



**HAL**  
open science

# MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES PHÉNOMÈNES EXTRÊMES : LE CAS DES CYCLONES TROPICAUX

Karl Hoarau, Ludovic Chalonge

► **To cite this version:**

Karl Hoarau, Ludovic Chalonge. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES PHÉNOMÈNES  
EXTRÊMES : LE CAS DES CYCLONES TROPICAUX. 16èmes Journées Scientifiques de  
l'Environnement - Eau: vivre sans risques, May 2005, Créteil, France. hal-00676632

**HAL Id: hal-00676632**

**<https://hal.science/hal-00676632>**

Submitted on 9 Mar 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES PHÉNOMÈNES EXTRÊMES : LE CAS DES CYCLONES TROPICAUX

Karl HOARAU et Ludovic CHALONGE, *Université de Cergy-Pontoise*

*UFR LSH - Département de géographie et d'histoire, Laboratoire MRTE, Les  
Chênes 2, 33 Boulevard du Port, 95011 Cergy Cedex*

*Courriel : [karl.hoarau@u-cergy.fr](mailto:karl.hoarau@u-cergy.fr)*

## Résumé

*Avec le changement climatique, beaucoup de scientifiques impliqués dans l'étude des cyclones tropicaux croient que la fréquence des systèmes extrêmement intenses devrait augmenter dans les années futures. Avant que les chercheurs ne tentent d'extrapoler l'activité des cyclones extrêmes dans un climat plus chaud, il existe une question préliminaire : quelle est l'intensité du cyclone le plus fort déjà formé ?*

*Le Super Typhon Tip est toujours considéré comme le cyclone tropical le plus intense ayant existé dans l'ouest du Pacifique Nord et sur le globe depuis le début de l'ère des reconnaissances aériennes dans les années 1950. La pression minimale de surface a été mesurée à 870 hPa le 12 octobre 1979 à 0353 UTC et le vent maximum soutenu sur une minute a été estimé à 85 m/s (305 km/h). Depuis la fin des reconnaissances aériennes dans le Pacifique Nord en août 1987, plusieurs questions se posent : y a-t-il eu des cyclones avec une intensité plus grande que 85 m/s d'après l'imagerie satellitaire ? Doit-on considérer cette intensité comme une limite supérieure en l'absence de mesures par avions de reconnaissance ? Et si c'est possible d'avoir une intensité plus forte que 85 m/s, quelle signature satellitaire un cyclone tropical devrait-il afficher ? Pour tenter de répondre à ces questions, il a fallu obtenir les images satellitaires de Tip ainsi que celles des cyclones les plus intenses ayant évolué depuis août 1987.*

*La première étape a été d'analyser les principales caractéristiques de Tip sur l'imagerie satellitaire. La seconde a consisté en une recherche minutieuse des cyclones ayant affiché une signature satellitaire comparable ou supérieure à celle de Tip. Cette étude a permis de détecter deux super typhons d'une intensité probablement plus forte que 85 m/s. La méthode et les résultats de cette recherche sont largement expliqués dans la communication.*

*Mots-Clés : changement climatique ; cyclone tropical ; Tip ; vent ; satellite.*

## 1- Introduction

Depuis le début des reconnaissances aériennes dans le Pacifique Nord, le Typhon Tip est toujours considéré comme le cyclone tropical le plus intense à avoir évolué sur le globe (ATCR). Le 12 octobre 1979, la pression atmosphérique de surface est descendue jusqu'à 870 hPa dans l'œil alors que le vent maximal soutenu sur une minute atteignait 305 km/h (Dunnavan et Diercks, 1980). Avec la fin des reconnaissances dans le Pacifique en 1987, deux questions se posent : y a-t-il eu des typhons plus intenses que Tip d'après l'imagerie

satellitaire ? Ou bien, doit-on admettre que Tip est le plus fort cyclone tropical que le climat actuel est capable de produire (Emanuel, K.A., 1988 ; Holland, G.J., 1997) ?

Pour apporter une contribution à ce sujet, nous avons analysé les images satellitaires de Tip grâce à la technique de Dvorak (1984) qui permet une estimation de l'intensité des cyclones tropicaux. Et nous avons comparé les images de Tip à celles d'autres typhons extrêmement intenses observés dans le Pacifique Nord depuis 1987. Cette démarche a abouti à la définition de critères pour identifier des cyclones plus intenses que Tip : un exemple est proposé avec le Typhon Angela (1995).

## 2- Éléments d'analyse de l'intensité des cyclones tropicaux

Les éléments exposés ici pour estimer l'intensité sont extraits de la technique de Dvorak (1984) et ils concernent uniquement les cyclones présentant un œil. La méthode est basée sur l'analyse des images à contraste renforcé dans l'infrarouge. Outre l'avantage de son emploi la nuit aussi bien que le jour, l'analyse dans l'infrarouge renforcé est plus simple et plus objective que celle dans le visible. Dans la classification (tableau 1), la lettre « T » pour Tropical, associée à un chiffre de 1 à 8 (T8 pour le maximum de l'échelle de Dvorak), exprime l'intensité d'un cyclone tropical. A chaque intensité, classée par pas de 0.5 unité, correspond une intensité courante (Ci) représentée par la pression minimale et les vents moyens maximaux.

