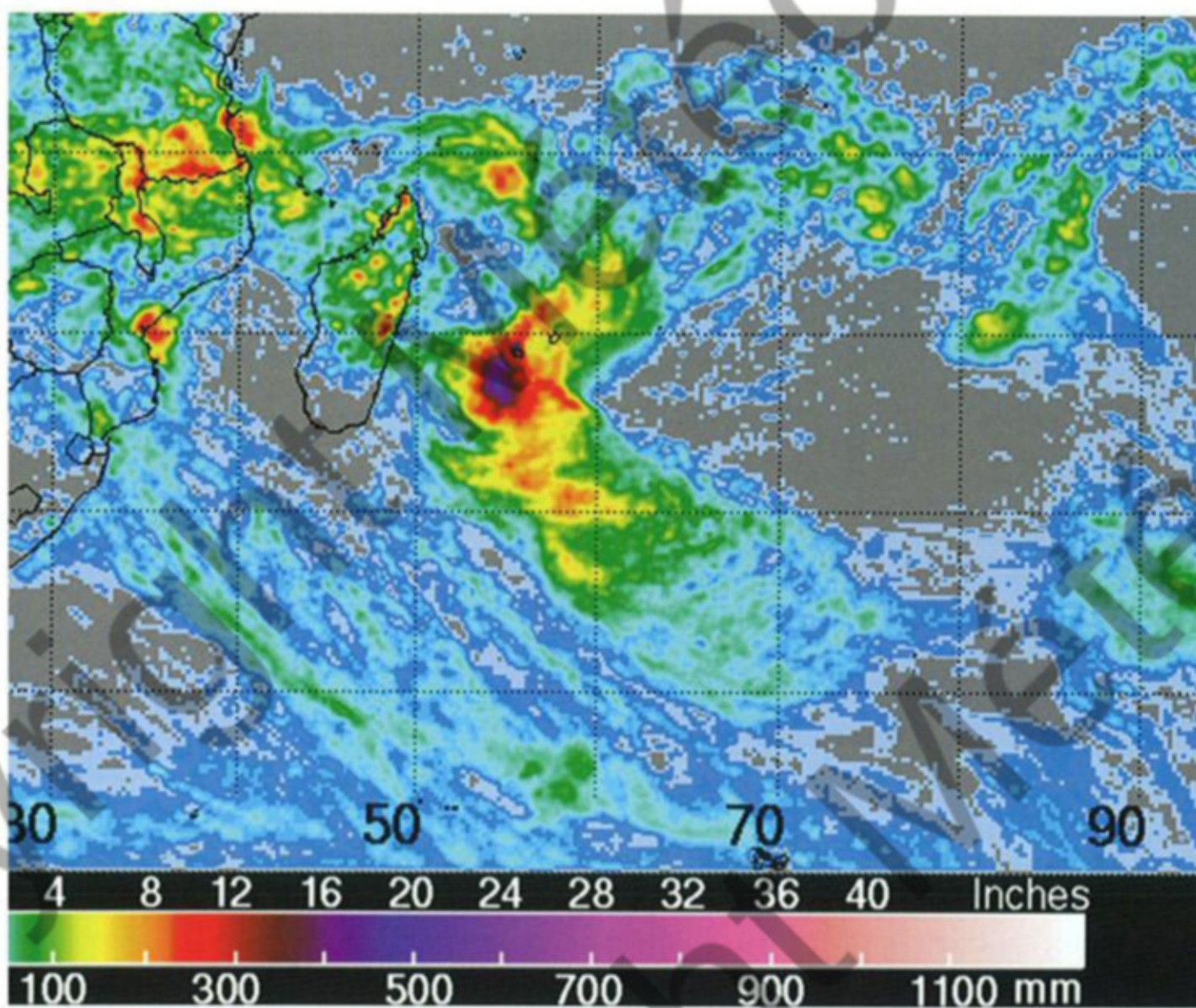
The highest 24 and 48h rainfall amounts recorded were the following : in 24h : 1474 mm at Commerson's Crater (volcano area), 1337 mm at Grand-Ilet (Salazie Cirque), 926 mm at La Nouvelle (Mafate Cirque); in 48h : 2305 mm at Commerson's Crater, 2246 mm at Grand Ilet, 1443 mm at Aurère (Mafate Cirque). If we now consider the 3 days amounts (based on daily figures) : 2720 mm at Commerson's Crater, 2620 mm at Grand Ilet, 1657 mm at Aurère, these values exceeded those recorded during recent genuine cyclone events (2082 mm maximum 3 days amount during DINA at Plaine des Chicots for instance). In fact they almost compete with the rain observed in January 1980 during infamous cyclone HYACINTHE event, when world records were established like the 3240 mm 3 days rainfall amount recorded at Grand Ilet.

For 4 days amounts the same statement applies : 2943 mm at Grand Ilet, 2879 mm at Commerson's Crater, 1724 mm at Aurère during DIWA to compare with the 3551 mm recorded at Commerson's Crater during HYACINTHE (world record as well). As a reminder, almost 6 meters of rain fell in 10 days at Commerson's Crater during HYACINTHE's event (5678 mm to be more precise)...



Pour mieux se représenter l'importance de l'épisode pluvieux DIWA, quelques éléments de comparaison édifiants : dans la zone des cirques alentour du Piton des Neiges, il est tombé en cinq jours plus de six fois la pluviométrie moyenne d'un mois de mars, soit l'équivalent de la pluviométrie normale d'une saison des pluies entière (les six mois allant de novembre à avril) ! L'impact de DIWA sur la pluviométrie de la saison chaude a donc été majeur, en particulier pour atténuer les effets d'une sécheresse persistante sur les régions sud-ouest à sud de l'île. Cet impact positif sur la ressource en eau a eu son revers, à savoir les dégâts causés par les inondations et autres effets indirects induits par les pluies diluviennes (ici, la crue de la rivière des Pluies, qui a érodé les berges et détruits plusieurs maisons – photo JIR en haut à gauche).

To better realize the magnitude of DIWA's rain episode, a few telling elements of comparison : in the Cirques' area (inland area surrounding the «Peak of the snow» – main summit) the 5 days rainfall amounts exceeded the six-fold rain average of March, or matched the normal total rainfall amount of a whole rainy season (six months going from November to April)! DIWA had therefore a major impact on the warm season pluviometry, in particular to mitigate the adverse effects of the long-lasting drought affecting the island's southern and southwestern regions. This positive impact on the water supply had however its counterpart, namely the havoc wreaked by the floodings and other indirect effects induced by the torrential rains (here the swelling of a river which eroded its banks thereby destroying several houses - upper left image).



en l'occurrence plus la raison que la vitesse de déplacement (près de 10 km/h en moyenne entre le milieu de nuit du 5 au 6 et la matinée du 7 mars). En effet, la trajectoire courbe décrite, dans le sens antihoraire, entre le 6 et le 7 mars, a fait que le centre de la dépression, alors qu'il se situait déjà à 300 km au sud-ouest des côtes réunionnaises au petit matin du 6, n'a atteint la barre des 400 km que 36h plus tard, dans l'après-midi du 7, maintenant ainsi entre-temps La Réunion au sein de la large sphère d'influence du système dépressionnaire.

Cette phase d'éloignement lent du météore a aussi correspondu avec sa phase de mutation en un système dépressionnaire plus classique. L'évolution associée, lente également, a commencé de se concrétiser en début de journée du 6 mars, avec la formation de bandes nuageuses convectives s'enroulant autour du minimum de basses pressions. Essentiellement présentes dans le demi-cercle est de la circulation, dans l'alimentation humide de nord, ces bandes convectives peinent toutefois à prendre de l'ampleur et à se pérenniser, ce malgré une vorticité qui s'est clairement affirmée sur l'imagerie satellitaire, témoignant visuellement de la poursuite probable du creusement graduel de la pertur-

bation et du renforcement induit des vents, considérés avoir atteint la force tempête en cours d'après-midi du 6 mars.

Ce n'est qu'à l'approche de son apogée, au petit matin du 8, que la signature nuageuse et convective du météore parviendra enfin à réellement se rapprocher d'une configuration nuageuse plus conforme à celle d'une forte tempête tropicale classique, du moins si l'on se réfère aux canons habituels définis par Dvorak. Ce maximum d'intensité, analysé au stade supérieur de la forte tempête tropicale, survient à une latitude déjà élevée pour le bassin (près de 28 Sud). La course de DIWA, qui s'était établie 24h plus tôt en direction du sud-est, s'est en effet franchement accélérée depuis la veille. Et la vitesse de déplacement qui avait doublé en soirée du 7, continue de croître, avant de se stabiliser entre 35 et 40 km/h   la mi-journée de ce 8 mars. Avec une telle trajectoire, l'expulsant   vive allure vers le domaine subtropical, l'avenir de DIWA est tout tracé, avec les ingrédients classiques d'une transition extra-tropicale imminente. Malgré la présence d'eaux au maximum de leur température de l'année, et même nettement plus chaudes que la normale en ce début mars 2006 de part et d'autre du 30  parallèle Sud, DIWA se dirige inexorablement vers des eaux plus

... Mais cela aurait pu être pire !

Sur cette carte de pluies cumulées sur 7 jours, estimées à la date du 10 mars 2006 grâce aux mesures satellitaires (notamment celles du satellite TRMM – Tropical Rainfall Measuring Mission –, satellite lancé en 1997 dont la vocation première est de mesurer la pluviométrie en zone tropicale), l'impact pluvieux de DIWA apparait clairement. Et au vu du positionnement de La Réunion en marge du noyau de maximum de précipitations, on n'ose imaginer ce qu'il serait advenu si celui-ci avait concerné «l' le intense» : des records mondiaux de précipitations de l'épisode HYACINTHE auraient certainement été battus.

... But the rain situation could have been worse !

On this seven days regional rainfall accumulation map (ending 10 March), which was figured out thanks to satellite data including those acquired by the TRMM – Tropical Rainfall Measuring Mission – satellite (launched in 1997 and whose primary mission is to collect a comprehensive tropical rainfall dataset), DIWA's rain impact and related spatial distribution were clearly brought into prominence. And considering the positioning of La Reunion on the outer fringe of the nucleus of max rainfall, one can legitimately wonder what would have happened in the case this nucleus had affected the «intense island»; some world rain records set during HYACINTHE's episode would probably have been broken. (Image courtesy Hal Pierce, Nasa/GSFC)

Exceeding that of the last recent cyclone episodes (such as DINA's), DIWA's precipitations thus nearly reached on a 3-to-4 days period that of HYACINTHE's and its world records with almost 3 m of precipitation being recorded at Grand Ilet (Cirque of Salazie)...

While it would be wrong to say there was any on-spot stalling of the meteor since in the meantime the latter had continued to dig slowly but surely towards the southern latitudes, the lasting prolongation of this intense rain episode was still mainly due to DIWA's relatively slow moving off. More than the speed of movement (about 10 km/h in average from middle of night on 5th to morning on 7th) it was the trajectory assumed by the storm that was the main culprit for that slow withdrawal. Indeed, the anticlockwise bend it described between 6th and 7th March led the depression centre, while standing already 300 km to the southwest coast of La Reunion by daybreak on 6th, to reach the 400 km benchmark only 36h later in the afternoon on 7th, and thus maintaining meanwhile La Reunion within the large sphere of influence of the storm.

This slow edging away phase of the meteor also corresponded to its mutation phase into a more classic depression system. The related – likewise slow – evolution started to materialise by early morning of 6th with the formation of convective cloud bands wrapping around the low pressure centre. Essentially present in the eastern semi-circle of the circulation, in the moist supply of the northerly flow, those convective bands struggled though to amplify and perdure, despite a vorticity increase clearly asserted on the satellite imagery, which visually witnessed the probable gradual further deepening of the disturbance and induced strengthening of winds, considered to have



attained storm force during the afternoon of 6th March.

