

LA FIABILITÉ DES DONNÉES D'INTENSITÉ OBTENUES PAR RECONNAISSANCES AÉRIENNES DANS LES TYPHONS DES CATÉGORIES 4 ET 5 (1980-1987)

Karl HOARAU^{1,3}, Mark LANDER², Freddy VINET³, Chip GUARD⁴, Roger EDSON⁴

¹Laboratoire MRTE, Université de CY Paris-Cergy, 33 Boulevard du Port, F-95000 Cergy-Pontoise. khoarau@aol.com

²Université de Guam, Mangilao, 96923 Guam, États-Unis. mlander@triton.uog.edu

³Laboratoire de Géographie et d'Aménagement de Montpellier (LAGAM), Route de Mende, 34199 Montpellier Cedex 5. freddy.vinet@univ-montp3.fr

⁴Retraité, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Barrigada, 96913 Guam, États-Unis. stychip@gmail.com (Chip GUARD), rogeredson@yahoo.com (Roger Edson)

Résumé : Cette étude s'intéresse aux cyclones tropicaux extrêmes des catégories 4 et 5 dont l'activité pourrait augmenter avec le réchauffement climatique actuel. Sur la période 1980-1989, la base de données IBTrACS dénombre 53 typhons extrêmes dans l'ouest du Pacifique Nord, le plus grand bassin cyclonique du globe. Le nombre atteignant 76 pour la décennie 2010-2019, la fiabilité de l'intensité des typhons de la décennie 1980-1989 est une question car la majorité des typhons de la période 1980-1987 a bénéficié de mesures de la pression de surface par avions. Notre ré-analyse basée sur l'imagerie satellitaire indique que l'intensité des typhons observés par avions a été sous-estimée car la vitesse du vent, le principal paramètre de l'intensité, était déterminée par calcul à partir de la pression mesurée.

Mots-clés: Typhons des catégorie 4 et 5, reconnaissances aériennes, ré-analyse de l'intensité, l'Ouest du Pacifique Nord.

Abstract: Reliability of intensity data obtained by aerial reconnaissance in category 4 and 5 typhoons

This study focuses on extreme tropical cyclones of category 4 and 5 whose activity could increase with the current global warming. The selected area is the western North Pacific, the largest cyclone basin in the world, for which the IBTrACS database counts 53 extreme typhoons over the period 1980-1989. With the number reaching 76 for the decade 2010-2019, the reliability of the typhoon intensity for the decade 1980-1989 is a question because the majority of the typhoons for the period 1980-1987 benefited from aircraft surface pressure measurements. Our reanalysis based on satellite imagery indicates that the intensity of typhoons observed by aircraft was underestimated because the wind speed, the main parameter of intensity, was calculated from the measured pressure.

Keywords: Category 4 and 5 typhoons, aerial reconnaissance, intensity reanalysis, the western North Pacific.

Introduction

D'après la base IBTrACS (International Best Track Archive for Climate Stewardship), qui regroupe les données de tous les cyclones tropicaux du globe (Knapp et al., 2010 ; Knapp et al., 2018), l'ouest du Pacifique Nord (100°E à 180°) est le bassin océanique le plus actif avec 30% de l'activité sur la période 1980 à 2019 (Schreck et al., 2014). Ce bassin représente 43% du nombre des cyclones des catégories 4 et 5 dont les vents soutenus sur une minute atteignent ou dépassent les 115 nœuds (Simpson, 1974). Les travaux de Knutson et al. (2015) considèrent comme probable l'augmentation de l'activité des cyclones des catégories 4 et 5 avec le réchauffement climatique en cours. IBTrACS

donne l'évolution suivante dans le nombre décennal des typhons de l'ouest du Pacifique Nord : 53 pour 1980-1989, 72 pour 1990-1999, 79 pour 2000-2009, et 76 pour 2010-2019. Le nombre significativement plus faible de la décennie 1980-1989 est d'autant plus surprenant que la grande majorité des typhons des catégories 4 et 5 de la période 1980-1987 a bénéficié des reconnaissances aériennes. Les données d'intensité des typhons obtenues par avions étaient pourtant considérées comme fiables (Martin et Gray, 1993 ; Kossin et al., 2007). Afin de vérifier la qualité de ces données représentées par le vent maximal soutenu, nous avons procédé à la ré-analyse de l'intensité des typhons obtenue par avions.