Tableau 1 : La classification de Dvorak (1984).

Nombre T	INTENSITE COURANTE (CI)	
	Vents soutenus sur 1 mn (km/h)	Pression (hPa)
1	45	1004
1,5	45	1002
2	55	1000
2,5	65	997
3	83	991
3,5	102	984
4	120	976
4,5	143	966
5	167	954
5,5	189	941
6	213	927
6,5	235	914
7	260	898
7,5	287	879
8	315	858

Il faut calculer deux termes avant d'évaluer l'intensité définitive d'un cyclone tropical : DT et ODT.

Le premier terme DT (Data T number), qui représente l'intensité convective telle qu'elle apparaît sur l'imagerie satellitaire, est calculé à l'aide des données satellitaires après la réalisation de deux opérations de mesure : celle de la température de la bande nuageuse la plus froide entourant complètement l'œil d'une part, et celle de la température de l'œil d'autre part. Les intervalles de températures établis par Dvorak (1984) sont indiqués au

tableau 2 et ils sont précédés de lettres définissant les nuances de gris utilisées dans le traitement des images satellitaires en noir et blanc. Un nombre E (pour Eye) est attribué en fonction de la température de la ceinture nuageuse la plus froide encerclant l'œil (tableau 3). Il faut s'assurer que la largeur minimale de la bande entourant ce dernier est respectée. Un ajustement est fait avec la température de l'œil et celle de la ceinture environnant celui-ci (tableau 4). La correction à apporter au nombre E est trouvée à l'intersection de la température de l'œil et de la température de la bande nuageuse considérée. L'addition du nombre E à l'ajustement de E donne le nombre de la configuration centrale (CF pour « Central Feature ») d'un cyclone. Enfin, il faut vérifier sur l'imagerie satellitaire s'il existe une bande nuageuse incurvée (BF pour « Band Feature ») qui s'enroule autour de la structure centrale du cyclone (fig.1). BF a une valeur de 0.5 ou 1 en fonction de la longueur de la bande incurvée. Pour trouver DT, on fait l'opération suivante : CF + BF. Il est important de souligner une limite de la technique de Dvorak : si l'auteur mentionne les températures égales ou plus froides que - 81°C (code CDG, tableau 2), il n'a pas attribué de « E 7 » pour le nombre de l'œil (tableau 3). La raison est assez simple : pour construire sa classification, Dvorak n'a trouvé aucun cyclone avec une ceinture nuageuse de 55 km entourant complètement l'œil et dont les sommets étaient au moins à - 81°C. Par conséquent, « E7 » constitue une extrapolation de notre part.

Tableau 2 : Les températures utilisées par Dvorak (1984).

CODE	Températures
WMG (Warm Medium Gray )	> + 9°C
OW (Off White )	de + 9 à - 30°C
DG ( Dark Gray )	de - 31 à - 41°C
MG (Medium Gray )	de - 42 à - 53°C
LG ( Light Gray )	de - 54 à - 63°C
B ( Black )	de - 64 à - 69°C
W ( White )	de - 70 à - 75°C
CMG (Cold Medium Gray )	de - 76 à - 80°C
CDG (Cold Dark Gray )	< ou = à - 81°C

Tableau 3 : La détermination du nombre E de l'œil.

Largeur minimale de la bande de nuages entourant l'œil .	55 Km	55 Km	55 Km	55 Km	44 Km	44 Km	33 Km	33 Km
Température de la bande nuageuse	<b>CDG</b>	CMG	W	B	LG	MG	DG	OW
	<b>E 7.0*</b>	E6.5	E 6. 0	E 5. 5	E 5. 0	E 4. 5	E 4. 5	E 4. 0

\* Extrapolé car ce cas de figure n'existe pas dans la méthode de Dvorak.

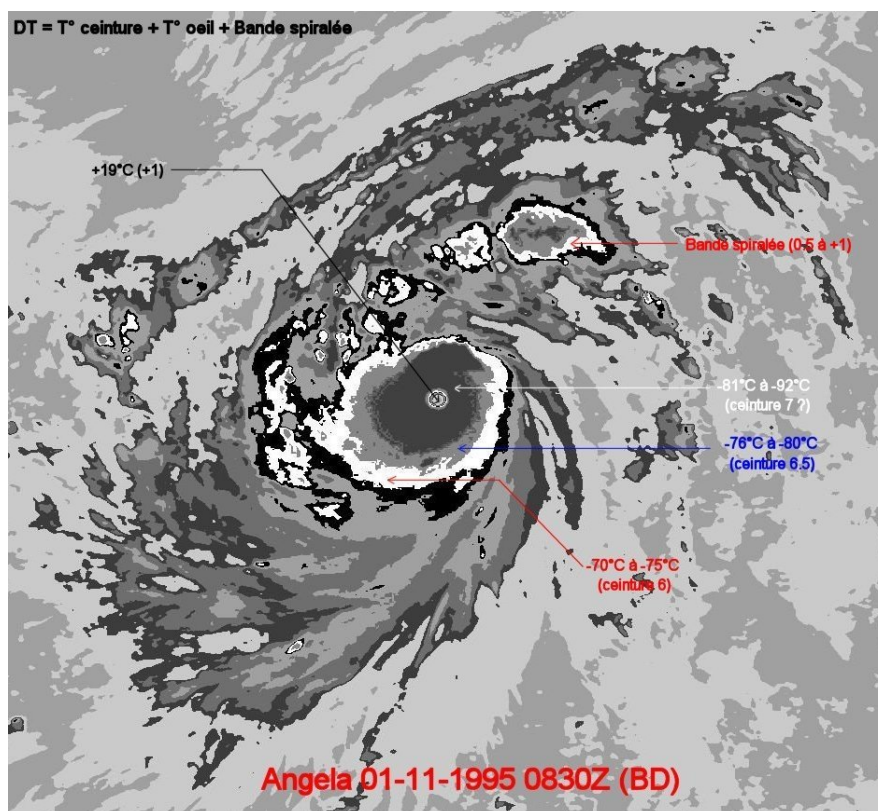
Source : Dvorak (1984).

