

# Cyclone tropical

En météorologie, un **cyclone tropical** est un type de cyclone (dépression) qui prend forme dans les océans de la zone intertropicale à partir d'une perturbation qui s'organise en dépression tropicale puis en tempête. Son stade final est connu sous divers noms à travers le monde : **ouragans** dans l'Atlantique Nord et le Pacifique Nord-Est, **typhons** dans le Pacifique Nord-Ouest et simplement **cyclones** ailleurs.

Structurellement, un cyclone tropical est une large zone de nuages orageux en rotation autour de son centre et accompagnée de forts vents. On peut les classer dans la catégorie des systèmes convectifs de méso-échelle puisqu'ils ont un diamètre inférieur à une dépression classique, dite *synoptique*, et que leur source d'énergie principale est le dégagement de chaleur latente causé par la condensation de vapeur d'eau en altitude dans leurs orages. On peut ainsi considérer le cyclone tropical comme une machine thermique, au sens de la thermodynamique. Le dégagement de chaleur latente dans les niveaux supérieurs de la tempête élève la température à l'intérieur du cyclone de 15 à 20 °C au-dessus de la température ambiante dans la troposphère à l'extérieur du cyclone. Pour cette raison, on dit des cyclones tropicaux qu'ils sont des tempêtes à « noyau chaud ».

Le cyclone tropical est redouté par les populations en raison de sa capacité de destruction : inondations des côtes, pluies torrentielles et vents violents. Il est classé parmi les risques naturels les plus courants et fait chaque année des milliers de victimes. Les régions les plus menacées ont mis sur pied des mesures de surveillance météorologique, sous la coordination de l'Organisation météorologique mondiale, ainsi que des programmes de recherche et de prévision du déplacement des cyclones.

## Classification et terminologie

### Origine du terme

Le terme cyclone, appliqué aux cyclones tropicaux, a été forgé par le capitaine de marine anglais Henry Piddington (1797-1858) à la suite de ses études sur la terrible tempête tropicale de 1789 qui avait tué plus de 20000 personnes dans la ville côtière indienne de Coringa. En 1844, il publia ses travaux sous le titre *The Horn-book for the Law of Storms for the Indian and China Seas*

(Mémoires sur les tempêtes de l'Inde<sup>[1]</sup> ). Les marins du monde reconnurent la grande qualité de ses travaux et le nommèrent président de la *Marine Court of Inquiry* (Cour de marine) de Calcutta. En 1848, dans une nouvelle version agrandie et complétée de son livre, *The Sailor's Horn-book for the Law of Storms* (Guide du marin sur la loi des tempêtes...<sup>[2]</sup> ), ce pionnier de la météorologie compara le phénomène météorologique à un

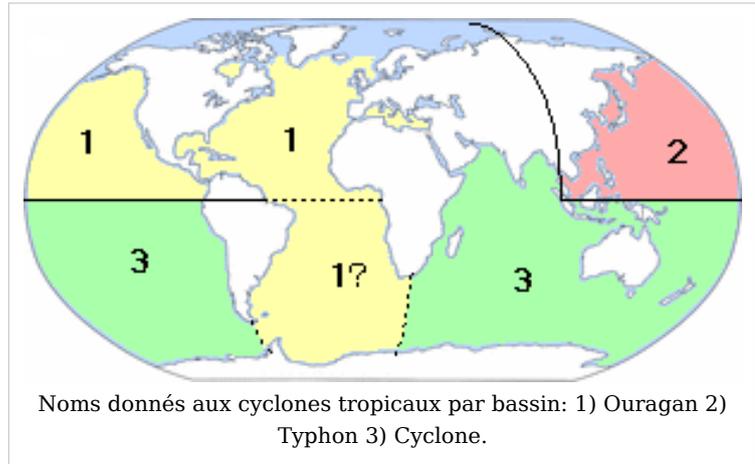


L'ouragan Ivan près de la Grenade, le 7 septembre 2004.

serpent s'enroulant en cercle, *kyklos* en grec, d'où cyclone<sup>[1] ,[3]</sup> .

## Nomenclature

Les cyclones tropicaux sont divisés en trois stades de vie : les dépressions tropicales, les tempêtes tropicales, et un troisième groupe dont le nom varie selon les régions. Ces stades sont en fait trois niveaux d'intensité et d'organisation qu'un cyclone tropical peut ou non atteindre. On retrouve donc dans l'ordre croissant d'intensité :



- La **dépression tropicale** : Un système organisé de nuages, d'eau et d'orages avec une circulation cyclonique fermée en surface et des vents dont la vitesse maximum est inférieure à 17 mètres par seconde (33 nœuds ou 38 mi/h ou 62 km/h)
- La **tempête tropicale** : Un système cyclonique dont les vents ont une vitesse maximum comprise entre 17 et 33 mètres par seconde (34-63 nœuds ou 39-73 mi/h ou 62-119 km/h)
- Le **cyclone tropical** : Un système cyclonique dont les vents ont une vitesse qui excède 33 mètres par seconde (environ 119 km/h) et qu'il y a un œil dégagé en son centre. Le terme utilisé pour les désigner varie selon les régions, comme suit<sup>[4]</sup> :
  - **Ouragan** dans l'Atlantique Nord et l'océan Pacifique à l'est de la ligne de changement de date. L'origine du mot est contestée : d'*huracán*, du caraïbe pour « dieux du mal »<sup>[5]</sup> ,<sup>[6]</sup> ou « dieu des tempêtes »<sup>[7]</sup> , ou encore de l'arawak *huracana* signifiant « vent d'été »<sup>[réf. nécessaire]</sup>
  - **Typhon** dans le Pacifique Nord à l'ouest de la ligne de changement de date. Le mot viendrait du grec ancien *tuphōn* (Τυφών), un monstre de la mythologie grecque responsable des vents chauds, et qui aurait voyagé vers l'Asie par l'arabe (*tûfân*) puis récupéré par les navigateurs portugais (*tufão*). D'autre part, les chinois utilisent 台风 (grand vent) prononcé *tai fung* en cantonnais<sup>[8]</sup>
  - **Cyclone tropical** dans le Pacifique Sud et dans l'océan Indien. Cependant, on utilise localement le terme de *forte tempête tropicale* dans l'océan Indien Nord.
  - Dans l'Atlantique Sud, le terme à utiliser n'est pas déterminé. Jusqu'à présent on a répertorié qu'un seul système de ce type à cause des conditions défavorables dans cette région.

Cette terminologie est définie par l'Organisation météorologique mondiale (OMM). En d'autres endroits dans le monde, les cyclones tropicaux ont reçu les noms de *baguio* aux Philippines, de *chubasco* au Mexique et *taino* en Haïti. Le terme *willy-willy* retrouvé souvent dans la littérature comme un terme local en Australie est erroné car il désigne en fait un tourbillon de poussière<sup>[9] ,[10]</sup> .