1. La méthodologie d'analyse des données

L'intensité d'un cyclone tropical est définie par le vent soutenu maximal et la pression atmosphérique minimale au niveau de la mer (Merril, 1984). Dans la méthode de Dvorak (1984), le vent soutenu est le paramètre le plus important de l'intensité. Celle-ci dépend, sur l'imagerie satellitaire en infrarouge renforcé, de la température du pixel le plus chaud à l'intérieur de l'œil, et de la température du sommet des nuages dans un rayon de 55 km autour de cet œil. Les images satellitaires ont été analysées toutes les 3 heures puisque leur fréquence horaire n'est disponible qu'à partir de 1987. Nous avons utilisé la base d'images de Digital typhoon (1980-1987) issues des satellites géostationnaires japonais GMS. La méthode de Dvorak (1984) classe les cyclones tropicaux sur une échelle ouverte d'intensité allant de T1 à T8. Les cyclones produisant des vents de surface au moins de 115 nœuds correspondent à T6, soit la catégorie 4 de l'échelle de Saffir-Simpson (Simpson, 1974). Pour illustrer les résultats de notre ré-analyse satellitaire, nous avons pris l'exemple du typhon Joe qui a évolué les 20 et 21 novembre 1986 à l'est des Philippines (JTWC, 1986). Sur les images satellitaires (figure 1), l'intensification du typhon se traduit par un réchauffement progressif de l'œil.

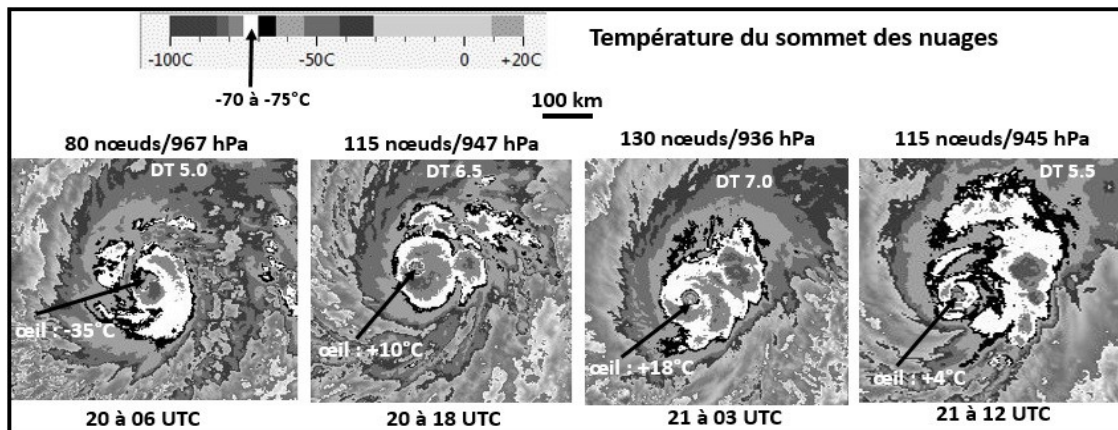


figure 1. Les images satellitaires en palette de Dvorak du typhon Joe les 20 et 21 novembre 1986. Source : à partir des images satellitaires de Digital typhoon et de Knapp et al. (2018).

La température de surface passe de -35°C le 20 novembre à 06 UTC à +18°C le 21 à 03 UTC au moment où Joe affiche des données satellitaires (DT) maximales de 7.0. L'œil est localisé dans une ceinture nuageuse avec des sommets très froids à -70°C/-78°C. Les vents estimés à 130 nœuds (T6.5+) sont issus de notre ré-analyse et résultent de l'application de la méthode de Dvorak (figure 2). Malgré un pic des données satellitaires à DT 7.0, notre ré-analyse n'a pas donné des vents de 140 nœuds (catégorie 5) car le 21 novembre à 06 UTC, le typhon affichait une configuration moins forte à DT 6.0. Il aurait fallu que les données satellitaires restent à DT 7.0 trois heures de plus pour que les vents passent à 140 nœuds. Il faut noter qu'IBTrACS n'attribuait à Joe qu'une intensité maximale de 100 nœuds (T5.5, catégorie 3), soit une différence sensible d'une unité sur l'échelle de Dvorak.