Tableau 4 : L'ajustement du nombre E de l'œil.

température de la ceinture nuageuse de l'œil	température de l'œil									
		WMG	OW	DG	MG	LG	B	W	CMG	
	OW	0	-0,5							
	DG	0	0	-0,5						
	MG	0	0	-0,5	-0,5					
	LG	0,5	0	0	-0,5	-0,5				
	B	+ 1	+ 0,5	0	0	-0,5	-0,5			
	W	+ 1	+ 0,5	+ 0,5	0	0	-1	-1		
	CMG	+ 1	+ 0,5	+ 0,5	0	0	-0,5	-1	-1	
	CDG	+ 1	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5	0	0	-0,5	-1	

\* Extrapolé car ce cas de figure n'existe pas dans la méthode de Dvorak.

Source : Dvorak (1984)

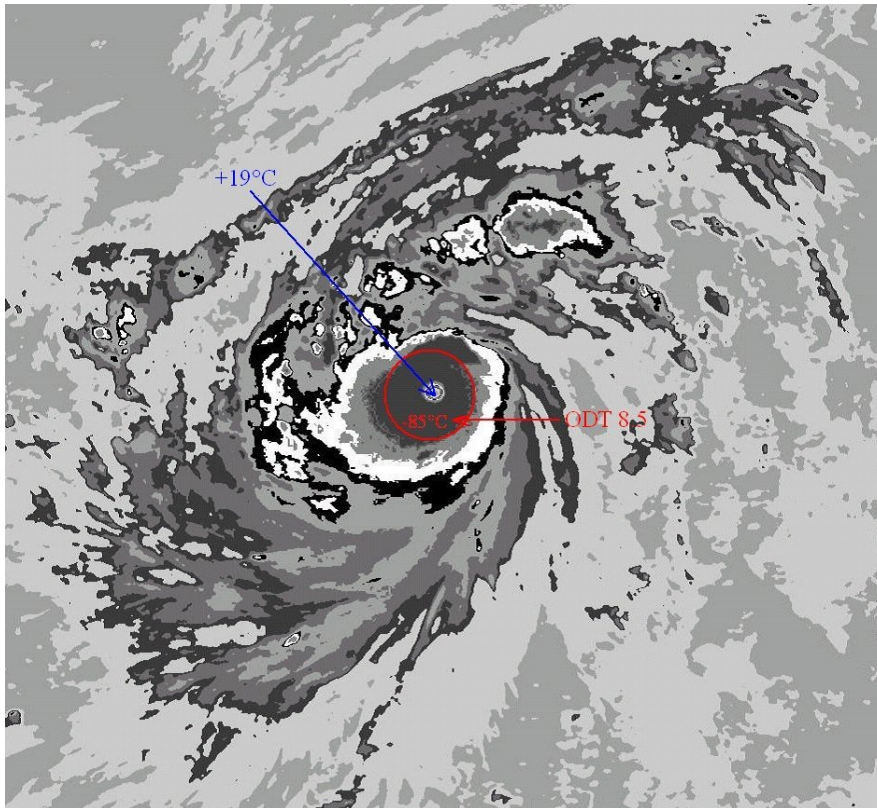


Source : A partir des fichiers bruts de JMA

Figure 1 : La détermination de DT

Le deuxième terme ODT (Objective Data T number) est lui aussi calculé à partir des données satellitaires. La configuration centrale du cyclone est décomposée en zone concentrique de 5 km de large. Sur chacune d'elle, la température la moins froide est notée et au final, on retient ce qu'on appelle la température environnante qui correspond à « la plus froide » parmi « les moins froides » relevées sur chaque cercle. L'exemple du typhon Angela (fig.2) donne une température environnante de - 85°C. Comme pour DT, on prend aussi en compte la température de l'œil, ici + 19°C, et un abaque (pas montré ici) permet de définir ODT à partir de ces deux données.

Dans la pratique, l'intensité maximale d'un cyclone est comprise entre la valeur de DT et celle d'ODT qui correspond à une limite supérieure. Enfin, la technique de Dvorak impose une contrainte quant au rythme d'intensification d'un cyclone :  $+2.5 T$  au maximum en 24 heures.