## Catégories

Les ingrédients d'un cyclone tropical incluent une perturbation météorologique pré-existante, des mers tropicales chaudes, de l'humidité, et des vents relativement faibles en altitude. Si les conditions requises persistent suffisamment longtemps, elles peuvent se combiner pour produire les vents violents, les vagues élevées, les pluies torrentielles, et les inondations qui sont associées à ce phénomène.

Comme mentionné antérieurement, le système devient d'abord une dépression tropicale, puis une tempête et on utilise ensuite des catégories d'intensité qui varient selon le bassin. La définition de vents soutenus, recommandée par l'OMM, pour cette classification est une moyenne sur dix minutes. Cette définition est adoptée par la plupart des pays mais quelques pays utilisent une période de temps différente. Les États-Unis, par exemple, définissent les vents soutenus en vertu d'une moyenne d'une minute, mesurée à 10 mètres au-dessus de la surface<sup>[11]</sup>.

Une échelle de 1 à 5 est utilisée pour catégoriser les ouragans de l'Atlantique Nord selon la force de leurs vents : l'échelle de Saffir-Simpson. Un ouragan de catégorie 1 a les vents les plus faibles, alors qu'un ouragan de catégorie 5 est le plus intense<sup>[12]</sup>,<sup>[13]</sup>. Dans d'autres bassins, on utilise une nomenclature différente que l'on retrouve dans le tableau ci-dessous.



Destruction à Grenade par l'ouragan Ivan en septembre 2004.

Classification des systèmes tropicaux sur le bassin (vent moyen sur 10 minute sauf sur 1 minute pour les centres américains) <sup>[12]</sup> , <sup>[14]</sup>								
Échelle de Beaufort	Vent soutenus sur 10 minutes (nœuds)	Océan Indien nord Service météorologique indien	Océan Indien sud-ouest Météo-France	Australie Bureau of Meteorology	Pacifique sud-ouest Fiji Meteorological Service	Pacifique nord-ouest Japan Meteorological Agency	Pacifique nord-ouest Joint Typhoon Warning Center	Pacific nord-est et Atlantique nord National Hurricane Center et Central Pacific Hurricane Center

0-6	<28	Dépression	Perturbation tropicale	Dépression tropicale	Dépression tropicale	Dépression tropicale	Dépression tropicale	Dépression tropicale				
7	28-29	Dépression profonde	Dépression	Tempête tropicale	Tempête tropicale							
	30-33											
8-9	34-47	Tempête cyclonique	Tempête tropicale modérée	Typhon	Ouragan (1)	Cyclone tropical (1)	Cyclone tropical	Tempête tropicale				
10	48-55	Tempête tropicale sévère	Tempête tropicale sévère			Cyclone tropical sévère (4) Ouragan majeur (4)	Cyclone tropical sévère (3)	Cyclone tropical (2)		Tempête tropicale sévère		
11	56-63			Cyclone tropical intense	Ouragan majeur (3)							
12	64-72	Tempête tropicale très sévère	Cyclone tropical			Cyclone tropical sévère (4) Ouragan majeur (4)	Cyclone tropical sévère (5)	Super typhon				
	73-85											
	86-89											
	90-99											
	100-106											
107-114												
115-119												
	>120	Super tempête cyclonique	Cyclone tropical très intense	Ouragan majeur (5)								

Le National Hurricane Center (le centre de prévision des cyclones tropicaux aux États-Unis) classe les ouragans de catégorie 3 (178 km/h) et plus comme étant des *ouragans majeurs*. Le *Joint Typhoon Warning Center* classe les typhons dont les vents atteignent au moins 150 mi/h (241 km/h) comme étant des « super typhons »<sup>[15]</sup>. Cependant, toute classification est relative, car des cyclones de catégories inférieures peuvent tout de même causer des dommages plus importants que ceux des catégories supérieures, selon l'endroit frappé et les dangers qu'ils provoquent. Les tempêtes tropicales peuvent elles aussi causer de graves dommages et des pertes en vies humaines, surtout en raison des inondations.

## Baptême des cyclones

Le fait de donner un nom aux cyclones tropicaux remonte à plus de deux siècles (XVIII<sup>e</sup> siècle). Cela répond à un besoin de différencier chaque événement des précédents. Ainsi les Espagnols donnaient au cyclone le nom du saint patron du jour. Ainsi les ouragans ayant frappé Porto Rico le 13 septembre 1876, puis à la même date en 1928, s'appellent tous les deux San Felipe<sup>[16]</sup>. Celui de 1928 avait frappé la veille la Guadeloupe et reste appelé le « Grand Cyclone » de 1928 à cet endroit.

Le première utilisation de noms de personnes donnés à ces système fut amorcée par Clement Lindley Wragge, un météorologiste australien du début du XX<sup>e</sup> siècle. Il prenait des prénoms de femmes, des noms de politiciens qu'il n'aimait pas, des noms historiques et de la mythologie<sup>[17],[18]</sup>.

L'armée américaine, du début du XX<sup>e</sup> siècle jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, avait l'habitude d'utiliser l'alphabet phonétique des transmissions militaires avec l'année. De leur côté, les météorologistes de l'American Air Force (précurseur de la US Air Force) et de la US Navy du théâtre Pacifique, pendant la Seconde guerre mondiale, donnaient des

prénoms féminins aux cyclones tropicaux<sup>[17]</sup>. En 1950, le système d'alphabet phonétique (Able-Baker-Charlie-etc.) fut officialisé dans l'Atlantique Nord par le service météorologique américain (National Weather Service). En 1953, la liste répétitive fut remplacée par une autre liste utilisant exclusivement des prénoms féminins et en 1954, la liste précédente fut reprise mais il fut décidé de changer de liste chaque année<sup>[17]</sup>.

Depuis 1979, suite aux critiques des mouvements féministes, les ouragans sont baptisés avec des prénoms alternativement masculins et féminins (en anglais, espagnol et français) dans le bassin atlantique<sup>[17]</sup>. Un principe de cycles fut aussi établi. Basé sur 6 ans et six listes, les années paires débutent par un prénom masculin et impaires un prénom féminin. Ainsi la liste de 2000 est la même que celle de 1994 ; la liste de 2001 reprend celles de 1989 et 1995. Les six listes prévoient 21 prénoms courants de A à W mais sans Q ni U, plutôt pauvres en prénoms. Ensuite, il est prévu d'utiliser les lettres grecques. En 2005, année de record avec 27 cyclones, la liste fut totalement utilisée jusqu'à Wilma, puis jusqu'à la lettre grecque Zeta.