It was only when approaching its best depiction by daybreak on 8th that the cloud and convective signature of the meteor finally managed to start assuming a cloud pattern more consistent to that of a classic severe tropical storm, at least when referring to usual Dvorak standards. This peak of intensity, analysed at the upper stage of severe tropical storm, happened at an already high latitude for the basin (near 28°South). DIWA's course which 24h earlier had set southeastward had accelerated a lot since the previous day. And its speed of motion which had doubled by the evening on 7th continued to increase before stabilising to 35 - 40 km/h by midday on 8th March. With such a trajectory that was expelling it very rapidly to the subtropical domain, DIWA's future was all set with the classic ingredients of an imminent extra-tropical transition. Despite the presence of waters being at their maximum yearly surface temperature and even much warmer than usual on this beginning of March 2006 on either side of latitude 30°South, DIWA was heading inexorably for cooler waters. The upper westerly flow which was steering it concomitantly induced a reinforcement in vertical

froides. Le courant d'ouest en altitude qui l'emporte, induit concomitamment un renforcement du cisaillement vertical de vent. La phase de transition extratropicale débute en effet peu après, pour prendre fin le lendemain. La circulation dépressionnaire, très large (plus de 800 km de diamètre moyen pour l'extension du grand frais), demeure localement associée à des vents de la force tempête jusqu'en début de nuit du 9, avant que les vents ne commencent à faiblir, beaucoup plus rapidement dans le demi-cercle sud de la circulation. Le minimum dépressionnaire, en comblement lent, franchit le 40° parallèle Sud en fin de nuit du 10 au 11 mars, peu après être passé à quelque 230 km au sud-ouest de l'île d'Amsterdam, où un vent maximal à la limite du coup de vent a été mesuré à la station d'observation de Météo-France (vent moyen de 33 nœuds, pour une rafale maximale de 47 nœuds).

Dans une saison cyclonique de faible activité et pouvant être qualifiée de plutôt clémente pour les terres habitées de la zone Sud-Ouest de l'océan Indien, DIWA aura

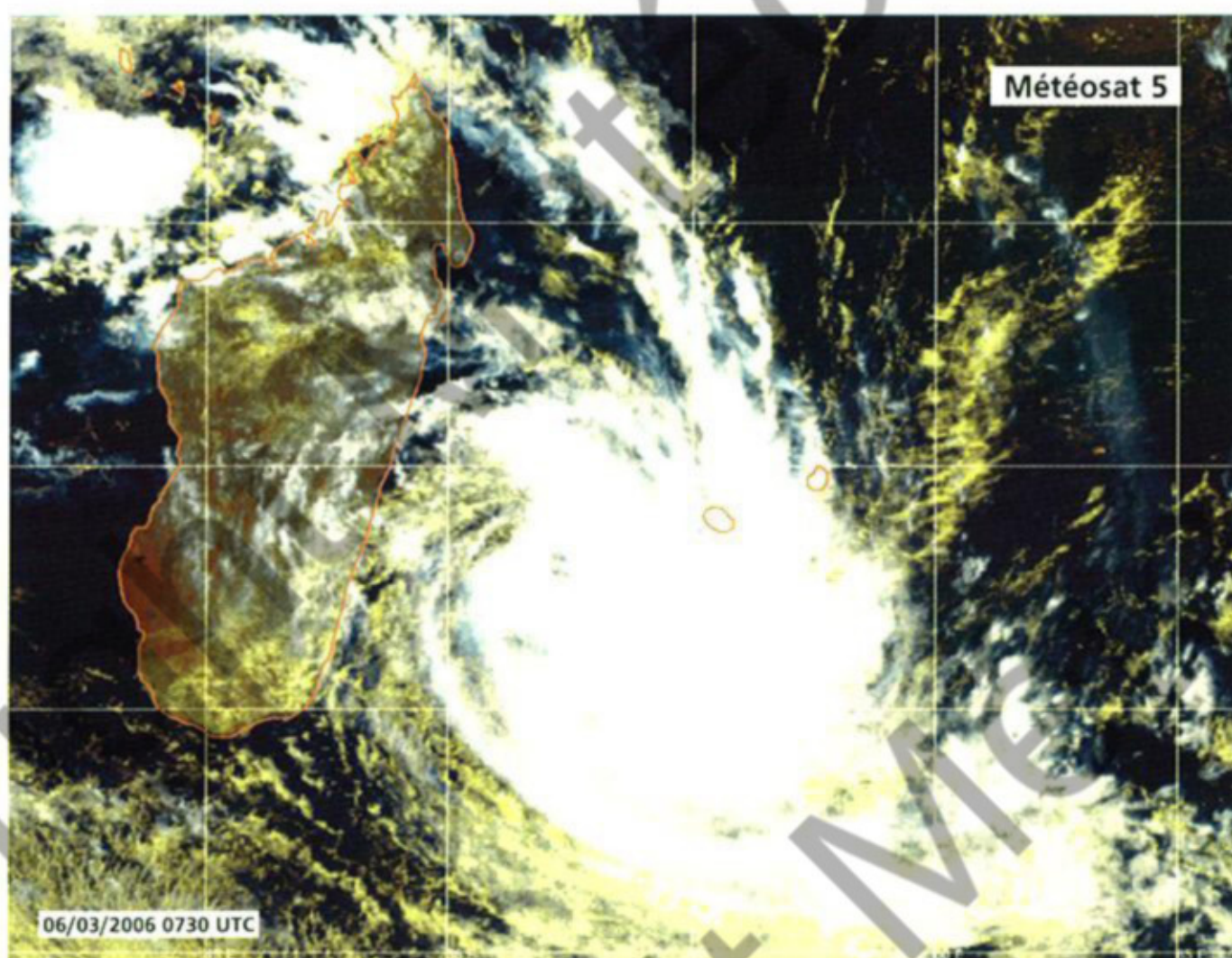
Fortes pluies et risque géologique, un cocktail détonant.

De part sa géologie et son relief très marqué, La Réunion est exposée à la fois à des épisodes pluvieux parfois intenses et à un risque géologique latent. Quand les deux se combinent, à savoir quand le travail d'érosion est amplifié et accéléré suite à de fortes précipitations, les conséquences peuvent être dramatiques. L'île a ainsi régulièrement été soumise à des glissements de terrain et éboulements, d'ampleur plus ou moins importante, se produisant consécutivement à des fortes pluies, le plus souvent d'origine cyclonique, et ce dans un délai extrêmement aléatoire, rendant ce risque supérieurement difficile à anticiper et à gérer. L'éboulement majeur intervenu sur la route littorale le 24 mars 2006 et ayant causé la mort de 2 personnes, plus de 15 jours après l'épisode DIWA, en a constitué une nouvelle illustration (lire détails page 62).

Heavy rain and geological hazards: a dreadful cocktail.

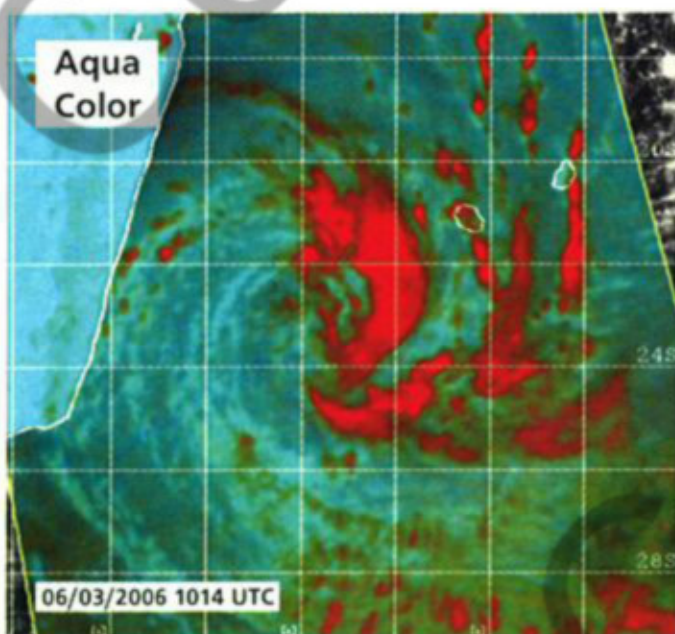
Owing to its geology and marked relief La Reunion is prone to sometimes intense rain events and to a latent geological hazard. When both combines, i.e. when the undermining work of erosion is amplified and accelerated after heavy rains, the consequences can be tragic. The island has indeed been regularly affected by rock falls or landslides of more or less importance in the aftermath of heavy rainfalls, mostly accruing from tropical storms or cyclones. Happening randomly upon a very uncertain delay this hazard is rendered supremely difficult to anticipate and manage. The major landslide which took place on 24 March 2006, more than two weeks after DIWA's event, and which buried a portion of the main coast highway causing the death of two people was another illustration of that (read more details page 61).

laissé son empreinte. De par sa genèse et sa structure atypiques pour le bassin, autant que pour ses conséquences pluvieuses à La Réunion (et à un degré moindre à l'île Maurice), il aura constitué le phénomène le plus intéressant et le plus digne d'être remémoré de cette saison. Il a rappelé que derrière le critère intensité, le critère taille (et structure plus généralement) demeure fondamental pour déterminer l'impact potentiel d'un système dépressionnaire et que, corollaire de l'assertion précédente, une tempête tropicale peut générer davantage de précipitations qu'un cyclone mature. DIWA a également constitué une nouvelle illustration du fait qu'il n'y a pas de corrélation entre l'activité cyclonique à l'échelle du bassin et le risque cyclonique considéré ponctuellement en un lieu donné, comme on peut par exemple l'envisager pour une île de la taille de Maurice ou de La Réunion prise individuellement. Lors d'une saison peu active, il suffit que le hasard des trajectoires fasse qu'un seul système vienne impacter significativement un territoire donné, pour que les populations concernées considèrent la saison comme ayant été active, voire mémorable en cas de phénomène majeur. À l'image de la saison cyclonique 1986-1987, qui n'avait également connu que cinq phénomènes baptisés, mais au cours de laquelle La Réunion avait beaucoup



Début de creusement de DIWA. Une fois au sud-ouest de La Réunion, la structure nuageuse du météore commence à s'organiser (comparer avec l'image de la veille page 55), amorçant l'évolution vers une configuration se rapprochant davantage de celle d'un système dépressionnaire classique. Bien qu'en atténuation sensible par rapport à la veille, de fortes précipitations sont encore observées à La Réunion, toujours soumise à des bandes nuageuses périphériques du météore, dans un flux de nord-nord-est demeurant très humide.

When DIWA started to deepen. Once to the southwest of La Reunion the meteor's cloud structure improved and began to organize (check the difference with the previous day on image page 55) this evolution initiating a transition towards a configuration more consistent with that of a typical tropical storm. Although having noticeably abated compared to the previous day heavy rains were still observed at La Reunion, which was under the lengthening influence of peripheral rain bands in a north-northeasterly flow remaining very moist.



souffert de CLOTILDA, certains Réunionnais se souviendront plus, au travers de DIWA, de la saison 2005-2006, que de bien d'autres saisons beaucoup plus actives sur le bassin, mais n'ayant eu aucune conséquence pour eux...

windshear.

As a matter of fact, the extra-tropical transition phase started shortly afterwards and ended the following day. The very wide clockwise circulation (nearly 800 km in average diameter for the near gale force winds) retained locally embedded storm force winds until the early night on 9th March, before winds started to abate, much faster in the southern semi-circle of the circulation. The low centre, filling slowly, crossed latitude 40°South by the late night of 10 March, shortly after passing some 230 km to the southwest of Amsterdam Island where peak winds almost reached gale force threshold (maximum 10-min average wind of 33 knots for a peak gust of 47 knots recorded at the Météo-France observing station).

In such a cyclone season of low activity which may be qualified as rather clement to the inhabited lands of the South-West Indian Ocean, DIWA certainly left a mark. When considering its genesis and structure, quite atypical for this basin, and also the accruing rains generated in La Reunion (and to a lesser degree in Mauritius), it was the most interesting phenomenon of the season and most worthy of being remembered. It was a reminder that after the intensity criterion the size - and more generally structure - criterion is essential in order to determine the potential impact of a depression system and the corollary of this is that a tropical storm may generate more rain than a full-blown cyclone.

DIWA was yet another example of the fact that there is no correlation between the cyclone activity on the basin's scale and the cyclone risk for any given point, such as could for instance be envisaged for an island the size of Mauritius' or of La Reunion's alone.

During a season of low activity, if amongst the randomly distributed storms' trajectories one system unfortunately manages to impact greatly any given place, this will suffice to have the concerned population think the season was very active, and even memorable in case of a major strike. Just alike the 1986-1987 cyclone season which also had only 5 named systems but during which La Reunion suffered a lot through CLOTILDA, some Reunionese through DIWA may retain a more vivid memory of the 2005-2006 season than for any other much more active seasons over the basin but of no consequences to them ...

THE AFTERMATH OF DIWA AT LA REUNION

The rains poured by DIWA in La Reunion caused a lot of disorder and a direct death casualty (a woman driver was swept away in the Saint-Gilles ravine while driving to work). Three death casualties were also indirectly linked to DIWA's episode (a family was intoxicated by carbon monoxide after imprudently putting a generator set inside their home).