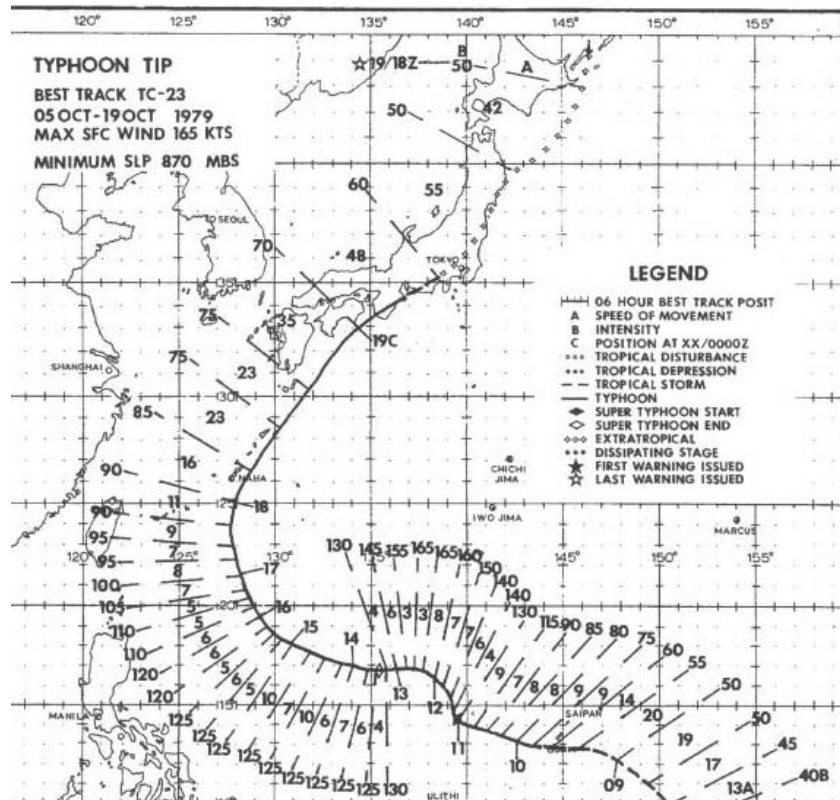


Source : A partir des fichiers bruts de JMA

Figure 2 : La détermination d'ODT

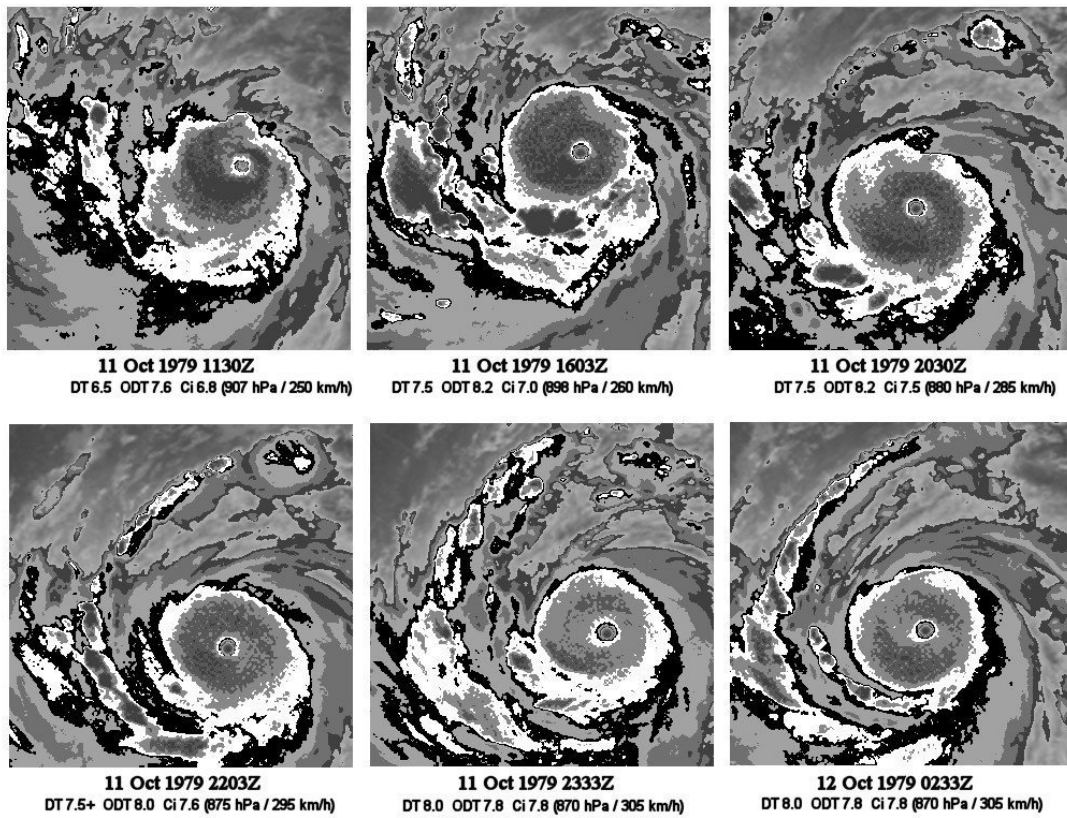
### 3- Tip, officiellement considéré comme le cyclone le plus intense