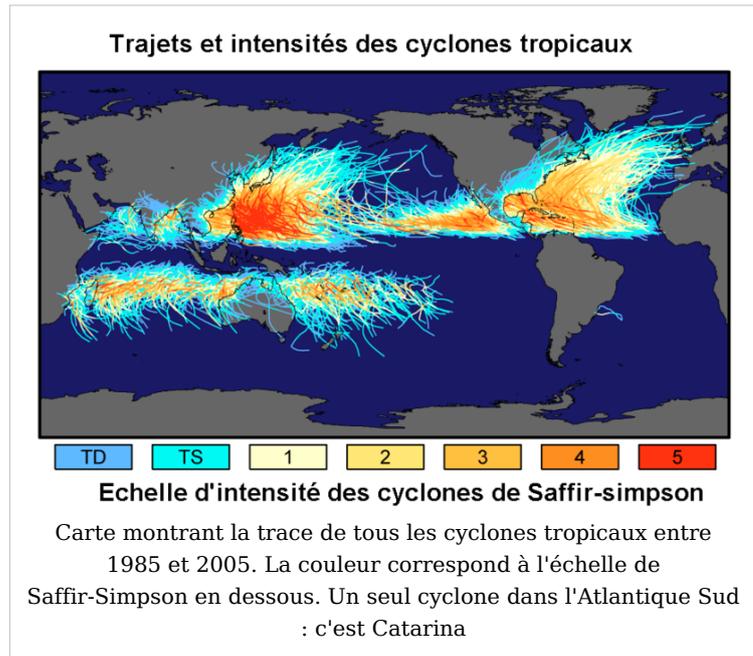
Comme les cyclones tropicaux ne se limitent pas au bassin Atlantique, des listes similaires sont confectionnées pour les différents secteurs des océans Atlantique, Pacifique et Indien. Dans le bassin de l'océan Atlantique, le National Hurricane Center (NHC) de Miami est officiellement chargé de nommer les cyclones. Le bassin de l'océan Pacifique est divisé en plusieurs secteurs vu son étendue. Le NHC de Miami nomme ceux de la portion Est, le Central Pacific Hurricane Center de Honolulu baptise ceux du centre-nord, le centre japonais ceux nord-ouest et le sud-ouest revient au Bureau of Meteorology (BOM) australien et aux centres météorologiques de Fidji et de Papouasie-Nouvelle-Guinée.

La dénomination dans l'océan Indien revient au BOM, au service météorologique indien et au centre météorologique de l'Île Maurice, selon le secteur. Dans les secteurs nord, sous-continent indien et Arabie, les cyclones n'étaient pas nommés avant 2006 alors que ceux dans le sud-ouest ont des noms depuis la saison 1960/61<sup>[17]</sup>.

Les noms restent des prénoms dans l'Atlantique Nord et le Pacifique nord-est, mais ailleurs les différents pays soumettent des noms de fleurs, d'oiseaux, etc., pas nécessairement dans un ordre alphabétique, à l'OMM<sup>[17]</sup>. Lors de graves cyclones, les noms de ces derniers sont supprimés des listes et remplacés afin de ne pas choquer la population en lui rappelant de trop mauvais souvenirs. Ainsi, dans la liste 2004, Matthew a remplacé le nom de Mitch car l'Ouragan Mitch tua environ 18000 personnes en Amérique Centrale en 1998.

## Lieux de formation

Presque tous les cyclones tropicaux se forment à moins de 30° de l'équateur et 87% à moins de 20° de celui-ci. Comme la force de Coriolis donne aux cyclones leur rotation initiale, ceux-ci se développent cependant rarement à moins de 10° de l'équateur (la composante horizontale de la force de Coriolis est nulle à l'équateur). L'apparition d'un cyclone tropical à l'intérieur de cette limite est toutefois possible si une autre source de rotation initiale se manifeste. Ces conditions sont extrêmement rares et de telles tempêtes se produisent, croit-on, moins d'une fois par siècle.



La plupart des cyclones tropicaux apparaissent dans une bande d'orages tropicaux qui encercle le globe terrestre, et qu'on appelle la zone de convergence intertropicale (ZCIT). Leur parcours affecte le plus souvent des zones au climat tropical et au climat subtropical humide.

De par le monde, on rapporte en moyenne 80 cyclones tropicaux par année.

## Bassins principaux

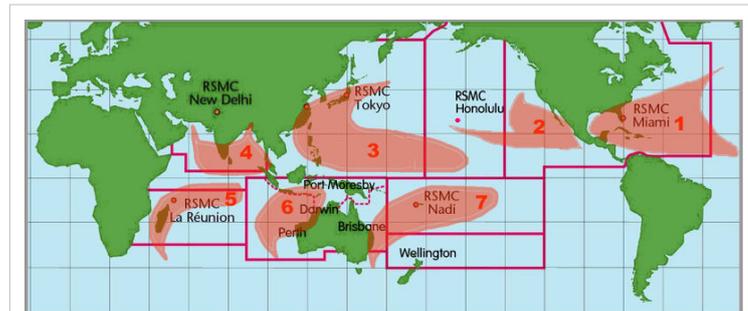
Il y a sept principaux bassins de formation des cyclones tropicaux<sup>[19]</sup> :

- L'ouest du Pacifique Nord : les cyclones tropicaux dans cette région affectent souvent la Chine et Taïwan, le Japon et les Philippines. Ils y sont appelés typhons (du chinois : 台风(taifeng)). C'est de loin le bassin le plus actif, comptant pour le tiers de tous les cyclones tropicaux dans le monde. Les agences météorologiques nationales, ainsi que le *Joint Typhoon Warning Center* (JTWC) ont la responsabilité d'émettre les prévisions et les avertissements dans ce bassin.
- L'est du Pacifique Nord : il s'agit de la deuxième zone la plus active au monde, et aussi la plus dense (le plus grand nombre de tempêtes dans une zone relativement réduite d'océan). Les tempêtes qui se développent dans ce bassin peuvent atteindre l'ouest du Mexique, Hawaï et très rarement la Californie. Le Central Pacific Hurricane Center est responsable des prévisions pour la partie ouest de cette zone, et le National Hurricane Center est chargé de la partie est.