There was great material damage. Beside the multiple flooded homes that traditionally occur in heavy rains, the complete destruction of the dwellings built near the river bed of Rivière des Pluies was a far less usual event. Already threatened by the river flood during the heavy rainfall event in February, this time the houses were definitely swept away. The road network also greatly suffered in the heights where there were numerous landslides and where portions of road got either swept away or damaged. Water and electricity networks were also disturbed at a lesser degree. Agriculture and namely market gardening endured important loss.

However the main disastrous and dramatic consequences happened afterwards. Beside repeated imprudent acts by people in ravines and water ways in the post-DIWA period, with the heavy toll of 4 deaths by drowning (one at Bras de Cilaos, three at Cascade Niagara), and another two near-death escapees, other casualties were caused by the geological impact in the aftermath of DIWA's precipitations. Being accelerated by the heavy rains, the erosion of the cliffs overlooking the coastal highway led to two rock falls in a row

including one major one.

On 12 March, a 7-ton rock fell off the cliff and collapsed on the traffic lanes even though only those along the ocean side were running. Six drivers were injured, three of which seriously. But on 24 March, more than two weeks after the end of DIWA's event hence, it was a far greater event that occurred before dawn. This time, a whole cliff wall of about 15 to 20,000 cubic metres of earth and rocks fell and engulfed the road causing the death of two people and seriously injuring two. The death toll might have been much more dramatic if the landslide had happened two hours later during traffic peak.

Beside its human toll, this deadly landslide, undoubtedly linked to DIWA (the last comparable event – causing three deaths – happened in June 1980, i.e. just a few months after the record rains of HYACINTHE – a not so fortuitous analogy), had a great socio-economic impact with the closing for several weeks of this vital road link which greatly disturbed both the economic life of the island and the daily life of the numerous coastal road users who were condemned to spend hours in daily traffic jams on the mountain alternative road. The traffic resumed normally on the four lanes only in July, i.e. three months after the event.

Despite all those negative effects, there was still a positive one and which is that DIWA contributed greatly to replenish the water resources for a good part of the island. In the South and South-West regions of the island though having received much less rain from DIWA, one might go as far as saying that this episode saved the rainy season which otherwise would have been extremely deficient (less than 50% of the normals), and even catastrophic for sectors having already experienced severe drought previously.

Thanks to DIWA whose rains alone exceeded those of a whole rainy season in the Cirques (having equalled the normal cumulated rainfall amount of the six months that a warm season lasts – from November to April), the rest of the island benefited from above normal rainfall amounts which stemmed mainly from two notable rainy episodes, i.e. the heavy rain event of February (16 to 19) and the DIWA's episode. Otherwise, the rainy season was alike the cyclone activity over the basin, i.e. hardly active and with very rare significant rainy episodes, in any case insufficient to ensure the water supply for the dry period to come. In this view, the occurrence of DIWA was beneficial. Tropical disturbances are a necessary ill for tropical islands. DIWA was yet another example of this.

LES CONSÉQUENCES DE DIWA À LA RÉUNION

La pluviométrie engendrée par DIWA à La Réunion aura causé de nombreux désordres et fait également une victime directe (une automobiliste emportée dans la ravine St-Gilles, alors qu'elle se rendait à son travail). Trois décès ont par ailleurs été indirectement reliés à l'épisode DIWA (intoxication au monoxyde de carbone dans une famille d'îlet à Cordes ayant commis l'imprudence de placer un groupe électrogène dans sa maison). Les dégâts matériels ont par ailleurs été nombreux. Au-delà des multiples inondations de maisons traditionnellement associées aux gros épisodes pluvieux, moins habituelle aura été la destruction totale d'habitations construites à proximité du lit de la rivière des Pluies. Déjà menacées par la crue de la rivière lors de l'épisode de fortes pluies de février, les maisons ont cette fois été emportées sans rémission. Le réseau routier a beaucoup souffert dans les Hauts, avec de nombreux éboulis et portions de route emportées ou endommagées. À un degré moindre, les réseaux d'eau et d'électricité ont également connu des perturbations. L'agriculture, maraîchère en particulier, a subi des pertes importantes.

Mais les principales conséquences néfastes, et même dramatiques, sont survenues a posteriori. Outre des imprudences à répétition survenues dans les ravines et cours d'eau dans la période post-DIWA, avec un lourd bilan de 4 personnes noyées (une dans le Bras de Cilaos, trois à la Cascade Niagara), plus deux ayant échappé de peu à la mort, d'autres victimes ont été à déplorer du fait de l'impact géologique induit a posteriori par les pluies de DIWA. Accéléré par les fortes précipitations, le travail d'érosion de la falaise surplombant la route littorale a résulté en l'occurrence successive de deux éboulis, dont un majeur.

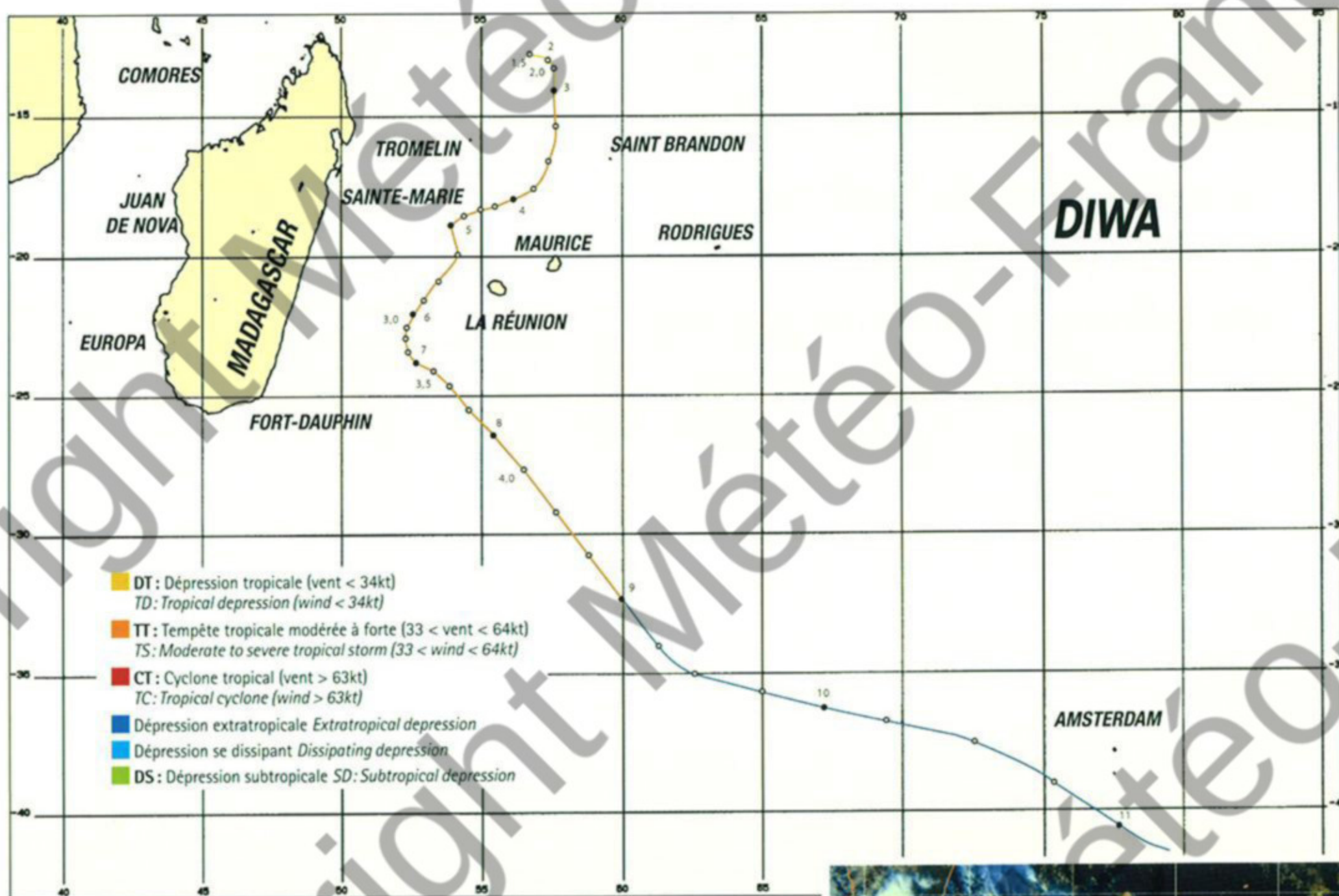
Le 12 mars, un rocher de 7 tonnes se décroche de la falaise et finit sa course sur les voies de circulation, pourtant basculées côté mer. Six automobilistes sont blessés, dont trois grièvement. Mais le 24 mars, soit plus de 15 jours après la fin de l'épisode DIWA, c'est un événement d'une ampleur bien supérieure qui survient avant l'aube. Là, c'est tout un pan de falaise, représentant 15 à 20 000 m³ de terre et de roches, qui se décroche et engloutit la route. On dénombre deux morts et deux blessés graves. Le bilan aurait

pu être bien plus dramatique si l'éboulement s'était produit deux heures plus tard, à l'heure de pointe du trafic.

Outre le bilan humain, ce glissement de terrain meurtrier, et indéniablement lié à DIWA (le dernier événement comparable, faisant 3 morts, avait eu lieu en juin 1980, soit quelques mois après les pluies records de HYACINTHE – une analogie certainement pas fortuite), aura eu un impact socio-économique très important, la fermeture, plusieurs semaines durant, du lien routier vital que constitue la «route du littoral», ayant perturbé gravement à la fois la vie économique de l'île, mais aussi la vie quotidienne des très nombreux usagers condamnés à subir des heures d'embouteillages quotidiens sur la route de La Montagne. La circulation ne sera ensuite rétablie sur ses 4 voies qu'en juillet, soit plus de trois mois après l'événement.

Tous ces effets négatifs ne doivent malgré tout pas occulter le fait qu'il y a quand même eu un revers positif de la médaille, à savoir que DIWA a fortement contribué à renouveler la ressource en eau d'une bonne partie de l'île. Dans les régions Sud et Sud-Ouest du département, bien que nettement moins abondamment arrosées par DIWA, on peut même dire que cet épisode a sauvé la pluviométrie d'une saison des pluies qui, sans cela, aurait été extrêmement déficitaire (moins de 50% de la normale), voire catastrophique pour des secteurs déjà soumis à une sévère sécheresse préalable.

Grâce à DIWA, dont les pluies ont à elles seules surpassé dans les Cirques celles d'une saison des pluies complète (sa pluviométrie ayant équivalu à ce qu'il tombe normalement durant les 6 mois de saison chaude – de novembre à avril), le reste de l'île a bénéficié d'une pluviométrie excédentaire, qui s'est pour l'essentiel concentrée en deux épisodes pluvieux marquants, à savoir l'épisode de fortes pluies de février (16 au 19) et l'épisode DIWA. Pour le reste, la saison des pluies a, en effet, été à l'image de l'activité cyclonique sur le bassin, c'est-à-dire peu active et très chiche en épisodes pluvieux significatifs, en tout cas largement insuffisants pour assurer la ressource en eau des mois de saison sèche à venir. De ce point de vue, l'occurrence de DIWA a été salutaire. Les perturbations tropicales sont un mal nécessaire pour les îles tropicales. DIWA en aura été une nouvelle illustration.