Le Typhon Tip s'est formé en octobre 1979 à l'est des Philippines (fig.3). L'analyse des images (fig.4) indique que ce cyclone affichait une intensité convective, DT, supérieure à l'intensité courante, Ci, lors de l'intensification rapide en fin de journée du 11 octobre. En effet, une reconnaissance aérienne à 1529Z trouvait une intensité courante de Ci 7.0 avec une pression de 900 hPa et un vent soutenu de 260 km/h alors que l'intensité convective (DT) était à 7.5 et que ODT culminait déjà à 8.2 d'après l'image de 1603Z. En fait, l'intensité courante (Ci) de 7.5 n'était atteinte que 4 h30 plus tard à 2030Z quand la pression était à 880 hPa et les vents soutenus à 285 km/h. A ce moment-là, l'intensité convective (DT) n'était pas à 8.0 car la ceinture nuageuse CDG (- 81°C et plus froids) entourant complètement l'œil ne mesurait que 45 km dans sa plus petite largeur et non pas 55 km. DT s'est élevée à 8.0 de 2230Z le 11 octobre jusqu'à 0230Z le 12 octobre soit une période de 4h (fig.5). Il est intéressant de noter que DT 8.0 a été obtenue en prenant en compte une bande nuageuse spiralée située au nord de la structure centrale et s'enroulant autour de celle-ci par la face ouest. Parallèlement, la diminution d'ODT de 8.2 à 7.8 traduit un réchauffement du sommet des nuages qui n'a pourtant pas contrarié l'intensification du typhon. Ainsi, l'intensité maximale de Tip a atteint Ci 7.8 avec une pression atmosphérique de surface relevée par sonde de 870 hPa et des vents soutenus de 305 km/h.



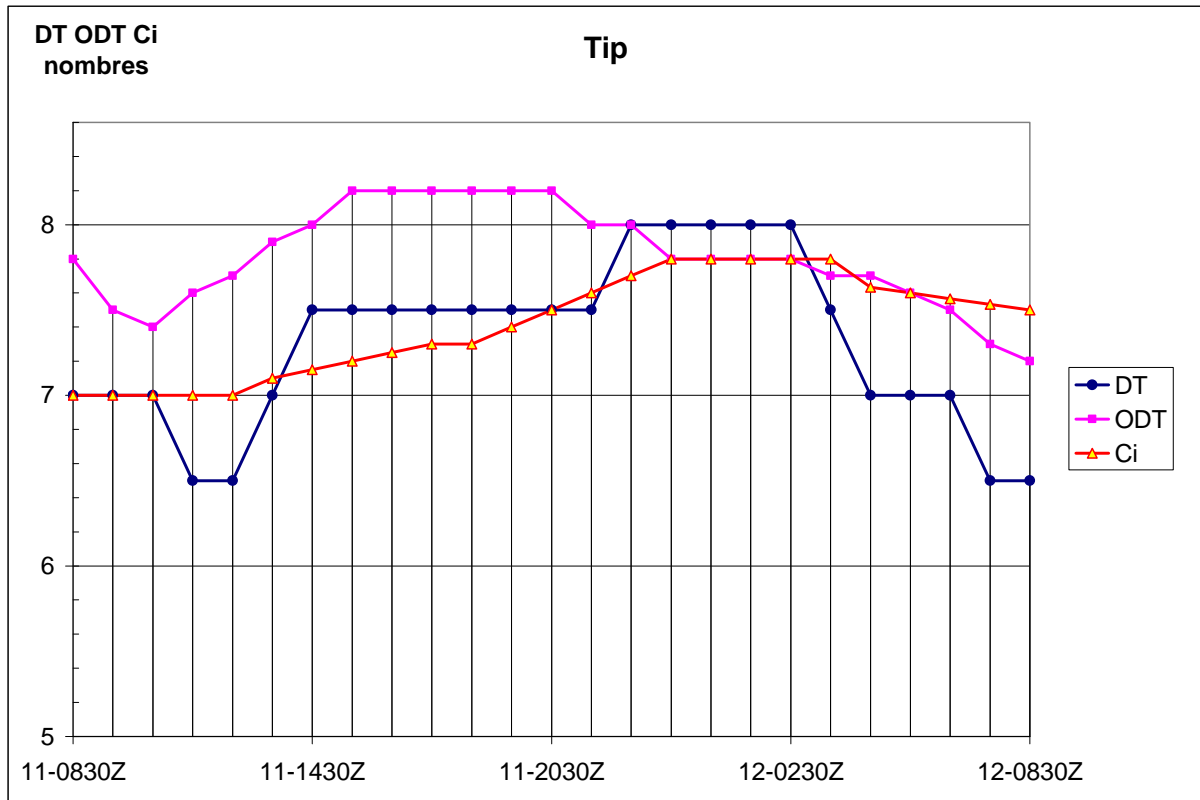
Source : ATCR, JTWC

Figure 3 : La trajectoire de TIP



Source : A partir des fichiers bruts de JMA

Figure 4 : Montage d'images de TIP



Source : A partir de l'analyse des images

Figure 5 : Les données DT, ODT, et Ci de Tip

A partir de l'analyse ci-dessus, nous avons décidé qu'un typhon devait afficher les données suivantes pour être considéré comme plus intense que Tip :