## OMM]] responsables

Bassin océanique	Centre responsable
Atlantique Nord	National Hurricane Center (Miami)
Pacifique Nord-est	National Hurricane Center (Miami)
Pacifique Centre-nord	Central Pacific Hurricane Center (Honolulu)
Pacifique Nord-ouest	Japan Meteorological Agency (Tokyo)
Pacifique Sud et Sud-ouest	Fiji Meteorological Service (Nadi) <sup>†</sup> Meteorological Service of New Zealand Limited (Wellington) Papua New Guinea National Weather Service (Port Moresby) <sup>†</sup> Bureau of Meteorology (Darwin et Brisbane) <sup>†</sup>
Indien Nord	India Meteorological Department (New Delhi)
Indien Sud-ouest	Météo-France (La Réunion)
Indien Sud-est	Bureau of Meteorology <sup>†</sup> (Perth) Meteorology and Geophysical Agency of Indonesia (Jakarta) <sup>†</sup>
<sup>†</sup> : <b>Indique un centre d'avertissements des cyclones tropicaux</b>	

- L'ouest du Pacifique Sud : les cyclones dans cette région affectent généralement l'Australie et l'Océanie. Ils sont suivis et prévus par l'Australie et la Nouvelle-Guinée. Ils atteignent parfois la Nouvelle-Calédonie.



Les différents bassins et les centres responsables

- Le nord de l'océan Indien : on divise ce bassin en deux régions, le Golfe du Bengale et la Mer d'Oman. Le Golfe du Bengale domine le décompte, avec 5 à 6 fois plus de cyclones que la mer d'Arabie. Les cyclones qui se forment dans ce bassin sont historiquement les plus meurtriers. Notons particulièrement le cyclone de Bhola de 1970, qui fit 200000 victimes. Les pays affectés par ce bassin incluent l'Inde, le Bangladesh, le Sri Lanka, la Thaïlande, la Birmanie et le Pakistan. Chacun de ces pays émet des prévisions et des avertissements. En de rares occasions, un cyclone provenant de ce bassin peut affecter la Péninsule arabique. Comme en 1981 lorsque une tempête tropicale a touché le détroit d'Ormuz et le sultanat d'Oman et déversé des quantités d'eau totalement inhabituelles dans cette région (65millimètres à Mascate).
- Le sud-est de l'océan Indien : les cyclones apparaissant dans cette région affectent l'Australie et l'Indonésie. Ils sont suivis et prévus par ces pays. Ils touchent également les Îles Cocos et l'île Christmas.
- Le sud-ouest de l'océan Indien : il s'agit du bassin le moins bien compris, en raison d'un manque de données historiques. Ces cyclones affectent Madagascar, le Mozambique, l'île de la Réunion, l'île Rodrigues, l'île Maurice, les Comores (dont Mayotte), la Tanzanie et le Kenya. Les prévisions pour ces cyclones sont émises par le Centre Météorologique Régional Spécialisé de l'île de la Réunion, service de Météo-France. Les baptêmes sont par contre réalisés par le centre météorologique de l'île Maurice et par celui de Madagascar.

- L'Atlantique Nord : c'est le bassin tropical le plus étudié. Il inclut l'océan Atlantique, la mer des Caraïbes et le Golfe du Mexique. Le nombre de cyclones tropicaux formés dans ce bassin varie grandement d'une année à l'autre, entre un seul et une vingtaine. Ils y sont appelés ouragans (de l'espagnol huracán). Les États-Unis, le Mexique, l'Amérique centrale, les Caraïbes et le Canada peuvent être affectés par ces cyclones. Les prévisions pour ces cyclones sont émis pour tous les pays de la région par le National Hurricane Center, basé à Miami (Floride) ; le Centre canadien de prévision d'ouragan, basé à Halifax (Nouvelle-Écosse) émet des prévisions et des avertissements concernant les cyclones tropicaux qui menacent le territoire et les eaux canadiennes.

## **Zones de formation inhabituelles**

Les zones suivantes produisent très rarement des cyclones tropicaux :

- Atlantique Sud : des eaux moins chaudes (courant de Benguela), l'absence d'une zone de convergence inter-tropicale, et la présence de cisaillement vertical du vent contribuent à rendre très difficile le développement de cyclones tropicaux dans cette région. On y a toutefois observé deux cyclones tropicaux : en 1991, une faible tempête tropicale au large de l'Afrique (qui a touché l'île Sainte-Hélène), et le cyclone Catarina (parfois aussi appelé Aldonça), qui frappa la côte brésilienne en 2004.
- Le centre du Pacifique Nord : le cisaillement dans cette zone limite grandement les chances de développement de cyclones tropicaux. Toutefois, cette région est souvent fréquentée par des cyclones nés dans le bassin beaucoup plus favorable de l'est du Pacifique Nord.
- La Méditerranée : des tempêtes qui semblent apparentées par leur structure à des cyclones tropicaux se produisent parfois dans le bassin méditerranéen. De telles tempêtes ont été signalées en septembre 1947, septembre 1969, janvier 1982, septembre 1983 et janvier 1995. La nature tropicale de ces tempêtes demeure matière à débats.
- Grands Lacs (Amérique du Nord) : bien que très au nord, la grande superficie de ces lacs peut devenir un terrain propice au développement convectif intense quand leur température est à son maximum et que de l'air très froid d'altitude y passe en automne. Une tempête en 1996 (voir Cyclone de 1996 sur le Lac Huron) sur le Lac Huron avait des caractéristiques similaires à celles d'un cyclone tropical ou subtropical, dont un œil au centre durant un temps bref<sup>[20]</sup>.
- Le Pacifique Sud : sans être une région à fort risque, le Pacifique Sud à l'est du méridien 180 n'est pas épargné par les perturbations de ce type. Entre 1831 et 1998 au moins 30 cyclones (vent moyen égal ou supérieur à 118 km/h) et environ 22 tempêtes tropicales (90km/h < vent moyen < 118km/h) ont affecté les Îles Cook et la Polynésie française dont 16 cyclones et 4 tempêtes entre 1981 et 1991. Ces nombres sont probablement sous-estimés en raison de données inexistantes ou incomplètes jusqu'en 1940. Le cyclone de 1906 qui frappa l'atoll de Anaa dans les Tuamotu vida l'atoll de ses habitants (environ 500 personnes emportées par la mer). Cet inventaire ne prend pas en compte des phénomènes ayant pris naissance à l'est du 180<sup>e</sup> qui ont évolué vers l'ouest, épargnant la Polynésie française.

## Saisonnalité

Sur l'ensemble du globe, la fréquence des cyclones tropicaux atteint son maximum vers la fin de l'été, alors que l'eau est la plus chaude. Chaque bassin a toutefois ses propres caractéristiques saisonnières.

Dans l'Atlantique Nord, une saison des ouragans bien démarquée commence au début juin et se termine fin novembre, avec une forte poussée au début de septembre. Le nord-est du Pacifique a une période d'activité plus large mais similaire à celle de l'Atlantique. Le nord-ouest du Pacifique produit des cyclones tropicaux toute l'année, avec un minimum en février et une pointe au début de septembre. Dans le bassin du nord de l'océan Indien, les cyclones sont plus fréquents d'avril à décembre, avec des pointes en mai et en novembre.