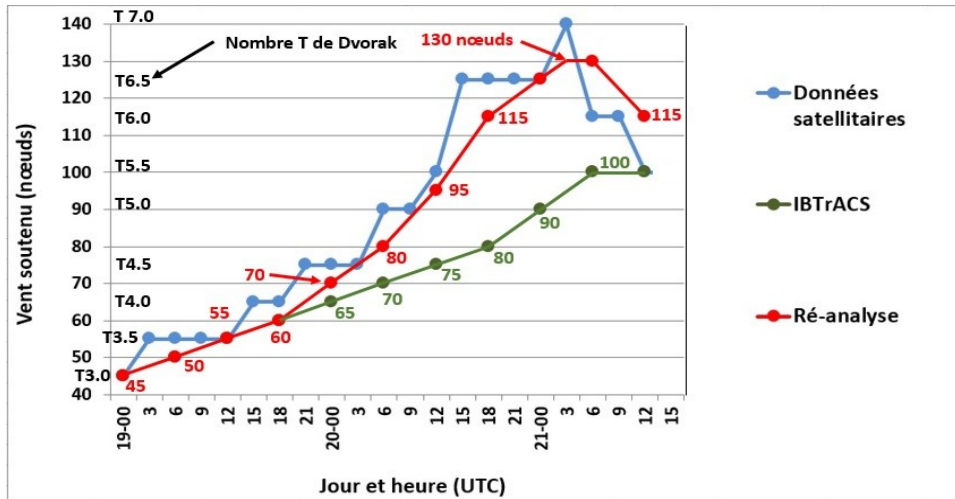


figure 2. L'estimation de l'intensité du typhon Joe avec la méthode de Dvorak. Source : à partir des images satellitaires de Digital typhoon et de Knapp et al. (2018).

2. Une évidente sous-estimation de l'intensité des typhons des catégories 4 et 5

Le cas du typhon Joe développé ci-dessus n'est pas un exemple isolé. Sur la période 1980 à 1987 (jusqu'au typhon Cary le 15 août 1987 qui marque la fin des reconnaissances aériennes), IBTrACS ne comptabilise que 35 typhons des catégories 4 et 5 alors notre ré-analyse en trouve 55 (figure 3).

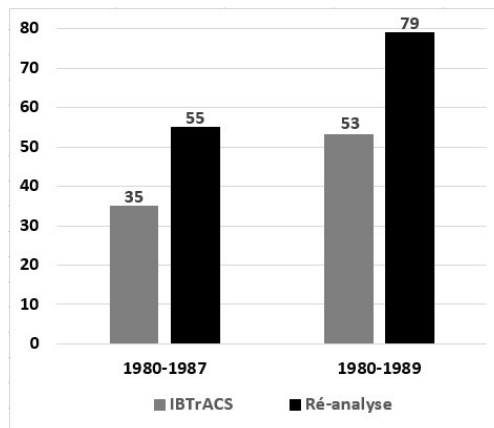


figure 3. Une comparaison du nombre des typhons des catégories 4 et 5 entre les données d'IBTrACS et celles de la ré-analyse des images satellitaires pour les périodes 1980-1987 et 1980-1989. Source : à partir de Knapp et al. (2018) et des images satellitaires de Digital typhoon.

Cela correspond à une différence de 57%. Sur la décennie 1980-1989, IBTrACS rapporte 53 typhons des catégories 4 et 5 alors que notre ré-analyse en mentionne 79, soit une différence de 49%. Toujours pour des typhons d'une intensité similaire de l'ouest du Pacifique Nord, Webster et al. (2005) affichait le nombre de 48 pour 1975-1984, 68 pour 1985-1994, et 71 pour 1995-2004. Cette recherche reprenait les statistiques d'IBTrACS pour la période 1980-2004 alors que les données d'intensité de la période 1975-1979 ne sont pas archivées dans la base. Comment peut-on expliquer une telle sous-estimation de l'intensité des typhons des catégories 4 et 5 durant l'ère des reconnaissances aériennes ? Une partie de la réponse vient de la relation vent-pression utilisée dans la méthode de Dvorak (tableau 1). C'est celle d'Atkinson et Holliday (1977) qui était en vigueur sur la période de notre étude. Un typhon de la catégorie 4 devait avoir une pression atmosphérique de surface de l'ordre de 925 à 930 hPa. La pression atmosphérique était la donnée la plus facile à obtenir puisqu'une sonde était libérée dans l'œil des typhons.