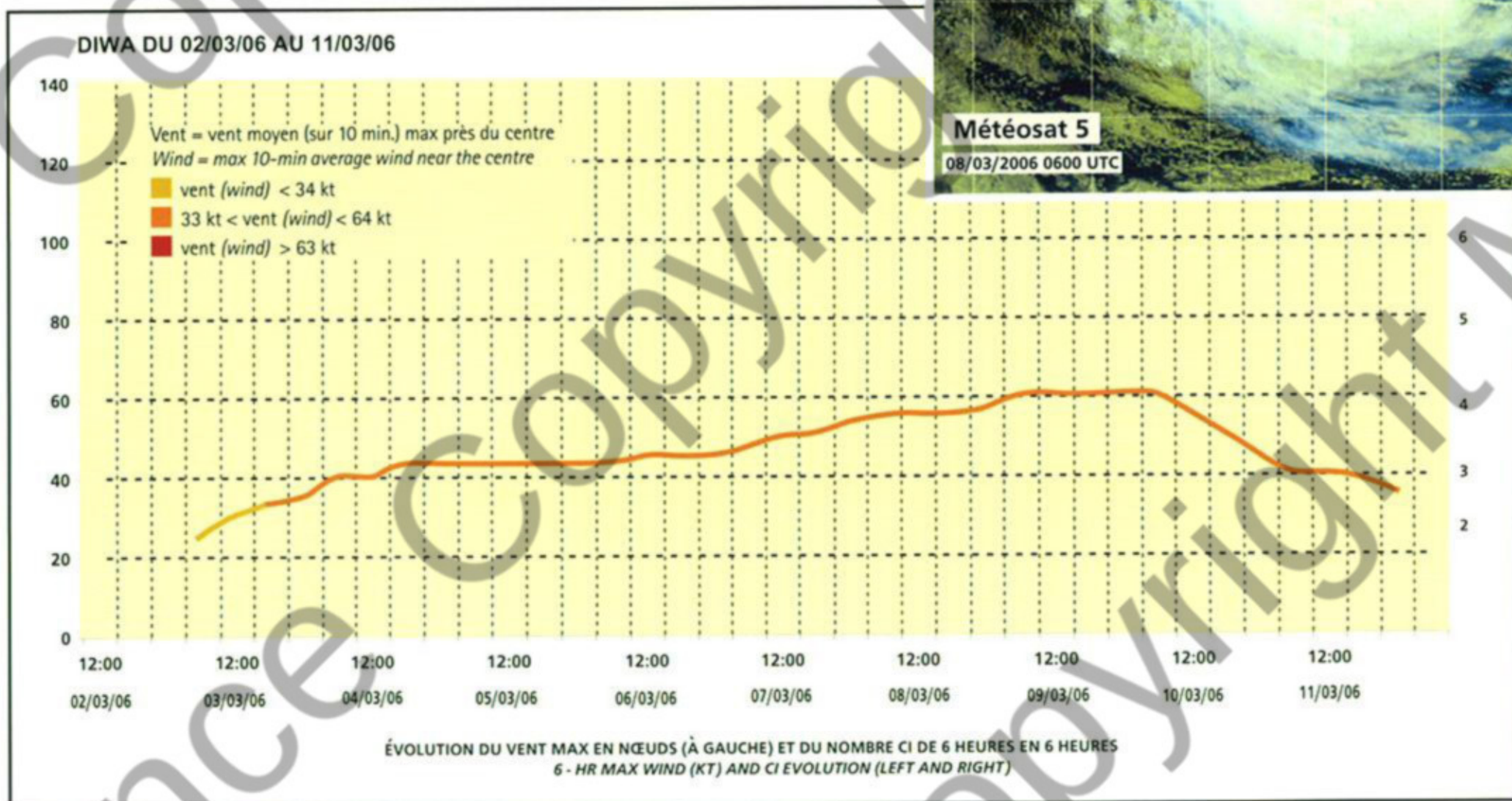
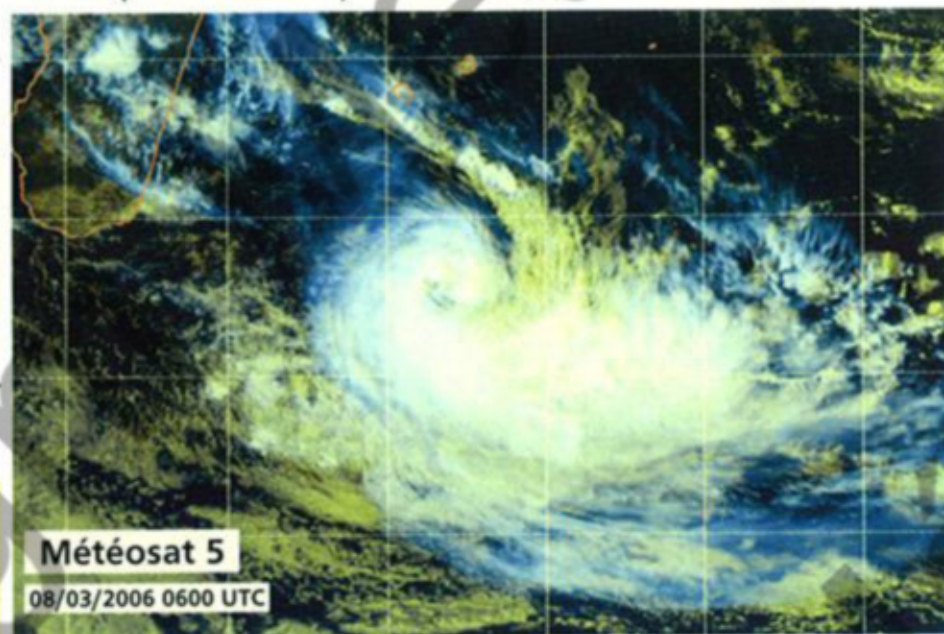


Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

Maximum d'intensité de DIWA. Comme c'est très souvent le cas pour les systèmes dépressionnaires issus originellement d'une dépression de mousson, DIWA a atteint son maximum d'intensité à une latitude élevée pour le bassin (à l'image d'un GÉRARD lors de la saison précédente, qui avait également atteint son apogée vers 28°Sud).

La configuration nuageuse annonce toutefois une transition extratropicale imminente.

Intensity peak of DIWA. As frequently the case for tropical storms spawned from monsoon depressions DIWA reached its maximum intensity at a rather high latitude for the basin (as GERARD did during the preceding cyclone season, also peaking near 28°South). The cloud pattern displayed already claimed an imminent extratropical transition to begin however.



Elia

Tempête Tropicale Modérée du 10 au 17 avril 2006

Moderate Tropical Storm "Elia" (10 to 08 November 2004)

FORMATION

A

lors que la première partie de saison (jusqu'à fin décembre 2005) s'était entièrement déroulée sur la partie est du bassin, tous les systèmes se développant à l'est de 75°Est, voire même à l'est de 90°Est (i.e. sur le Sud-Est de l'océan Indien), depuis le début de l'année 2006, l'activité convective et perturbée s'était essentiellement concentrée sur la partie ouest de l'océan Indien. À l'exception notable de CARINA, tous les systèmes dépressionnaires suivis depuis le 1^{er} janvier s'étaient, en effet, formés dans la zone comprise entre 50 et 60°Est, au nord des Mascareignes. La fin de saison, plutôt calme, avec un seul phénomène significatif, va ramener l'activité vers l'est du bassin, avec un dernier météore amené à s'y développer – laborieusement et modestement – clôturant la saison après être devenu au passage le sixième et dernier système à atteindre le stade de tempête tropicale.

La dernière décade du mois de mars voit se réactiver sensiblement l'activité convective sur l'extrême est du bassin, puis sur le Sud-Est de l'océan Indien, cette évolution étant à mettre en liaison avec la propagation vers l'est d'une pulsation humide de l'oscillation intra-saisonnière de Madden-Julian. Au changement de mois, un minimum dépressionnaire relativement bien défini est identifiable sur le champ de vents dérivé des données QuikScat. Estimé à 1 005 hPa, il se situe légèrement à l'est du 90^e méridien Est dans l'après-

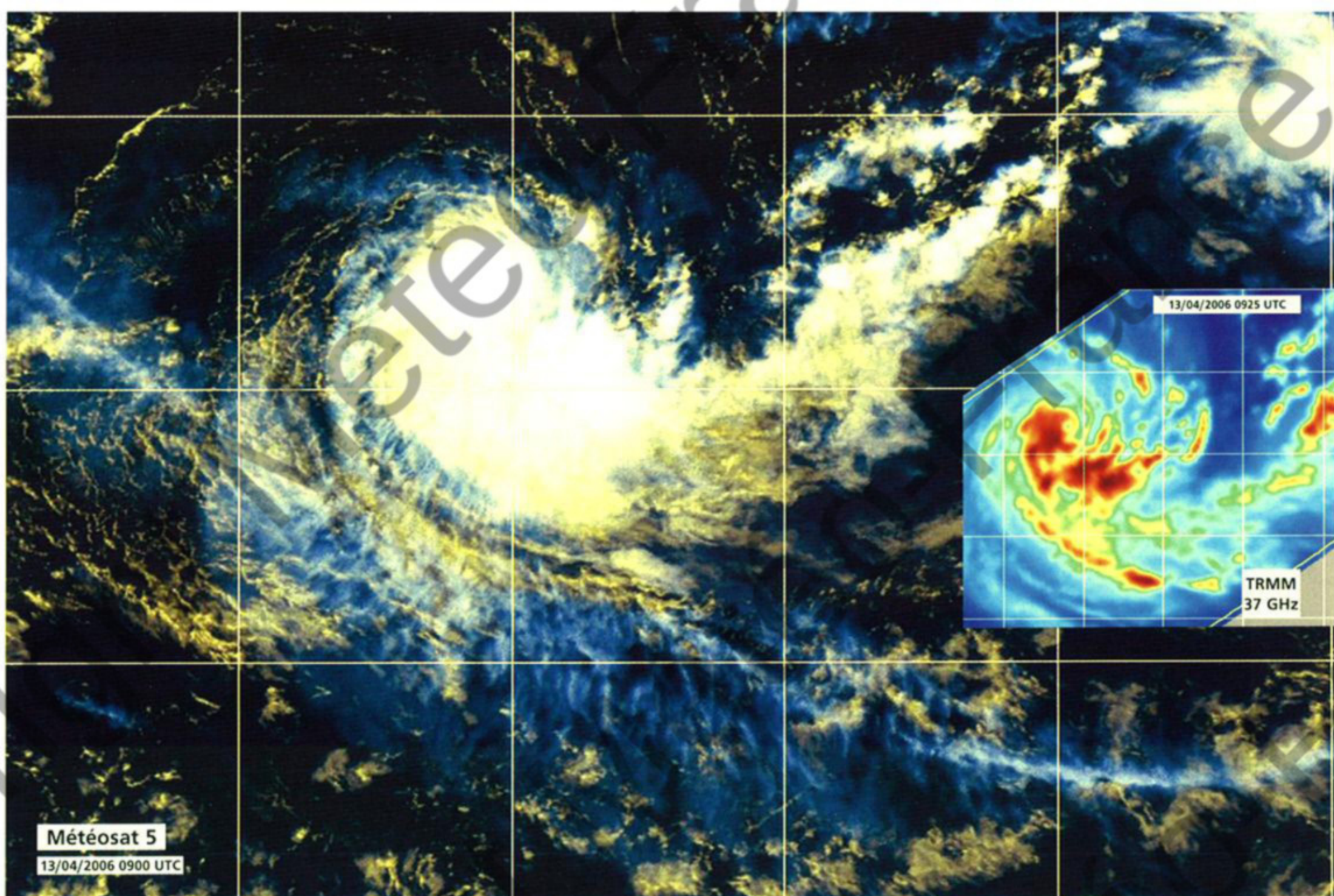
midi du 1^{er} avril. Se déplaçant en direction du nord-ouest, il pénètre toutefois rapidement en zone de responsabilité du CMRS de La Réunion. Aucun creusement n'est cependant observé au cours des jours suivants, avec une circulation dépressionnaire devenant même moins nette et errant plus ou moins sur place du 3 au 7, à quelque 1 600 km à l'est de Diego-Garcia. L'activité convective associée demeure fluctuante et peu marquée, pâtissant d'une convergence de basses couches très déficiente du fait de l'absence de composante trans-équatoriale du flux du côté nord, cette absence de flux de mousson résultant également en un manque évident d'alimentation humide du côté équatorial. À compter du 7, on note un décalage franc de la zone perturbée vers l'est. Que le minimum dépressionnaire initial se soit conservé, ou qu'un autre minimum se soit formé et l'ait supplanté, il est en tout cas avéré que la circulation dépressionnaire se situe au petit matin du 8 entièrement à l'est de 90°Est, comme en attestent les données de l'orbite ascendante QuikScat. Au matin du 10 avril, cette course vers l'est-sud-est prend fin à l'approche du 10^e parallèle Sud. Parvenu à un peu moins de 300 km au nord de l'île Cocos, le minimum dépressionnaire subit un changement abrupt de trajectoire en direction de l'ouest-sud-ouest, au contact de la bordure septentrionale de la cellule anticyclonique subtropicale, qui s'est reconsolidée au sud.

À ce stade, le minimum dépressionnaire est toujours estimé à 1 005 hPa, après plus de dix jours sans la moindre évolution

significative. Mais à compter du lendemain, les choses vont commencer à bouger. Au petit matin du 11, on note un léger gain d'organisation du système, avec en particulier un amas nuageux convectif associé plus consistant, bien qu'encore déphasé au sud du minimum dépressionnaire. Avec une trajectoire qui s'établit plus franchement au sud-ouest, celui-ci tend toutefois à se rapprocher de l'axe de la dorsale d'altitude, ce qui entraîne une réduction supplémentaire de la contrainte cisailée de nord-nord-est, permettant une mise en phase croissante avec la convection à compter de la nuit suivante. Le creusement qui s'ensuit, permet de classer la perturbation au stade minimal de dépression tropicale à l'aube du 12 avril, avec une circulation dépressionnaire qui demeure toutefois très dissymétrique, le grand frais étant cantonné dans son demi-cercle sud.