Dans l'hémisphère Sud, la formation de cyclones tropicaux commence à la fin octobre et se termine en mai. Les pointes surviennent en mi-février et début mars.

Voici un tableau récapitulatif qui donne les moyennes d'événements annuels par zone, classées par ordre de fréquence décroissante :

### Moyennes saisonnières

Bassin	Début	Fin	Tempêtes tropicales (>34 nœuds)	Cyclones tropicaux (>63 nœuds)	Catégorie 3+ (>95 nœuds)
Nord-ouest du Pacifique	Avril	Janvier	26,7	16,9	8,5
Sud de l'océan Indien	Octobre	Mai	20,6	10,3	4,3
Nord-est du Pacifique	Mai	Novembre	16,3	9,0	4,1
Nord-Atlantique	Juin	Novembre	10,6	5,9	2,0
Australie et sud-ouest du Pacifique	Octobre	Mai	10,6	4,8	1,9
Nord de l'océan Indien	Avril	Décembre	5,4	2,2	0,4

## Formation et développement

L'importance de la condensation comme source principale d'énergie différencie les cyclones tropicaux des autres phénomènes météorologiques, comme les dépressions des latitudes moyennes qui puisent leur énergie plutôt dans les gradients de température préexistants dans l'atmosphère. Pour conserver la source d'énergie de sa machine thermodynamique, un cyclone tropical doit demeurer au-dessus de l'eau chaude qui lui apporte l'humidité atmosphérique nécessaire. Les forts vents et la pression atmosphérique réduite au sein du cyclone stimulent l'évaporation, ce qui entretient le phénomène.

La formation des cyclones tropicaux est toujours un sujet de recherche scientifique intensive, et n'est pas encore complètement comprise. Cinq facteurs sont en général requis pour que la formation d'un cyclone tropical soit possible<sup>[21],[22]</sup> :

1. La température de la mer doit dépasser 26,5 degrés Celsius jusqu'à une profondeur d'au moins 60 mètres, avec une température des eaux de surface atteignant ou dépassant 28 à 29°C. L'eau chaude est la source d'énergie des cyclones tropicaux. Lorsque ces tempêtes se déplacent sur la terre ou sur des eaux plus froides, elles faiblissent rapidement.
2. Les conditions doivent être favorables à la formation d'orages. La température atmosphérique doit diminuer rapidement avec l'altitude, et la troposphère moyenne doit

être relativement humide.

3. Une perturbation atmosphérique pré-existante. Le mouvement vertical ascendant au sein de la perturbation aide au démarrage du cyclone tropical. Un type de perturbation atmosphérique relativement faible, sans rotation, appelé *onde tropicale* sert généralement de point de départ à la formation des cyclones tropicaux.
4. Une distance de plus de 10 degrés de l'équateur. La force de Coriolis démarre la rotation du cyclone et contribue à son maintien. Dans les environs de l'équateur, la composante horizontale de la force de Coriolis est quasi-nulle (nulle à l'équateur), ce qui interdit le développement de cyclones.
5. Absence de cisaillement vertical du vent (un changement de force ou de direction du vent avec l'altitude). Trop de cisaillement endommage ou détruit la structure verticale d'un cyclone tropical, ce qui empêche ou nuit à son développement.

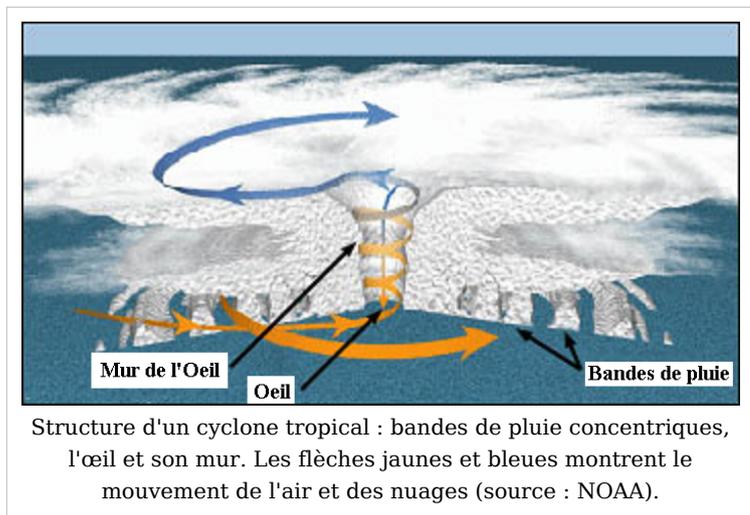
À l'occasion, un cyclone tropical peut se former en dehors de ces conditions. En 2001, le typhon Vamei s'est formé à seulement 1,5° au nord de l'équateur, à partir d'une perturbation pré-existante et des conditions atmosphériques relativement fraîches reliées à la mousson. On estime que les facteurs qui ont mené à la formation de ce typhon ne se répètent que tous les 400 ans. Il est également arrivé que des cyclones se soient développés avec des températures de surface de la mer à 25 degrés Celsius ou moins (ex. Vince en 2005).

Quand un cyclone tropical de l'Atlantique atteint les latitudes moyennes et prend sa course vers l'est, il peut se ré-intensifier sous la forme d'une dépression de type barocline (aussi appelée *frontale*). De telles dépressions des latitudes moyennes sont parfois violentes et peuvent à l'occasion conserver des vents de force d'ouragan lorsqu'elles atteignent l'Europe.

## Structure

Un cyclone tropical intense comprend donc les éléments suivants<sup>[23]</sup> :

- Dépression : tous les cyclones tropicaux sont en rotation autour d'une zone de basse pression atmosphérique à la surface de la Terre. Les pressions mesurées au centre des cyclones tropicaux sont parmi les plus basses que l'on puisse mesurer au niveau de la mer.
- Une couverture nuageuse centrale dense : une zone concentrée d'orages et de bandes de pluie entourant la dépression centrale. Les cyclones tropicaux avec une couverture centrale symétrique ont tendance à être intenses et à bien se développer.
- Œil : un cyclone tropical intense développe en son centre une zone de *subsidence* (mouvement descendant). Les conditions dans l'œil sont normalement calmes et sans nuages, bien que la mer puisse être extrêmement agitée. L'œil est l'endroit le plus froid du cyclone à la surface, mais le plus chaud en altitude. Il est habituellement de forme



circulaire et son diamètre varie de 8 à 200 km. Dans les cyclones de moindre intensité, la couverture nuageuse centrale dense couvre le centre du cyclone et il n'y a pas d'œil.