Tableau 1. La correspondance utilisée dans les typhons des catégories 3 à 5 du Pacifique Ouest pour la période 1980-1987 entre le nombre T de Dvorak, le vent soutenu sur une minute, et la pression atmosphérique de surface. D'après Dvorak (1984), Atkinson et Holliday (1977) et Simpson (1974).

Nombre T de Dvorak	Vent sur 1 minute (nœuds)	Pression (hPa)	Catégorie Saffir-Simpson
5.5	100	941	3
6	115	927	4
6.5	125	914	4
7	140	898	5
7.5	155	879	5
8.0	170	858	5

Le vent était dérivé de l'équation : $\text{vent} = 3,4(1010 - \text{Pression de surface de l'œil})^{0,644}$. Plus tard, Knapp et al. (2013) ont montré que les vents soutenus dans un cyclone tropical ne dépendaient pas de la seule pression atmosphérique de surface dans l'œil mais aussi de la latitude du cyclone, de son extension horizontale, et de la pression atmosphérique périphérique. Donc, un cyclone de 115 nœuds (catégorie 4) pouvait avoir une pression variable en fonction des paramètres cités ci-dessus. Dans le cas du typhon Joe, notre ré-analyse a estimé les vents à 130 nœuds (100 nœuds dans IBTrACS) au moment où la pression minimale mesurée par avion était à 936 hPa (figure 1). D'après la relation vent-pression utilisée par Atkinson et Holliday (1977), une intensité de 130 nœuds aurait dû être accompagnée par une pression de surface autour de 910 hPa (tableau 1). Joe était un typhon de petite taille associé à des pressions périphériques élevées. L'autre partie de la réponse vient du fait que la technique de Dvorak a été publiée en 1984. L'apprentissage de cette technique nécessitant plusieurs mois, et l'expérience étant acquise en quelques années, les prévisionnistes sont devenus opérationnels seulement à la fin des années 1980 dans l'ouest du Pacifique Nord et dans les autres bassins cycloniques (Knapp et al., 2010). Ces auteurs ont montré aussi que la méthode de Dvorak était d'une grande fiabilité dans l'estimation de l'intensité des cyclones produisant des vents au moins de 115 nœuds.

Un autre indicateur matérialise la sous-estimation de l'intensité des typhons observés par reconnaissances aériennes. Il s'agit de la différence des vents entre notre ré-analyse et ceux donnés par IBTrACS sur la période 1980-1987 (figure 4).

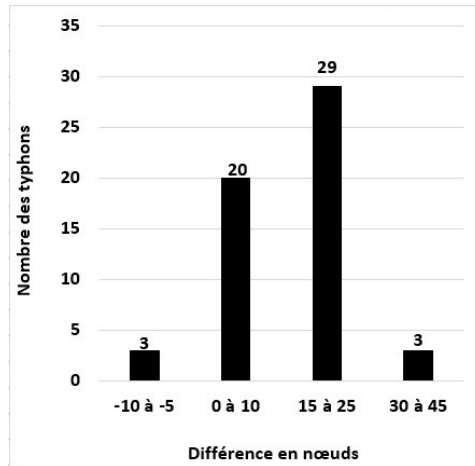


figure 4. La différence entre les vents estimés par la ré-analyse des images satellitaires et ceux issus d'IBTrACS pour les typhons des catégories 4 et 5 sur la période 1980-1987. Source : à partir des images satellitaires de Digital typhoon et de Knapp et al. (2018).

23 typhons des catégories 4 et 5 sur les 55, soit 41,8%, affichaient une différence relativement faible de 10 nœuds. En revanche, 32 typhons (58,2%) montraient une différence modérée à forte de 15 à 45 nœuds. L'exemple du typhon Joe (novembre 1986), précédemment analysé, indiquait une différence de 30 nœuds, soit 1 nombre T sur l'échelle de Dvorak (tableau 1).