ÉVOLUTION

Malgré l'amélioration des conditions environnementales, la baisse du cisaillement de vent se doublant d'une amélioration significative de la divergence d'altitude, via l'établissement, du côté polaire, d'un canal d'évacuation du flux sortant d'altitude efficace, le potentiel d'intensification n'apparaît pas fabuleux, toujours du fait de cette absence d'alimentation humide du côté nord et d'une convergence de basses couches des plus molles. La perturbation, de petite taille, se maintient en fait pour bonne part grâce à l'apport de vorticités entretenues par le flux d'alizé au sud. Poursuivant sur une trajectoire climatologique en direction du sud-ouest, décrite à la vitesse réduite et stable de 7 km/h, le centre de la dépression recoupe le 90^e méridien Est au niveau du 13^e parallèle Sud, en début de journée du 13 avril. Alors que depuis 24h son intensité semblait figée au stade de dépression tropicale, la perturbation apparaît ragailardie par ce retour en zone Sud-Ouest de l'océan Indien. Sa structure nuageuse affiche un nouvel élan d'organisation tourbillonnaire, tandis qu'un noyau de convection profonde se développe, en phase cette fois au-dessus du minimum dépressionnaire. Cette évolution amène à considérer que le stade de tempête tropicale modérée est



Baptême d'ELIA. Après une genèse particulièrement laborieuse, la perturbation vient d'atteindre le stade de tempête tropicale modérée. En marge du courant perturbé d'ouest en altitude, le météore bénéficie alors d'un efficace canal d'évacuation du flux sortant d'altitude du côté polaire (la trace du jet d'altitude étant bien matérialisée par le «filet» de cirrus au sud-est du système).

ELIA's naming. After toiling and moiling during days before springing up at last, the disturbance had just reached moderate tropical storm stage. On the northern outskirts of the upper westerlies the storm benefited from an efficient poleward outflow channel (with the jet-stream made conspicuous on the satellite imagery by a good cloud tracer, the cirrus filamenting to the southeast of the system).

franchi à la mi-journée de ce 13 avril. Cette «embellie» va toutefois rester d'ampleur limitée, que ce soit en durée ou en termes de magnitude. Et après un petit gain supplémentaire d'intensité en soirée, la tempête tropicale, dénommée ELIA, va de nouveau plafonner en intensité la nuit suivante, ce nouveau plateau correspondant cette fois à son intensité maximale. Au matin du 14, le météore montre des signes d'essoufflement, avec un début de déphasage entre les circulations de surface et d'altitude. Le centre d'ELIA a franchi l'axe de la dorsale d'altitude et ce début d'inclinaison verticale de l'axe de la circulation dépressionnaire est la traduction de l'amorce d'un accroissement du cisaillement vertical de vent, en liaison avec le renforcement du flux de nord-ouest d'altitude au niveau du météore. Cet environnement plus hostile à venir, qui se double de l'arrivée sur des eaux océaniques moins chaudes, sonne le glas de la perturbation, dont la masse nuageuse commence à se déstructurer à la mi-journée. Le cisaillement fait ensuite son œuvre. ELIA perd son statut de tempête tropicale en matinée du 15, avec un centre désormais exposé hors de la convection résiduelle et qui franchit au même moment le

FORMATION

While the first part of the season (until end of December 2005) had mainly concerned the eastern part of the basin with all systems developing east of 75°East or even east of 90°East for some of them (i.e. on the Southeast Indian Ocean), since early 2006 the convective and disturbed activity had essentially focused on the western side of the basin. To the notable exception of CARINA, all depression systems monitored since 1st January had indeed formed in the area spreading between 50 and 60°East north to the Mascarenes.

The rather quiescent end of season, with only one significant phenomenon, brought the activity back to the eastern side of the basin. This last meteor which concluded the season became the sixth and last system to attain the tropical storm stage after a long and laborious genesis and a development restricted to a very moderate intensity.

During the last decade of March the convective activity re-invigorated noticeably on the eastern edge of the basin and next, over the Southeast Indian Ocean; this evolution can be linked to the eastward propagation of an active phase of the intra-seasonal Madden-Julian oscillation. In the change of month, a relatively well-defined low

centre was identified on the wind field derived from QuikScat data. Estimated at 1005 hPa, it was positioned slightly east to longitude 90°East in the afternoon of 1st April. Moving northwestward it however rapidly entered the area of responsibility of La Reunion's RSMC. No deepening could be observed in the next few days though, and the clockwise circulation had become less defined while wandering more or less on spot from 3rd to 7th April, some 1 600 km east of Diego-Garcia. The related convective activity remained fluctuating and rather weak, enduring a very deficient low-level inflow due to a lack of cross-equatorial flow on the northern side, this non-existing monsoon flow resulting also in a shortage in moisture supply on the equatorial side. From the 7th, a clear drift of the disturbed area eastward could be noticed. Whether the initial low centre survived or another low had formed and supplanted it, nonetheless by dawn on the 8th, the clockwise circulation was duly east of 90°East as confirmed by data from the QuikScat ascending orbit. By morning on 10th, this trek towards the east-southeast ended as it approached latitude 10°South. Once it stood a little less than 300 km to the north of Cocos Island, the low centre went through a sharp change of track heading for the west-southwest as it impinged on the northern boundary of the subtropical high which had consolidated in the south.

At that stage, the low centre was still estimated to be 1005 hPa after more than ten days without any significant evolution. But things started to move from the next day. At daybreak on the 11th, a slight improvement in the system's organisation could be noticed with namely a more consistent related convective cloud mass, while still displaced to the south of the low centre. With a trajectory settling more resolutely southwestward the latter tended to get closer to the upper ridge axis however, which led to an additional reduction in the north-northeasterly shear constraint enabling increasing coupling with the convection from the following night. The ensuing deepening allowed to upgrade the disturbance at the minimal stage of tropical depression by dawn on 12 April, with a clockwise circulation remaining dissymmetrical as the near gale force winds remained confined in its southern semi-circle.

EVOLUTION

Despite improving environmental conditions, the decrease in windshear together with significant betterment of the upper divergence through the establishment of an efficient poleward upper outflow channel, the potential for intensification did not look that great still due to the missing moisture supply on the northern side and to a very slack low-level convergence. The small-sized disturbance was able to sustain mainly owing to the vorticity impulse imparted by the trade wind flow to the south.

Keeping on assuming a climatological southwestward motion, at a slow and stable speed of 7 km/h, the depression centre crossed back longitude 90° East near latitude 13° South by early morning on 13 April. While for the last 24h its intensity looked set at the tropical depression stage, the system seemed to be bucked up by this return to the South-West Indian Ocean zone. Its cloud structure displayed a new impetus in swirling organisation while a core of deep convection was developing vertically stacked with the low centre this time. This evolution led to consider that the moderate tropical storm stage threshold was stepped over in the middle of the day on 13 April.

However this bout of intensification remained limited in terms of duration and magnitude alike. And after another small gain in intensity in the evening, the tropical storm code-named ELIA reached another ceiling of intensity on the following night, which this time would correspond to its maximum of intensity.

By morning 14th April, the meteor indeed seemed

to be running out of its resilient capabilities as the surface and upper circulations began to decouple. ELIA'S centre had crossed the upper ridge axis and this incipient vertical tilt of the low axis materialised the outset of increasing vertical windshear which stemmed from the ongoing enhancement of the upper northwesterly flow across the top of the meteor. This more hostile environment to come together with the arrival on cooler ocean waters ushered the demise of the disturbance whose cloud mass started to lose structure by mid-day.

The shearing ended the work. ELIA lost its status of tropical storm by morning 15th April, with its centre now exposed outside the residual convection and crossing latitude 15° South at the same time. The decay accelerated further the next day and ex-ELIA entered its final filling phase and eventually dissipated in the heart of the tropical domain south of latitude 20° South.

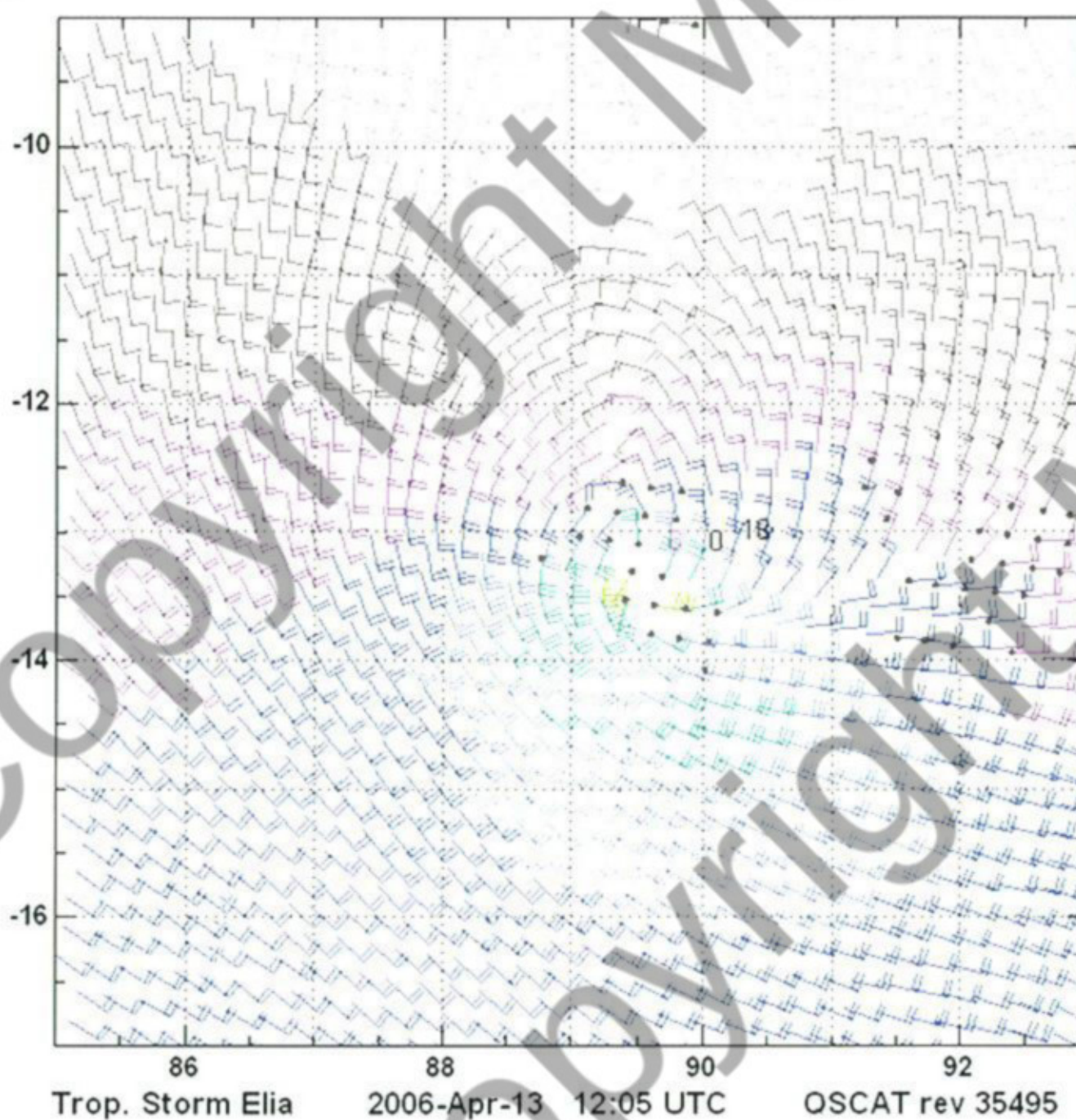
A phenomenon of quite lasting life-cycle, but with short-lived existence at a significant stage (and still at a relative weak intensity – less than 48h spent at the stage of moderate tropical storm), ELIA concluded in a somewhat anecdotic way this 2005-2006 season of low activity.