- Mur de l'œil : il s'agit d'une bande circulaire de convection et de vents intenses sur la bordure immédiate de l'œil. On y retrouve les conditions les plus violentes dans un cyclone tropical. Dans les cyclones les plus intenses, on observe un cycle de remplacement du mur de l'œil, en vertu duquel des murs concentriques se forment et remplacent le mur de l'œil. Le mécanisme à l'origine de ce phénomène est encore mal compris.
- Écoulement divergent : dans les niveaux supérieurs d'un cyclone tropical, les vents s'éloignent du centre de rotation et manifestent une rotation anticyclonique. Les vents de surface sont fortement cycloniques, mais faiblissent avec l'altitude et changent de direction de rotation près du sommet de la tempête. Ceci est une caractéristique unique des cyclones tropicaux.

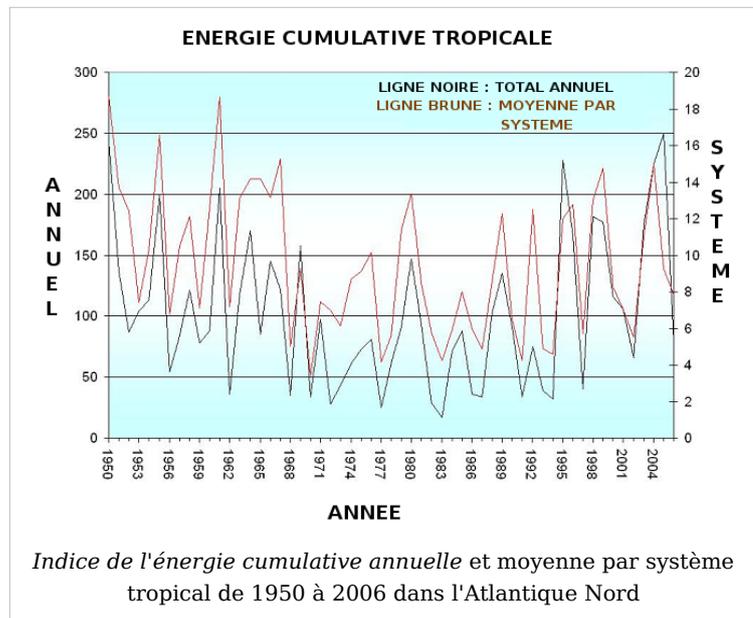
Le dégagement de chaleur latente dans les niveaux supérieurs de la tempête élève la température à l'intérieur du cyclone de 15 à 20°C au-dessus de la température ambiante dans la troposphère à l'extérieur du cyclone. Pour cette raison, on dit des cyclones tropicaux qu'ils sont des tempêtes à « noyau chaud ». Notons toutefois que ce noyau chaud n'est présent qu'en altitude — la zone touchée par le cyclone à la surface est habituellement plus froide de quelques degrés par rapport à la normale, en raison des nuages et de la précipitation.

## Énergie

Il y a plusieurs façons de mesurer l'intensité d'un système tropical, parmi lesquelles la technique de Dvorak, qui est une façon d'estimer la pression centrale et les vents d'un cyclone à partir de son organisation sur les photos satellitaires et de la température des sommets des nuages. Les météorologues utilisent aussi la mesure directe par reconnaissance aérienne, ou évaluent, a posteriori, les effets dévastateurs sur les zones traversées.

Le National Weather Service américain estime que l'énergie réelle d'un système tropical se situe entre  $2.2 \times 10^{12}$  et  $1.6 \times 10^{18}$  Watts, mais ce calcul utilise plusieurs approximations sur les paramètres météorologiques. Le NWS a donc développé une méthode rapide pour estimer l'énergie totale dégagée dans un tel système en tenant compte de la vitesse des vents, estimée ou notée, ainsi que la durée de vie du cyclone : l'indice d'*Énergie cumulative d'un cyclone* (Accumulated cyclone energy ou ACE en anglais).

Cet indice utilise le vent maximum soutenu ( $v_{\max}$ ), sans la rafale, comme approximation de l'énergie cinétique. On calcule l'indice en utilisant le  $v_{\max}$  dans le cyclone, noté ou



estimé, pour chaque période de six heures durant la durée de vie du système. On divise le tout par  $10^4$  pour réduire le chiffre à une valeur raisonnable<sup>[24],[25]</sup>.

L'équation est donc :

$$IECC = \sum_i \frac{v_{\max_i}^2}{10^4} \quad \left\{ \begin{array}{l} v_{\max_i} \text{ en noeuds durant la période } i \text{ de six heures} \\ i \text{ est le nombre de périodes de 6 heures que dure le cyclone} \end{array} \right.$$

Comme l'énergie cinétique est  $(Masse \times v_{\max}^2)/2$ , cet indice est proportionnel à l'énergie développée par le système en prenant comme hypothèse que la masse par unité de volume des systèmes est identique mais il ne tient pas compte de la masse totale de ceux-ci. Ainsi l'indice peut comparer des systèmes de dimensions semblables mais pourra sous-estimer un système ayant des vents moins violents tout en ayant un plus large diamètre. Un sous-indice est celui du *Potentiel de destruction d'ouragan*, qui est le calcul de l'indice cumulatif mais seulement durant la période durant laquelle le système tropical est de niveau cyclone tropical/ouragan/typhon<sup>[24]</sup>.

Dans le graphique à droite, on peut voir la variation de l'*indice d'énergie cumulative* pour les systèmes dans l'Atlantique Nord en noir et la moyenne annuelle de cette énergie par système en brun. On remarque la très grande variabilité de ces valeurs annuellement mais que la moyenne par système suit la même tendance que le total annuel. Ce dernier était particulièrement élevé au début des années 1950, puis est passé par un creux de 1970 à 1990, et semble en train de remonter depuis ce temps.

## Observations et prévisions

### Observations

Les cyclones tropicaux intenses posent un problème particulier quant à leur observation. Comme il s'agit d'un phénomène océanique dangereux, on dispose rarement d'instruments sur le site même du cyclone, sauf lorsque celui-ci passe sur une île ou une zone côtière, ou si un navire infortuné se trouve pris dans la tempête. Même dans ces cas, la prise de mesures en temps réel n'est possible qu'en périphérie du cyclone, où les conditions sont moins catastrophiques.

La prise de mesures au sein même du cyclone est toutefois possible par avion. Des avions spécialement équipés, généralement de gros quadrimoteurs turbopropulsés, peuvent voler dans le cyclone, prendre des mesures directement ou à distance, et y lâcher des catasondes.