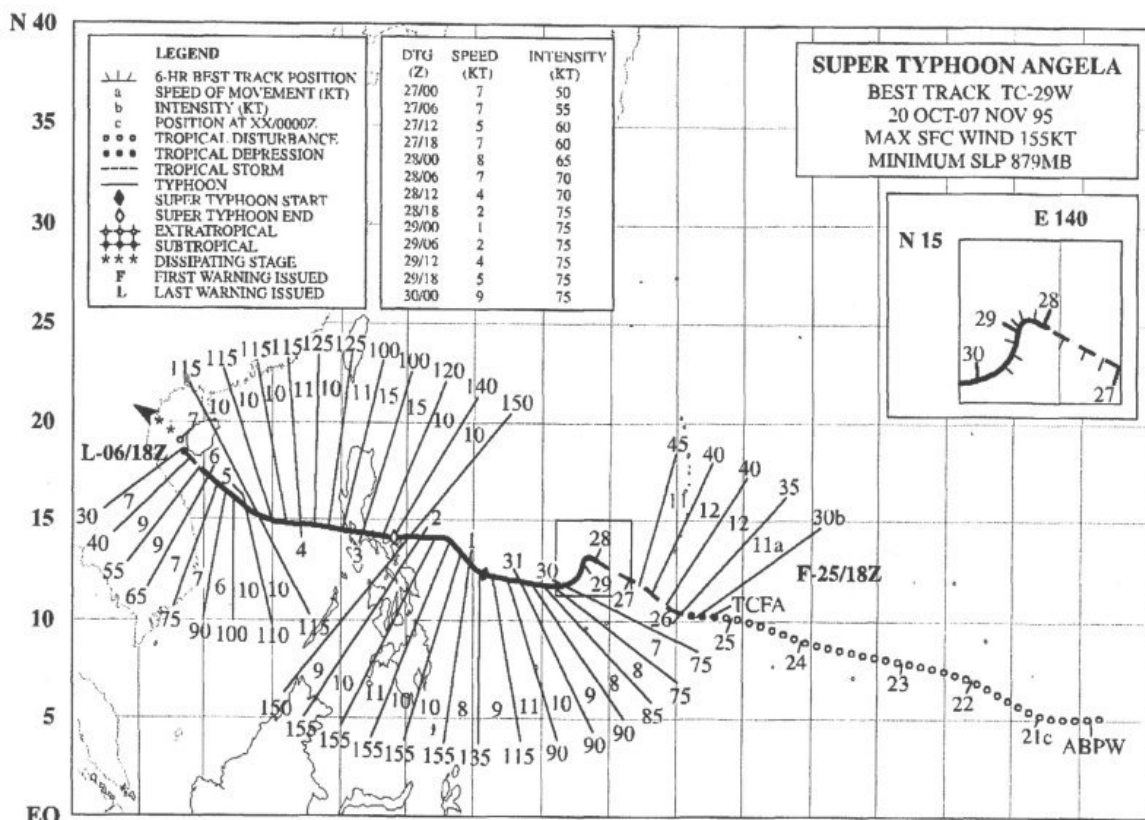
- une ceinture nuageuse CDG (- 81°C et plus froids) entourant complètement l'œil sur 55 km pour obtenir un nombre de l'œil de E 7 et DT à 8.0 après une correction positive pour un œil chaud.
- une intensité convective (DT) de 8.0 pendant au moins 6 h (4 h pour Tip).
- des valeurs d'ODT plus élevées que 8.2 pendant au moins 6 h (5 h à 8.2 pour Tip).
- une intensité courante (Ci) d'au moins 5.5 24 heures avant l'intensité maximale pour respecter le rythme « plafond » d'intensification de + 2.5 T en 24 heures.

#### 4- **Angela, le plus impressionnant typhon depuis le début de l'ère satellitaire**

Ce typhon s'est formé dans la Mer des Philippines à la fin du mois d'octobre 1995 (fig.6). Après un développement assez lent, Angela s'est intensifié de manière « explosive » le 31 octobre à partir de 1130Z (19h30 locales). A cette heure, l'intensité courante pouvait être estimée à 185 km/h (100 nœuds) soit Ci 5.5 même si l'œil, ennoyé sous la convection, n'était pas encore visible sur les images en infrarouge renforcé (fig.7). Ensuite, l'œil gagnait en définition et il se réchauffait significativement alors que l'intensité convective (DT) augmentait de manière très rapide (fig.8) : 7.0 à 1430Z, 7.5 à 2030Z et 8.0 de 0130Z à 1430Z le 1<sup>er</sup> novembre. Les données « officielles » figurant dans le rapport annuel 1995 des typhons (fig.6) ont retenu l'évolution suivante pour l'intensité courante (Ci) : 115 nœuds soit 215