Enfin, notre ré-analyse montre que l'intensification des vents sur une période de 24 heures dans les typhons extrêmes avait été plus rapide (figure 5) que celle observée dans les données d'IBTrACS.

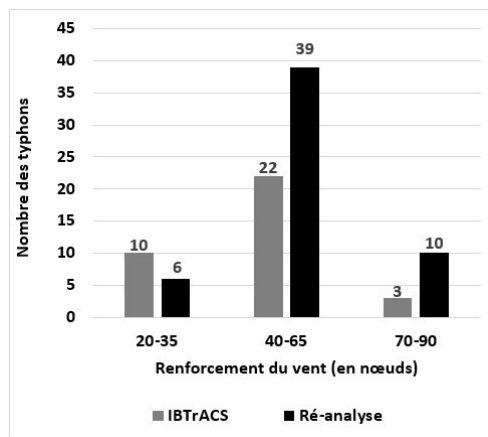


figure 5. Une comparaison de l'intensification des vents en 24 heures dans les typhons des catégories 4 et 5 entre les données d'IBTrACS et celles de la ré-analyse des images satellitaires pour la période 1980-1987. Source : à partir de Knapp et al. (2018) et des images satellitaires de Digital typhoon.

En effet, dans la méthode de Dvorak (1984), un accroissement du vent en 24 heures est considéré comme rapide quand il atteint au moins 40 nœuds. Pour un typhon, cela correspond à une augmentation d'intensité de 75 nœuds (T4.5 sur l'échelle de Dvorak) à 115 nœuds (T6.0), soit 1.5 T (tableau 1). Sur la période 1980-1987, notre ré-analyse montre que 45 (89%) des 55 typhons se sont développés de manière rapide (40 à 90 nœuds) en 24 heures pour atteindre les catégories 4 et 5. Les données d'IBTrACS indiquent que 25 (71,4%) des 35 typhons ont rempli ce critère. Notre ré-analyse montre que le typhon Joe s'est intensifié de manière rapide en 24 heures avec 55 nœuds (figure 2) alors qu'IBTrACS affiche une intensification plus progressive de 30 nœuds menant à une intensité maximale de 100 nœuds (130 nœuds en ré-analyse). Cet indicateur est scruté avec attention car la proportion des typhons s'intensifiant de manière rapide pourrait augmenter avec le réchauffement climatique en cours (Chih et Wu, 2020).

Conclusion

La ré-analyse des images satellitaires révèle qu'il y a eu une sous-estimation marquée de l'intensité des typhons des catégories 4 et 5 observés par reconnaissances aériennes dans l'ouest du Pacifique Nord sur la période 1980-1987. Nous avons trouvé 55 typhons alors que la base de données IBTrACS n'en recense que 35. Pour 58,2% des 55 typhons, nous avons trouvé une différence supérieure de 15 à 45 nœuds par rapport à IBTrACS. Cette différence s'explique par le fait que la pression atmosphérique de surface relevée par avions était la donnée la plus facile à obtenir grâce à la mesure d'une sonde. Le vent soutenu était obtenu par la relation vent-pression décrite par Atkinson et Holliday (1977). En outre, la méthode de Dvorak permettant l'estimation de l'intensité des cyclones à partir des images satellitaires a été publiée en 1984. Comme elle nécessite une longue formation, les météorologues n'ont maîtrisé cette méthode qu'à la fin des années 1980. Une sous-estimation comparable de l'intensité des cyclones tropicaux des catégories 4 et 5 dans la décennie 1980-1989 avait déjà été mise en évidence pour le nord de l'Océan Indien (Hoarau et al., 2012), et le sud de l'Océan Pacifique (Hoarau et al., 2018). Cette étude confirme le manque de fiabilité signalé aussi par Landsea et al. (2006) des données d'intensité de la première décennie complète de l'ère des satellites météorologiques géostationnaires (1980-1989). Pour que les données permettent une réelle comparaison, il faudrait étendre la ré-analyse aux trois décennies les plus récentes (1990 à 2019). Ainsi, il serait possible d'apprécier si le réchauffement climatique actuel a déjà une influence sur l'évolution de la proportion des cyclones des catégories 4 et 5 ou sur la rapidité du processus d'intensification qui avait été sous-estimé dans l'ouest du Pacifique Nord pour les typhons observés par avions entre 1980 et 1987.