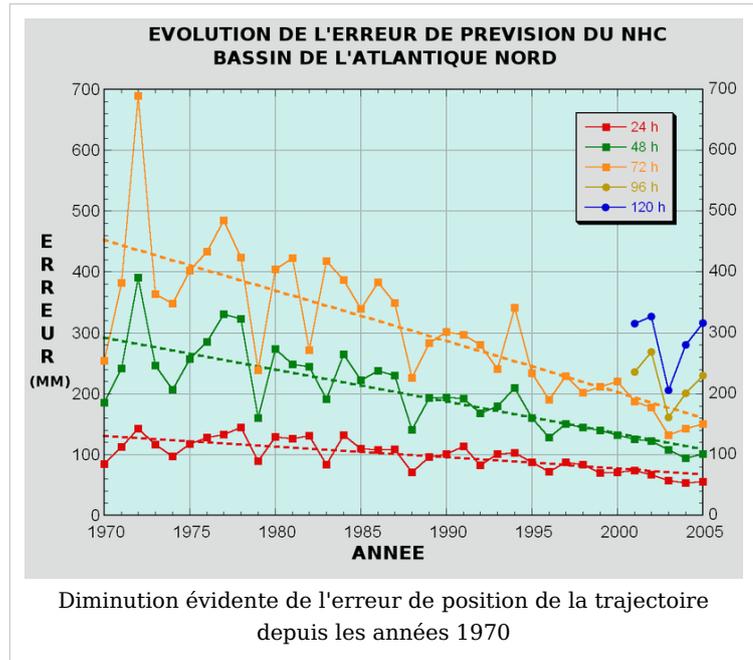
On peut aussi repérer la pluie associée avec la tempête par radar météorologique lorsque qu'elle s'approche relativement près des côtes. Ceci donne des informations sur la structure et l'intensité des précipitations. Les satellites géostationnaires et circumpolaires peuvent obtenir des informations en lumière visible et en infrarouge partout au-dessus du globe. On en tire l'épaisseur des nuages, leur température, leur organisation et la position du système ainsi que la température de surface de la mer. Certains nouveaux satellites à orbite basse sont même équipés de radars.



Avions de la National Oceanic and Atmospheric Administration (USA) : les chasseurs de cyclones.

## Prévisions

Les systèmes tropicaux se situent à la limite inférieure de l'échelle synoptique. Comme les systèmes des latitudes moyennes, ils dépendent donc de la position des crêtes barométriques, anticyclones et des creux environnants mais la structure verticale des vents et le potentiel de convection y est également critique, comme pour les systèmes de méso-échelle. Les prévisionnistes tropicaux considèrent encore que le meilleur indicateur instantané du déplacement de ces systèmes est encore le vent moyen dans la troposphère où se trouve le cyclone et la trajectoire lissée notée antérieurement. Dans le cas d'un environnement avec beaucoup de cisaillement, l'utilisation du vent moyen de basse altitude, comme celui de 700hPa à environ 3000mètres, est cependant meilleure<sup>[26]</sup>.



Pour une prévision à plus long terme, des modèles de prévision numérique du temps ont été développés spécialement pour les systèmes tropicaux. En effet, la combinaison d'une circulation en général assez faible dans les Tropiques et une grande dépendance de la convection sur les cyclones tropicaux nécessite une analyse et un traitement à très fine résolution qui ne sont pas présents dans les modèles normaux. De plus, ceux-ci incorporent des paramètres des équations primitives atmosphériques qui sont souvent négligés à plus large échelle. Les données d'observations obtenues par le biais des satellites météorologiques et des chasseurs d'ouragans sont injectées dans ces modèles pour accroître la précision. On voit à droite un graphique de l'évolution de l'erreur sur la position de la trajectoire depuis les années 1970, en milles marins, dans le bassin de l'Atlantique Nord sur les prévisions du National Hurricane Center<sup>[27]</sup>. On remarque qu'à toutes les périodes de prévision, l'amélioration est très importante. Pour ce qui est de l'intensité des systèmes, l'amélioration a été moindre<sup>[28]</sup> à cause de la complexité de la micro-physique des systèmes tropicaux et des interactions entre les échelles méso et synoptiques.

## Tendances et réchauffement climatique

Le développement de cyclones est un phénomène irrégulier et le début des mesures fiables de la vitesse des vents ne remonte seulement qu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle<sup>[22]</sup>. Une étude publiée en 2005 montre une augmentation globale de l'intensité des cyclones entre 1970 et 2004, leur nombre total étant en diminution pendant la même période<sup>[29]</sup>,<sup>[30]</sup>,<sup>[31]</sup>. Selon cette étude, il est possible que cette augmentation d'intensité soit liée au réchauffement climatique, mais la période d'observation est trop courte et le rôle des cyclones dans les flux atmosphériques et océaniques n'est pas suffisamment connu pour que cette relation puisse être établie avec certitude. Une seconde étude, publiée un an plus tard, ne montre

pas d'augmentation significative de l'intensité des cyclones depuis 1986<sup>[32]</sup> ,<sup>[33]</sup> . La quantité d'observations à notre disposition n'est en fait statistiquement pas suffisante.

Ryan Maue, de l'université de Floride, dans un article intitulé "Northern Hemisphere tropical cyclone activity", observe pour sa part une baisse marquée de l'activité cyclonique depuis 2006 dans l'hémisphère nord par rapport aux trente dernières années<sup>[34]</sup> . Il ajoute que la baisse est probablement plus marquée, les mesures datant de trente ans ne détectant pas les activités les plus faibles, ce que permettent les mesures d'aujourd'hui. Pour Maue, c'est possiblement un plus bas depuis cinquante ans que l'on observe en terme d'activité cyclonique. Christopher Landsea, de la NOAA et un des anciens co-auteurs du rapport du GIEC, estime lui aussi que les mesures passées sous-estiment la force des cyclones passés et sur-valorisent la force des cyclones actuels<sup>[35]</sup> ,<sup>[36]</sup> .

On ne peut donc pas déduire que l'augmentation de spectaculaires ouragans depuis 2005 est une conséquence directe du réchauffement climatique. Cette augmentation pourrait être due à l'oscillation entre périodes froides et chaudes de la température de surface des bassins océaniques comme l'*oscillation atlantique multidécennale*. Le cycle chaud de cette variation à lui seul permet de prédire des ouragans plus fréquents pour les années 1995 à 2020 dans l'Atlantique Nord<sup>[22]</sup> .

Les simulations informatiques ne permettent également pas dans l'état actuel des connaissances de prévoir d'évolution significative du nombre de cyclones lié à un réchauffement climatique à cause des autres effets mentionnés qui brouillent la signature<sup>[37]</sup> . Dans la seconde moitié du XXI<sup>e</sup> siècle, lors de la prochaine période froide de l'Atlantique Nord, le réchauffement climatique pourrait donner un signal plus clair<sup>[22]</sup> .