km/h (Ci 6.0) le 31 octobre à 1200Z, 135 nœuds soit 250 km/h (Ci 7.0-) à 1800Z, et 155 nœuds soit des vents soutenus de 285 km/h du 1<sup>er</sup> novembre à 0000Z jusqu'au 2 novembre à la même heure. Notre estimation de l'intensité courante est assez différente (fig.7). En effet, les études climatologiques menées par Holliday and Thompson (1979) dans l'ouest du Pacifique Nord, lorsque les reconnaissances aériennes existaient encore, ont montré que l'intensité convective (DT) était nettement supérieure à l'intensité courante (Ci) quand un typhon s'intensifiait aussi rapidement qu'Angela. En outre, il fallait un délai de 6 à 12 heures pour que l'intensité courante ne s'ajuste à l'intensité convective. Ainsi, dans le cas d'Angela, nous pensons que l'intensité de 260 km/h (Ci 7.0) a été atteinte seulement le 1<sup>er</sup> novembre vers 0000Z bien que les américains du Joint Typhoon Warning Center (JTWC) aient considéré que ce typhon était déjà parvenu à son intensité maximale à cette heure. Angela affichait alors un œil encore encombré de nuages de l'étagage moyen d'une température de - 3.8°C ennoyé dans une ceinture convective avec des sommets plus froids que - 81°C : DT était alors à 7.5 (tableaux 3 et 4). Ensuite, l'œil se réchauffait pour dépasser les + 20°C alors que les sommets des nuages restaient aussi froids (code CDG) : DT a « culminé » à la valeur de 8.0 (fig.8) pendant plus de 12 heures. ODT a atteint une moyenne de 8.3 sur une période de 12 heures et de 8.5 sur 6 heures avec un pic à 8.7 à 1130Z que nous considérons comme l'heure de l'intensité maximale d'Angela. Ce super typhon affichait alors une configuration satellitaire incomparable avec un petit œil parfaitement circulaire et chaud de + 22.9°C dans une masse nuageuse symétrique dont les sommets les plus froids étaient à - 94°C. Ces données, jamais observées dans le Typhon Tip, indique sans contestation possible qu'Angela était à une intensité d'au moins 325 km/h (Ci 8.1) le 1<sup>er</sup> novembre 1995 vers 1200Z.



Source : ATCR, JTWC

Figure 6 : La trajectoire d'Angela

Source : A partir des fichiers bruts de JMA

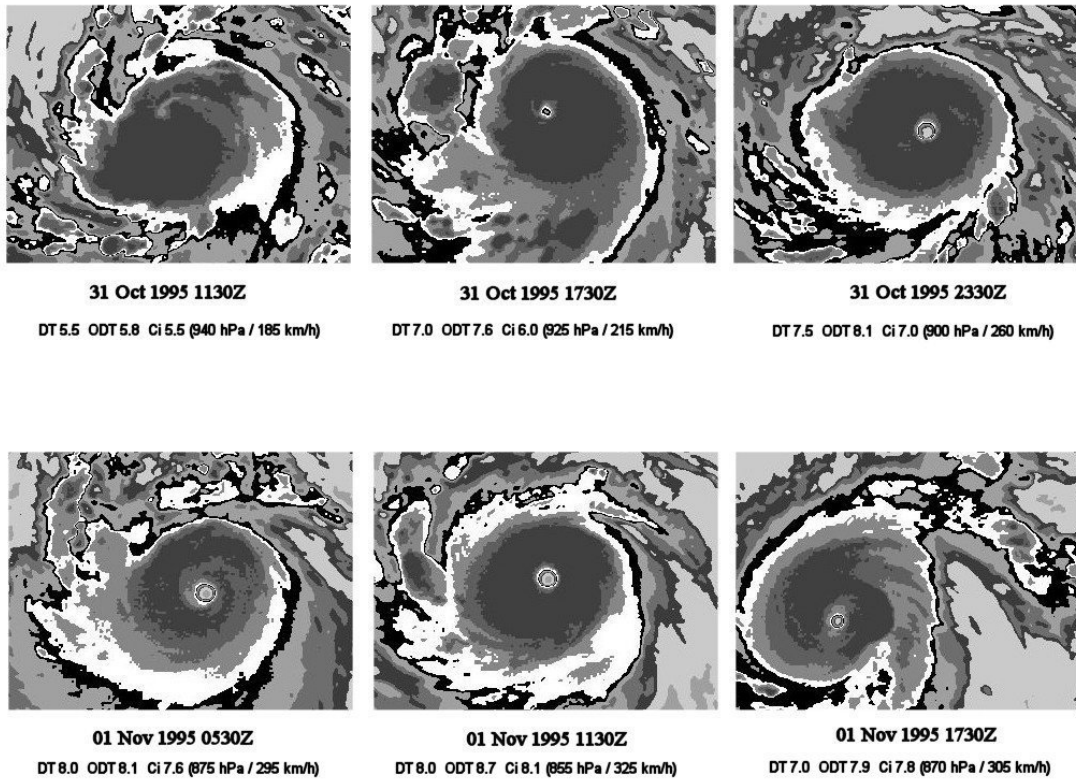
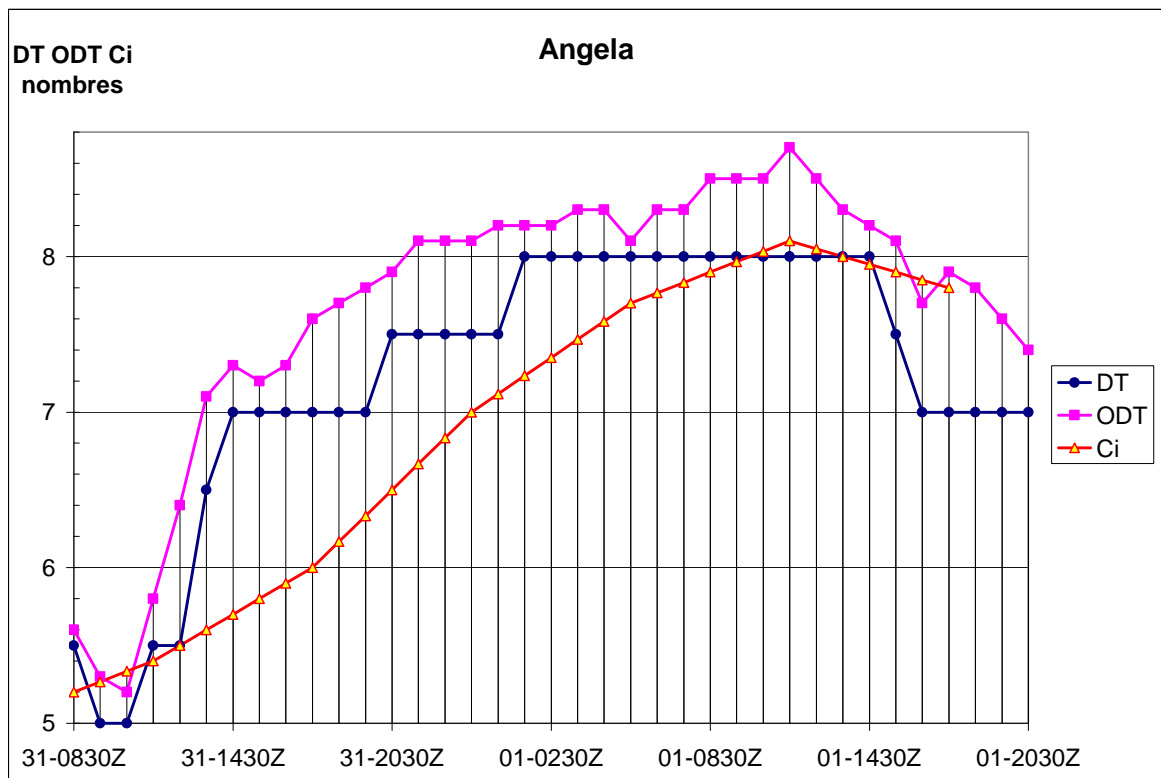