Bibliographie

- Atkinson G.D. et Holliday C.R., 1977 : Tropical Cyclone Minimum Sea Level Pressure/Maximum Sustained Wind Relationship for the Western North Pacific. *Monthly Weather Review*, **105**, 421-427.
- Chih C-H. et Wu C-C., 2020 : Exploratory Analysis of Upper-Ocean Heat Content and Sea Surface Temperature Underlying Tropical Cyclone Rapid Intensification in the Western North Pacific. *Journal of Climate*, **33**, 1031-1050.
- Digital Typhoon (1980-1987) : base d'images des satellites japonais (série GMS) disponibles pour l'ouest du Pacifique Nord. http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/search_name.html.en [dernier accès 20 février 2022].
- Dvorak V.F., 1984 : *Tropical cyclone intensity analysis using satellite data*. NOAA technical Report NESDIS 11, 47p.
- Hoarau K., Bernard J., Chalonge L., 2012 : Intense tropical cyclone activities in the northern Indian Ocean. *International Journal of Climatology*, **31**, 1935-1945.
- Hoarau K., Chalonge L., Pirard F., Peyrusaubes D., 2018 : Extreme tropical cyclone activities in the southern Pacific Ocean (1980-2016). *International Journal of Climatology*, **38**, 1409-1420.
- Joint Typhoon Warning Center (JTWC), 1986 : Annual Tropical Cyclone Report. <https://www.metoc.navy.mil/jtwc/jtwc.html?cyclone>
- Knaff J.A., Brown D.P., Courtney J., Gallina J.G., Beven J.L., 2010 : An evaluation of Dvorak technique-based tropical cyclone intensity estimates. *Weather and Forecasting*, **25**, 1362-1379.
- Knapp K.R., Kruk M.C., Levinson D.H., Diamond H.J., Neumann C.J., 2010 : The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS). *Bulletin of American Meteorological Society*, **91**, 363-376.
- Knapp K.R., Knaff J.A., Sampson C.R., Riggio G.M. et Schnapp A.D., 2013 : A Pressure-Based Analysis of the Historical Western North Pacific Tropical. *Monthly Weather Review*, **141**, 2611-2631.
- Knapp K.R., Diamond H.J., Kossin J.P., Kruk M.C., Schreck C.J., 2018 : International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4. NOAA National Centers for Environmental Information. [doi:10.25921/82ty-9e16](https://doi.org/10.25921/82ty-9e16) [dernier accès 20 février 2022].
- Knutson T.R., Sirutis J.J., Zhao M., Tuleya R.E., Bender M., Vecchi G.A., Villarini G., Chavas D., 2015 : Global Projections of Intense Tropical Cyclone Activity for the Late Twenty-First Century from Dynamical Downscaling of CMIP5/RCP4.5 Scenarios. *Journal of Climate*, **28**, 7203-7224.

Kossin J.P., Knapp K.R., Vimont D.J., Murname R.J., Harper B.A., 2007 : A globally consistent reanalysis of hurricane variability and trends. *Geophysical Research Letters*, **34**, doi: 10.1029/2006GL028836.

Landsea C.W., Harper B.A., Hoarau K., Knaff J.A., 2006 : Can We Detect Trends in Extreme Tropical Cyclones? *Science*, **313**, 452-454.

Martin J.D. et Gray W., 1993 : Tropical Cyclone Observation and Forecasting with and without Aircraft Reconnaissance. *Weather and Forecasting*, **8**, 519-532.

Merril R.T., 1984. A comparison of large and small tropical cyclones : *Monthly Weather Review*, **112**, 1411-1417.

Schreck C.J., Knapp K.R., et Kossin J.P., 2014 : The Impact of Best Track Discrepancies on Global Cyclone Climatologies using IBTrACS. *Monthly Weather Review*, **142**, 3881-3899.

Simpson B., 1974 : The Hurricane disaster potential scale. *Weatherwise*, **27**, 169-186.

Webster P.J., Holland G.J., Curry J.A. and Chang H.R., 2005 : Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science*, **309**, 1844-1846.