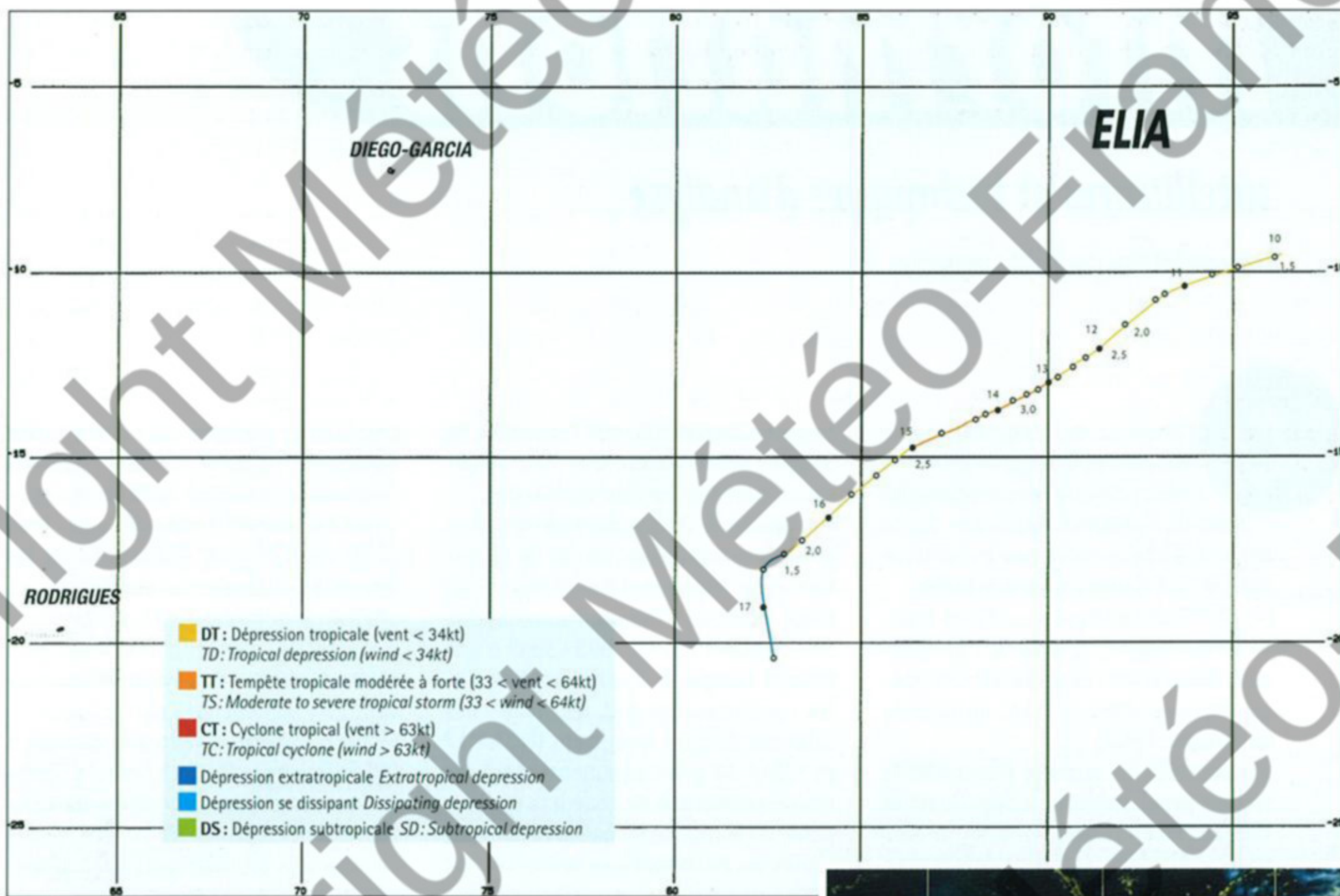
15° parallèle Sud. La dégénérescence s'accéléra le lendemain et l'ex-ELIA entre en phase finale de comblement, se dissipant finalement au cœur du domaine tropical au sud du 20° parallèle Sud.

Phénomène à la durée de vie assez longue, mais n'ayant finalement connu qu'une existence éphémère à un stade significatif (et encore à une intensité relativement faible – moins de 48h au stade de tempête tropicale modérée), ELIA aura conclu de manière un peu anecdotique cette saison 2005-2006 peu active.

Tempête tropicale modérée de petite taille, ELIA présente par ailleurs une structure très dissymétrique, comme en atteste le champ de vents dérivé des données diffusiométriques QuikScat : l'extension extrêmement réduite du grand frais dans le demi-cercle nord, une cinquantaine de km à peine, tranche avec celle beaucoup plus étendue du secteur sud, pour bonne part liée au gradient de pression avec les hautes pressions subtropicales.

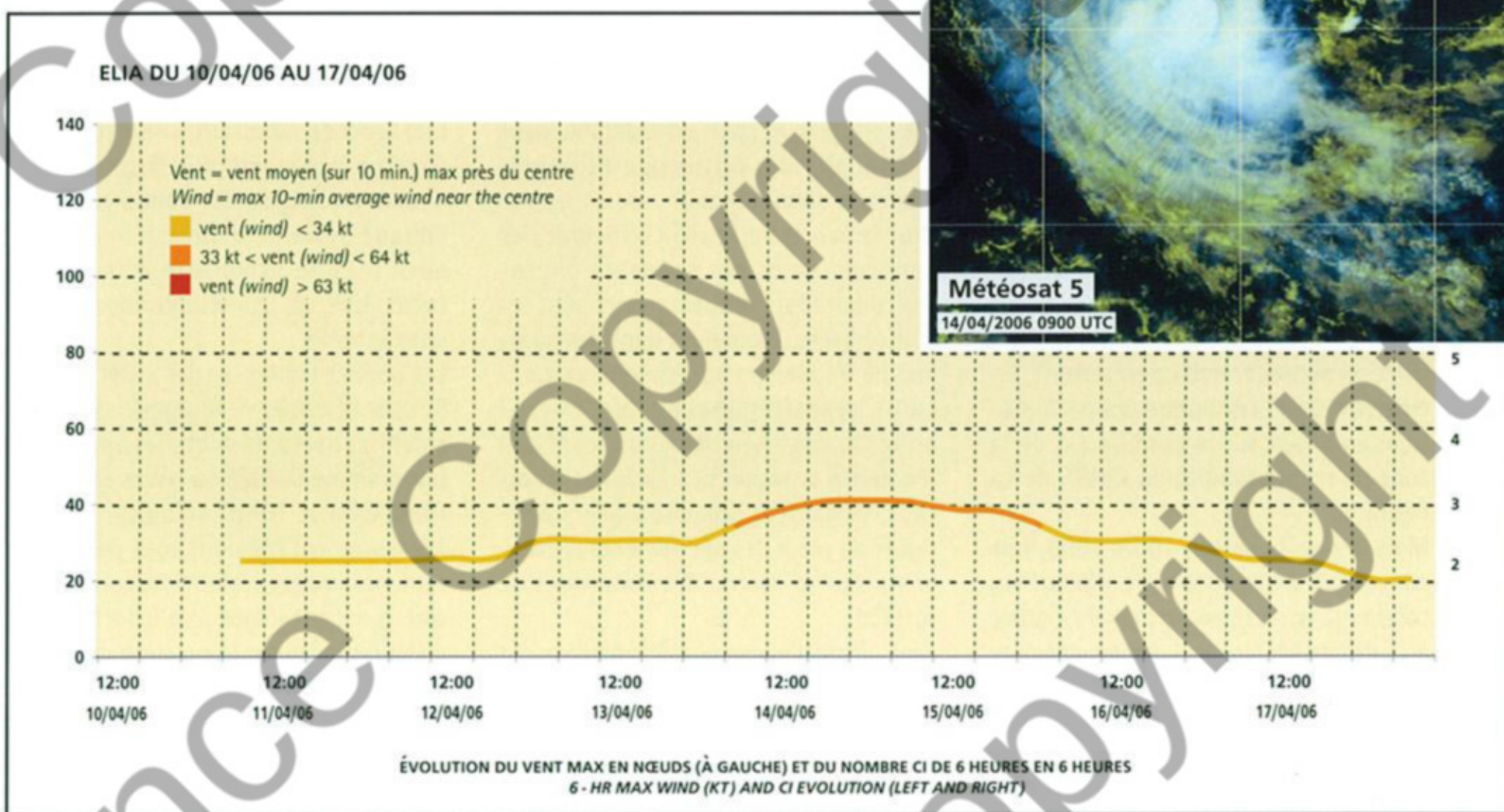
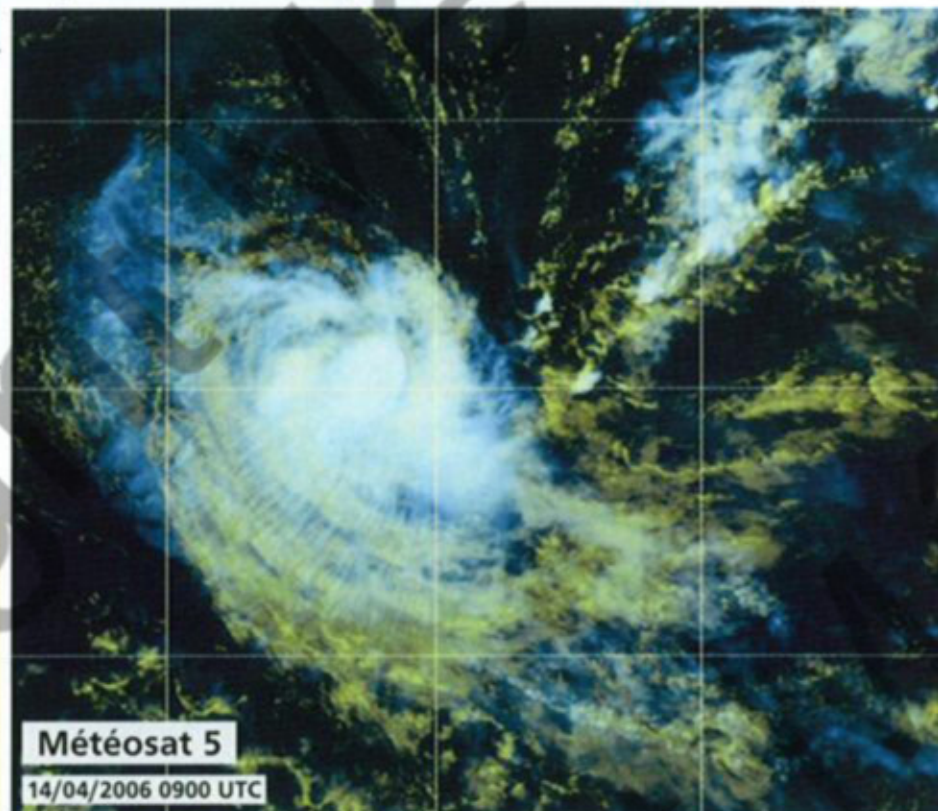
Beside its small size ELIA was characterized by another main feature, its very asymmetric structure, as asserted by the wind field derived from the QuikScat scatterometer data: the extremely restricted extent of the near gale force winds in the northern semi-circle – barely reaching 50 km – contrasted with their much wider spreading in the southern semi-circle, largely accruing from the pressure gradient with the subtropical high.





Météo France - Centre des cyclones tropicaux de La Réunion

Début de la phase de dégénérescence d'ELIA.
Beginning of the degenerating phase of ELIA.



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.

Au CMRS de La Réunion, 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 Météosat nominal, positionné au-dessus du golfe de Guinée (Météosat 7 jusqu'en janvier 2004, puis Météosat 8, premier satellite de seconde génération) sont bien acquises au CMRS depuis fin 1996, grâce à une station primaire de réception (PDUS). Mais ces images en haute résolution, reçues en direct toutes les 30 min (15 min pour Météosat de seconde génération), ne permettent qu'une surveillance de la zone située à l'ouest de 60 degrés est et principalement du canal de Mozambique.

Les images des satellites japonais GMS (GMS 6 actuellement) permettent, en outre, de suivre l'évolution des perturbations évoluant sur la bordure est de la zone de responsabilité du CMRS de La Réunion.

Mais depuis la saison 1998-1999, une couverture géostationnaire globale du bassin est assurée en permanence grâce au satellite Météosat 5, ancien satellite nominal Météosat en fin de vie mais encore fonctionnel, déplacé et positionné au-dessus de l'océan Indien (par 63°Est) suite à l'expérience internationale Indoex. 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 auparavant, les images des satellites défilant américains (NOAA 17 et NOAA 18 principalement), dont les orbites permettent de couvrir 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 hors du scope d'acquisition.

Outre l'imagerie classique, de nombreuses autres sources de données satellitaires sont exploitées, en particulier les données issues de satellites de recherche de nouvelle génération mis en orbite ces dernières années. De diverses natures, elles ont pris un poids considérable dans la panoplie des outils opérationnels d'analyse satellitaire.