Figure 7 : Montage d'images d'Angela



Source : A partir de l'analyse des images

Figure 8 : Les données DT, ODT et Ci d'Angela

## 5- Conclusion

Cette étude a permis de définir des critères pour repérer les typhons plus intenses que Tip : une ceinture nuageuse CDG (- 81°C et plus froids) entourant complètement l'œil sur 55 km, une intensité convective (DT) de 8.0 et des valeurs d'ODT plus élevées que 8.2 pendant au moins 6 h précédant le moment présumé de l'intensité maximale, et une intensité courante (Ci) d'au moins 5.5 24 heures avant l'intensité maximale pour respecter la contrainte d'intensification de + 2.5 T en 24 heures mise en évidence dans la technique de Dvorak.

Nous avons trouvé trois candidats ayant affiché des données dépassant largement les critères énoncés ci-dessus et ayant eu une meilleure signature nuageuse satellitaire que celle de Tip (305 km/h) : Gay (novembre 1992) et Damrey (mai 2000) avec des vents soutenus estimés à 315 km/h et Angela, qui, avec 325 km/h, a été choisi comme exemple tant sa configuration a été impressionnante. Il semblerait que le climat actuel soit capable de produire des typhons plus intenses que Tip car Angela, Gay ou Damrey ont évolué sur un océan dont la température, 29.2°C/29.4°C, était comparable à celle qui a été relevée lors de l'intensification de Tip. Avec le réchauffement du climat, il sera intéressant de vérifier si on observe réellement des cyclones tropicaux de plus en plus intenses.

## Bibliographie

- Annual Tropical Cyclone Reports (ATCR), 1959-2004, Joint Typhoon Warning Center (JTWC).
- Dunnavan, G.M., and J.W. Dierck (1980). An analysis of Super Typhoon Tip. *Monthly Weather Review*, AMS, **108**, 1915-1923.
- Dvorak, V.F. (1984). Tropical cyclone intensity analysis using satellite data. NOAA Technical Report NESDIS 11, 47 p.
- Emanuel, K.A. (1988). The maximum intensity of hurricanes. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **45**, 1143-1155.
- Holland, G.J. (1997). The Maximum Potential Intensity of Tropical Cyclones. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **54**, 2519-2541.
- Holliday, C.R., and A.H. Thompson (1979) Climatological characteristics of rapidly intensifying typhoons. *Monthly Weather Review*, **107**, 1022-1034.