Pour ce qui est du suivi cyclonique, les données issues des sondeurs micro-ondes et radars diffusiomètres sont les plus utilisées. Travaillant dans des gammes de fréquences particulières, notamment hyperfréquences (ou "micro-ondes"), ces nouveaux capteurs ont renouvelé la vision des cyclones tropicaux, de par leur capacité à aller investiguer au cœur des phénomènes, y compris jusqu'au niveau des conditions de surface.

Ainsi, lorsqu'elles sont disponibles, les observations de vents de surface (force et direction) dérivées des données diffusiométriques, apportent des renseignements objectifs précieux sur la structure des systèmes dépressionnaires

tropicaux : position du centre (utile notamment dans le cas des systèmes naissants ou cisailés), taille de la circulation cyclonique (étendue du grand frais ou du coup de vent), indications sur les intensités et tendances d'intensité des phénomènes, à l'exception des cyclones matures (les vents les plus violents présents au cœur de ces systèmes ne pouvant être appréhendés par ce biais).

Le diffusiomètre du satellite européen ERS2 (European Remote Sensing Satellite) étant malheureusement tombé définitivement en panne début 2001, seules les données altimétriques sont désormais disponibles et reçues quotidiennement au Centre des Cyclones Tropicaux de La Réunion. Mais le satellite QuikScat (pour "Quick Scatterometer"), satellite lancé en 1999, a pallié plus que largement la défection d'ERS2. Le radar diffusiomètre SeaWinds embarqué à bord de ce satellite de la NASA, possède en effet l'avantage, par rapport au diffusomètre 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 micro-ondes SSM/I (Special Sensor Microwave Imager) issues des satellites défilants militaires américains (programme DMSP), ou issues des satellites Aqua et TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission), tout particulièrement l'imagerie associée, constituent une puissante source d'informations additionnelles sur la position du centre et l'intensité des systèmes dépressionnaires tropicaux. À ces données, il faut également rajouter les données micro-ondes AMSU (Advanced Microwave Sounding Unit) des satellites NOAA,

sources de précieux éléments d'analyse, que ce soit en termes d'imagerie simple (AMSU-B) ou de produits dérivés (estimations d'intensité à partir des données AMSU-A).

TECHNIQUES D'ANALYSE SATELLITAIRE UTILISÉES :

Malgré l'arrivée de ces nouvelles générations de satellites et le développement de nouvelles techniques d'analyse très prometteuses et déjà intégrées dans le processus d'analyse, la principale méthode d'identification et d'analyse des perturbations tropicales utilisée par le CMRS 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, dite de Dvorak, allant de 1.0 à 8.0 par pas de 1/2.

Le nombre "CI" (pour "Current Intensity") ainsi attribué, permet d'apprécier indirectement la vitesse maximale du vent près du centre, ainsi que la pression minimale au niveau de la mer, via une échelle de correspondance empirique (non linéaire), qui permet d'affecter à un nombre CI déterminé, des valeurs correspondantes de vent maximal et de pression centrale associées au système dépressionnaire analysé (voir graphique et indications complémentaires page 71).

Due to the fact that aircraft reconnaissance is lacking and conventional observations are very scarce, satellite imagery is obviously the most important tool for ensuring cyclone watch and monitoring in the South-West Indian Ocean. At RSMC La Reunion, imagery from the polar orbiting American satellites of TIROS series was, until recently, the main source of satellite data. But since May 1998 a global and permanent geostationary coverage of the whole basin has been provided thanks to Meteosat 5, a former operational satellite Meteosat displaced to longitude 63°East (in the frame of the international scientific experiment IndoeX), providing thus high resolution images of the whole southern Indian Ocean every 30 minutes. Data from the operational European Geostationary satellite, positioned above the Gulf of Guinea (Meteosat 7 until January 2004 and then Meteosat 8 – the first satellite of second generation) are also received at the Centre since the end of 1996 thanks to a primary reception station (PDUS). But this direct access to frequent high resolution pictures, only covers the area west of longitude 60°E and more specifically the Mozambique Channel. Additionally, to monitor the systems located near the eastern boundary of the Region, pictures from Japanese geostationary GMS (GMS 6 presently) are also received at RSMC La Reunion.

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 1995, allowed the acquisition of the imageries from the American polar orbiting satellites (NOAA 17 and NOAA 18 mostly) whose orbits enable to cover the major part of the basin although the depressions located on the far eastern part of the area of responsibility may remain temporarily out of La Reunion's scope of acquisition.

Besides classical imagery, numerous other sources of satellite data are available, namely those provided by research satellites of a new generation launched in the recent years. These data of different nature have now taken a major importance amongst the panel of operational tools for satellite analysis.

For tropical cyclone monitoring the data derived from microwave sounders and scatterometer radars are the most useful. Working in specific ranges of frequencies, like microwave, these sensors have provided a renewed vision of tropical cyclones through their capability to investigate the inner structure of the meteors, even down to the surface.

This is namely the case for scatterometer data.

When available their derived wind speeds and directions provide valuable objective information on a storm's structure : location of the low-level circulation centre (especially useful for incipient or sheared systems), size of the clockwise circulation (extent of the near gale force or gale force winds), indications on the intensity and intensity trend of the system, except for mature cyclones (since this technology does not have the capability to resolve the highest wind speeds of the central core). The twice daily orbits of the SeaWinds scatterometer radar aboard NASA's satellite named QuikScat (launched mid-1999) are made visible through Internet websites. Microwave data and imagery from SSM/I (Special Sensor Micro-wave Imager aboard the American military polar orbiting satellites from the DMSP program), or from the Aqua and TRMM satellites (Tropical Rainfall Measurement Mission) brought extensive additional and invaluable information on the centre's location and intensity estimates of the tropical systems. AMSU data (Advanced Microwave Sounding Unit) from NOAA also greatly contributed to more accurate analyses through imagery (AMSU-B) or derived products (AMSU-A intensity estimates).

TECHNIQUES USED FOR SATELLITE INTERPRETATION :

Despite the advent of this new generation of satellites and the development of new techniques and algorithms already integrated in the analysis process, the main method of analysis and classification of tropical disturbances used by the Centre remains the technique developed by Vernon F. Dvorak.

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 tropical disturbances. Several cloud patterns have been established which corresponded to the most common intensification stages of tropical disturbances observed. Different cloud parameters are considered, for example the size and length 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 (the Dvorak scale) after allocation of a current intensity number (CI) between 1.0 and 8.0. Indication of the maximum wind speed and minimum sea level pressure are then inferred from an empirical non-linear scale of correspondence with the CI number (see graphic and additional explanations page 71).

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

Le 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 PERTURBÉE

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).

• DÉPRESSION 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).

• TEMPÊTE TROPICALE MODÉRÉE

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 TEMPÊTE 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 TRÈS INTENSE

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

• DÉPRESSION EXTRATROPICALE

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

• DÉPRESSION 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

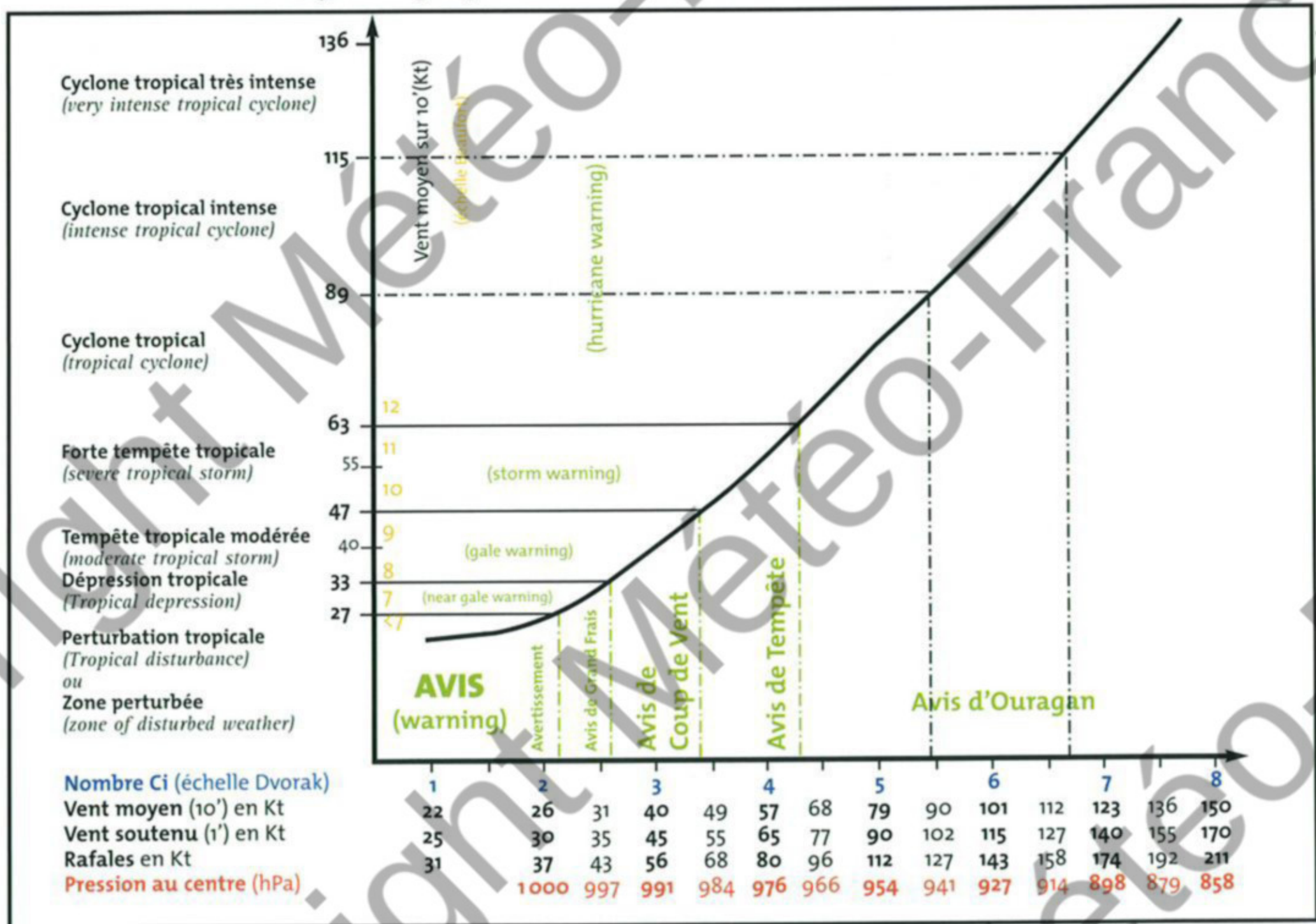
A synoptic scale low pressure area outside of the tropics.

• 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.

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



La classification présentée ci-dessus est entrée en vigueur depuis la saison cyclonique 1999-2000. Par rapport à la version antérieure, les modifications ont porté sur l'échelle de correspondance entre les intensités de Dvorak et les vents (moyennés sur 10 minutes et rafales), la correspondance avec les pressions demeurant inchangée.

Un nouveau facteur de conversion de 0,88 (au lieu de 0,80 antérieurement) a été appliqué aux vents soutenus (vents moyennés sur une minute, pour lesquels l'échelle de Dvorak a été calibrée à l'origine) pour obtenir les vents sur 10 min (un facteur de conversion de 1,41 étant par ailleurs appliqué aux vents sur 10 min pour obtenir les rafales maximales attendues sur mer, contre 1,50 auparavant).

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.

Ce changement d'échelle de correspondance a eu essentiellement pour conséquence un décalage des intensités Dvorak vers des valeurs de vents moyens sur 10 min 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 rafales maximales sur mer associées étant demeurées quasiment inchangées.

The classification displayed above has come into force since cyclone season 1999-2000. Compared to the previous version, the changes made concerned the corresponding scale between the Dvorak intensities and the winds (10-min average and peak gusts). No modification was made for the correspondance with pressures.

A new conversion factor of 0.88 (instead of 0.80 previously) has been applied to the sustained winds (the 1-min average winds the Dvorak scale has been initially designed for) to obtain the 10-min average winds (while a conversion factor of 1.41 – instead of 1.50 – has been applied to the 10-min average winds to get the expected peak gusts over sea).

Besides being more realistic, the new conversion factor chosen presents the great advantage to bring more uniformity amongst the different practices of the various Centres and especially so for those of southern hemisphere.

The main consequences of modifying the scale of correspondance were to shift the Dvorak intensities towards higher 10-min average wind speeds (while the corresponding peak gusts over sea bore with minor adjustments). 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.

Copyright Météo-France

Glossaire

Glossary

AFP : Agence France Presse. *French Press Agency*.

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).

BoM : *Australian Bureau of Meteorology*. Agence de météorologie australienne.

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*.

FNMOCC : *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.

MODIS : *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*. Spectroradiomètre embarqué à bord des satellites Terra et Aqua pour l'observation de la Terre.

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. Également 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 SeaWinds 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 RÉUNION 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.

SSM/I : *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.

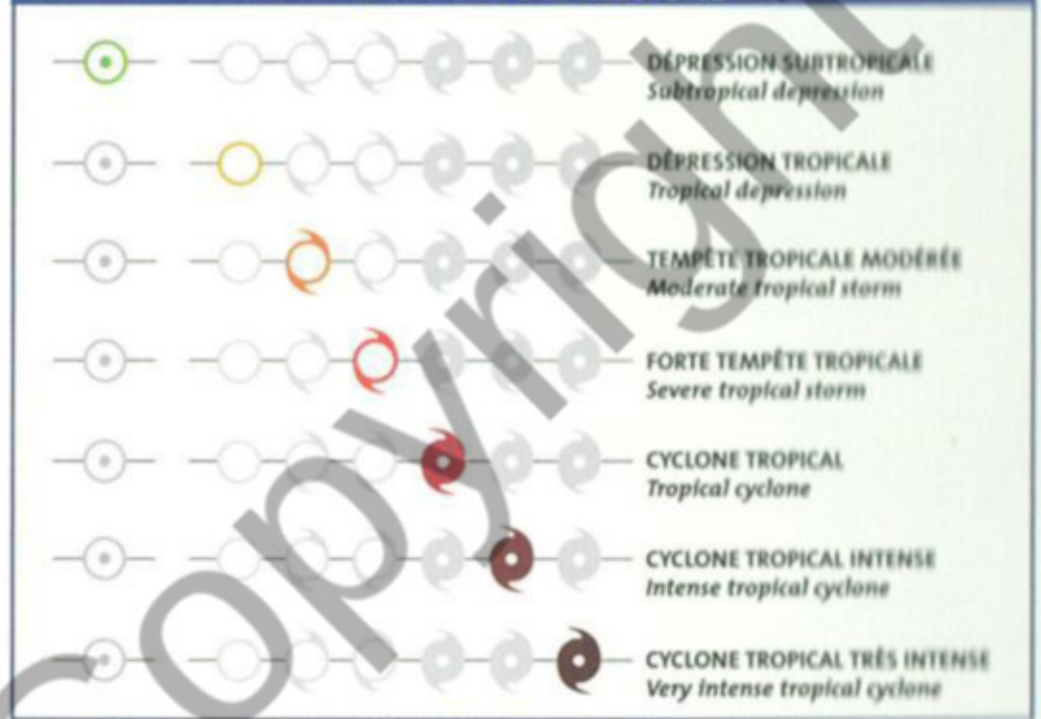
UKMO : *United Kingdom Meteorological Office*. Centre de la météorologie britannique.

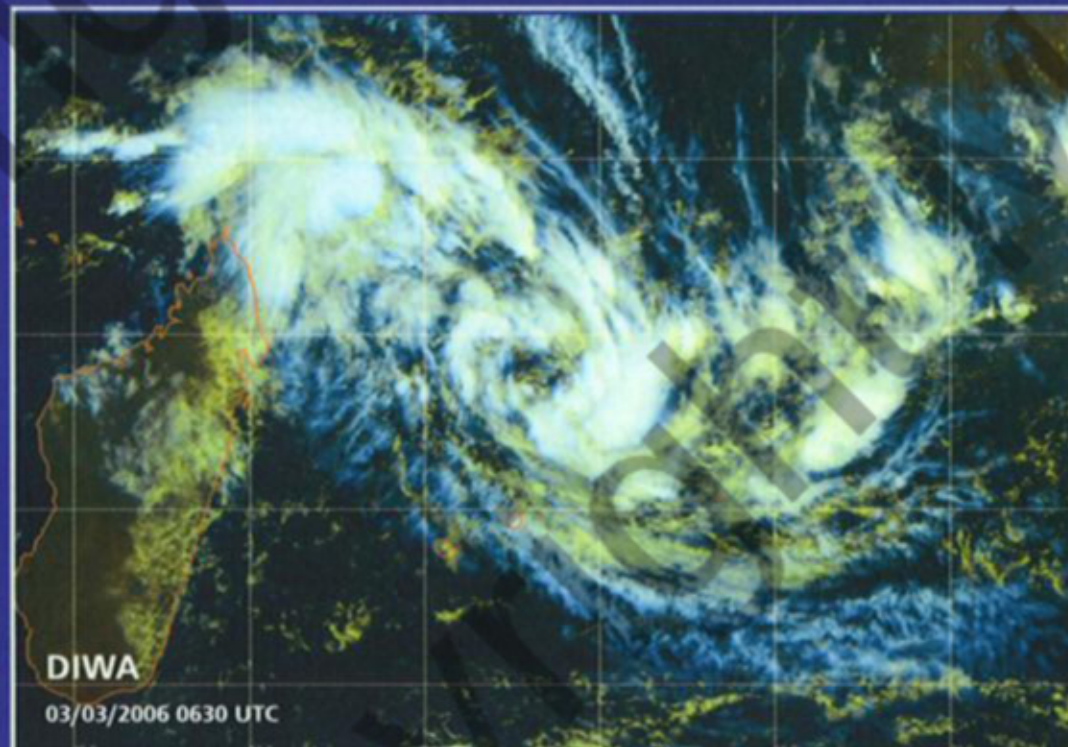
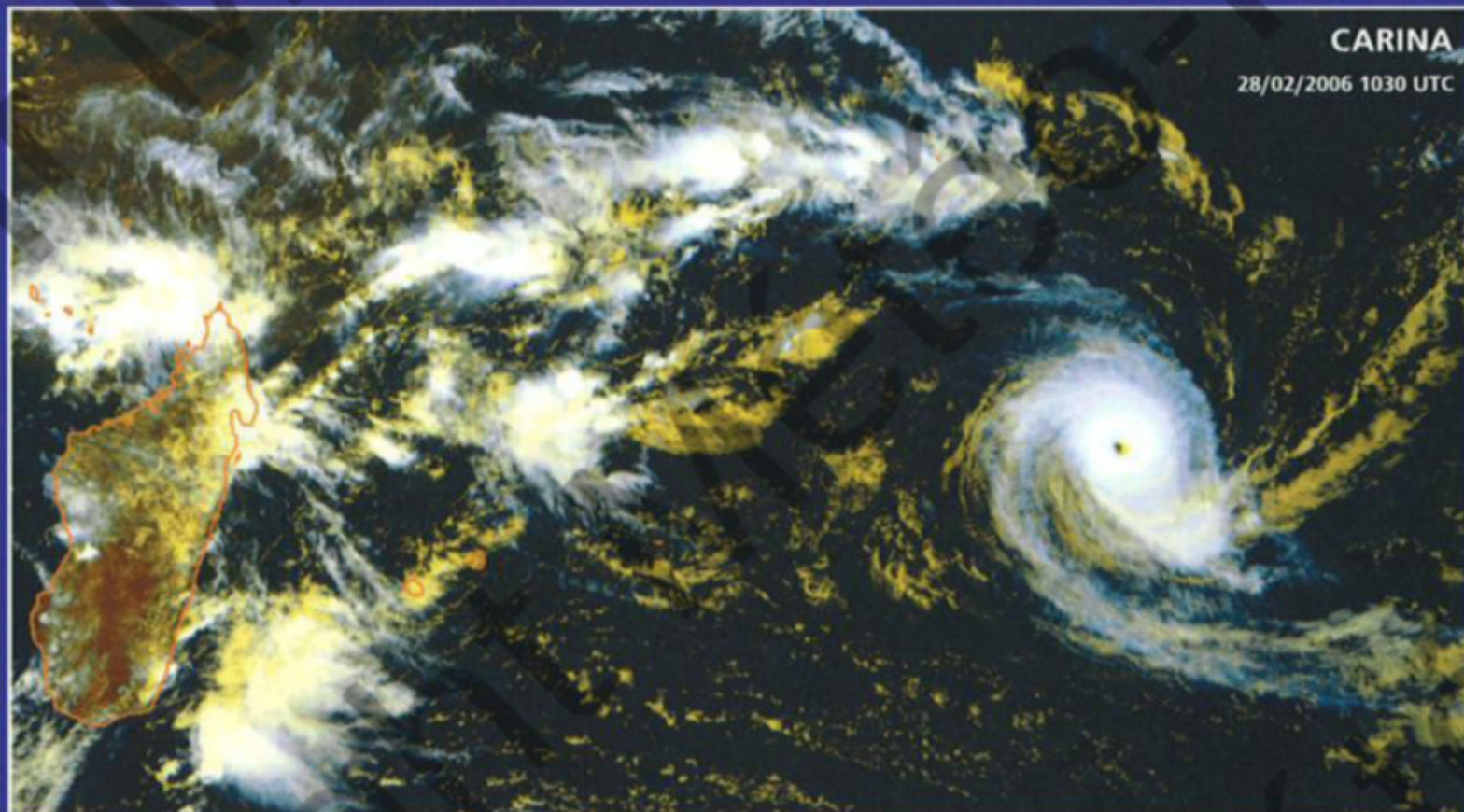
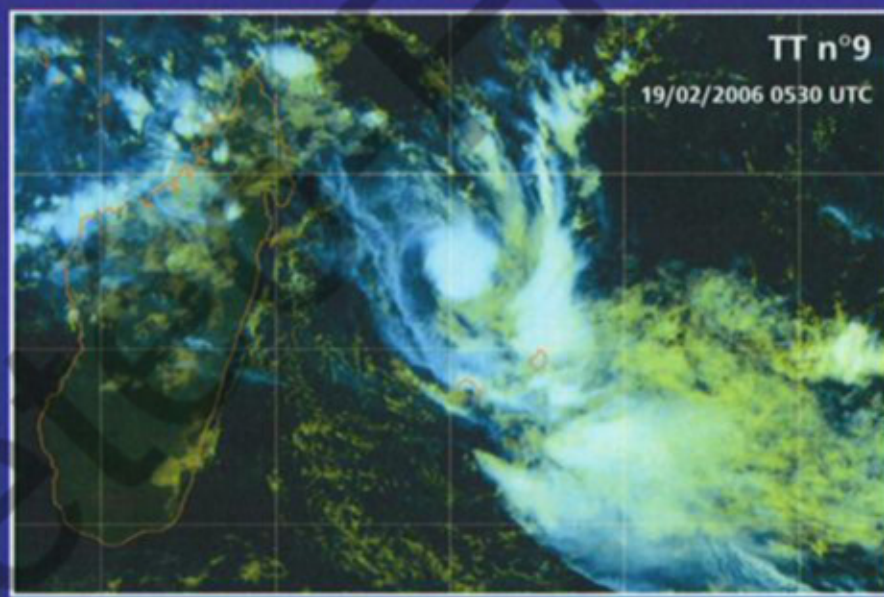
UTC : *Universal Co-ordinated Time*. Temps universel.

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

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

NATURE DES DÉPRESSIONS





La saison cyclonique 2005-2006 dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien : une saison peu prolifique en nombre de systèmes, mais riche en diversité de phénomènes. Les systèmes dépressionnaires tropicaux peuvent prendre des formes multiples, avec des structures très variables que ce soit en terme de configuration nuageuse ou d'extension de leur circulation dépressionnaire. Cette saison 2005-2006 en a été une belle illustration. Ces trois images (toutes à la même échelle) montrent ainsi trois types très différents de systèmes survenus durant cette saison : CARINA, un cyclone tropical intense classique (image centrale), et deux phénomènes nettement plus atypiques : DIWA, une large dépression de mousson (image du bas) et la tempête tropicale n°9, un système nain (« midget », image du haut).

The cyclone season 2005-2006 in the South-West Indian Ocean : a season with very few systems but with a great diversity of phenomena. The tropical systems are multiform and can assume quite different structures either in terms of cloud pattern or size of the related low circulation. This 2005-2006 season illustrated this very well. The three images (all at the same scale) portrays three very different types of systems that occurred during the season : CARINA, a classical intense tropical cyclone (central image) and two much more atypical storms : DIWA a large monsoon depression (bottom image) and the midget storm n°9 (upper image).

Prix : 22,80 €

ISBN : 2-9511665-9-1



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Organisme certifié ISO 9001/2000 par BVQI