## Effets

Le relâchement de chaleur dans un cyclone tropical mature peut excéder  $2 \times 10^{19}$  Joules par jour<sup>[38]</sup> ,<sup>[16]</sup> . Cela équivaut à faire détoner une bombe thermonucléaire de 10 mégatonnes toutes les 20 minutes<sup>[39]</sup> ou 200 fois la capacité instantanée de production électrique mondiale<sup>[16]</sup> . Les cyclones tropicaux au grand large causent de grosses vagues, de la pluie forte, et des vents violents. Ceci compromet la sécurité des navires en mer et peut engendrer le naufrage de certains d'entre eux. Toutefois, les effets les plus dévastateurs des cyclones tropicaux se produisent quand ils frappent la côte et entrent dans les terres. Dans ce cas, un cyclone tropical peut causer des dommages de quatre façons :



L'après-coup de l'ouragan Andrew (1992), le second cyclone tropical le plus coûteux de l'histoire des États-Unis, après Katrina (2005).

- Vents violents : des vents de force d'ouragan peuvent endommager ou détruire des véhicules, des bâtiments, des ponts, etc. Les vents forts peuvent aussi transformer des débris en projectiles, ce qui rend l'environnement extérieur encore plus dangereux.
- Onde de tempête : les tempêtes de vent, y compris les cyclones tropicaux, peuvent causer une montée du niveau de la mer et des inondations dans les zones côtières.
- Pluie forte : les orages et les fortes pluies provoquent la formation de torrents, emportant les routes et provoquant des glissements de terrain. Fin novembre 2004, l'un de ces épisodes pluvieux a touché le nord des Philippines et a fait quelque 500 morts et

disparus.

- Tornades : les orages imbriqués dans le cyclone donnent souvent naissance à des tornades. Bien que ces tornades soient normalement moins intenses que celles d'origine non-tropicale, elles peuvent encore provoquer d'importants dommages. Elles se produisent surtout à la bordure externe du système après son entrée sur les terres, là où le cisaillement des vents est important à cause de la friction<sup>[40] ,[41] ,[42] ,[43]</sup>.

Les effets secondaires d'un cyclone tropical sont souvent aussi destructeurs, notamment les épidémies. Effectivement, le milieu humide et chaud dans les jours qui suivent le passage du cyclone, conjugué à la destruction des infrastructures sanitaires, augmente le risque de propagation d'épidémies, qui peuvent tuer longtemps après le passage du cyclone.

À ce problème peut s'ajouter celui des pannes de courant : les cyclones tropicaux causent souvent de lourds dommages aux installations électriques, privant de courant la population, coupant les communications et nuisant aux moyens de secours et d'intervention. Ceci rejoint le problème des transports, puisque les cyclones tropicaux détruisent souvent des ponts, viaducs, et routes. Ceci ralentit considérablement le transport de vivres, de médicaments et de matériel de secours vers les zones sinistrées.

Paradoxalement, le passage meurtrier et destructeur d'un cyclone tropical peut avoir des effets positifs ponctuels sur l'économie des régions touchées, et du pays en général, ou plutôt sur son PIB. Par exemple, en octobre 2004, après une saison cyclonique particulièrement intense dans l'Atlantique, 71 000 emplois ont été créés dans le bâtiment pour réparer les dégâts subis, notamment en Floride.

## Protection et prévention

On ne peut totalement se protéger des effets des cyclones tropicaux. Cependant, en zone à risque, un aménagement adapté et prudent du territoire peut permettre de limiter les dégâts humains et matériels dus aux vents, aux précipitations et aux inondations. Une architecture offrant moins de prise au vent, l'absence de construction en zones humides, des réseaux électriques enterrés et isolés de l'eau, le maintien ou la restauration de zones humides tampon, et de mangroves et forêts littorales, la préparation des populations, des antennes et éoliennes qu'on peut « coucher » le temps de la tempête, etc. peuvent y contribuer.

En 2008, la FAO a par exemple estimé que si la mangrove du delta de l'Irrawaddy (Birmanie), existant avant 1975 (plus de 100000 hectares), avait été conservée, les conséquences du cyclone Nargis auraient été au moins deux fois moindres<sup>[44]</sup>.



Maison conçue pour résister aux cyclones (ici après l'ouragan Dennis de 2005)

## Cyclones notables

Il n'y a guère de données écrites antérieures au XIX<sup>e</sup> siècle sur le continent américain concernant spécifiquement des données météorologiques. En extrême-orient, les données sont beaucoup plus anciennes et complètes. Il existe par exemple, un registre des typhons qui se sont produits sur les Philippines entre 1348 et 1934.

Il existe cependant des méthodes scientifiques permettant d'identifier et de dater des événements anciens<sup>[45]</sup>, constituant une *paléotempestologie*, terme créé en 1996. Ce sont en particulier l'étude des sédiments des lacs côtiers montrant la présence de sable marin, la relative pauvreté en oxygène 18, un isotope lourd, qu'on peut retrouver dans les cernes des arbres ou dans les concrétions des grottes.

## Cyclones historiques

Avant le XX<sup>e</sup> siècle, comme mentionné antérieurement, il n'y avait pas de façon systématique de nommer les cyclones, ouragans et typhons, mais certains sont quand même passés à l'histoire. La plupart des pays dans les zones affectées ont suivi la tradition lancée par les Américains et les Australiens depuis ce temps. L'Organisation météorologique mondiale, lors de la rencontre annuelle du comité de surveillance des cyclones tropicaux en mars ou avril, décide des listes de noms potentiels pour les cyclones tropicaux. Les pays affectés par des cyclones particulièrement intenses et ayant causés de forts dommages peuvent proposer de retirer le nom de ceux-ci des listes futures ce qui les fait aussi passer à l'histoire.

## Océan Atlantique

Parmi les ouragans célèbres, dont le nom a été retiré ou non, de l'Atlantique Nord, on note :

### Ouragans les plus coûteux

Relatifs aux dommages matériels

Rang	Ouragan	Saison	Coût (\$US de 2005)
1	Katrina	2005	81,2 milliards
2	Andrew	1992	44,9 milliards
3	Ike	2008	31,5 milliards
4	Wilma	2005	20,6 milliards
5	Charley	2004	15,4 milliards
6	Ivan	2004	14,6 milliards

### Ouragans les plus meurtriers

Rang	Ouragan	Saison	Morts
1	Grand ouragan	1780	27 500
2	Mitch	1998	11 000 - 18 000
3	Ouragan de Galveston	1900	8 000 - 12 000
4	Fifi	1974	8 000 - 10 000
5	République dominicaine	1930	2 000 - 8 000

<b>6</b>	Flora	1963	7 186 - 8 000
<b>7</b>	"Pointe-a-Pitre"	1776	6 000+
<b>8</b>	Ouragan de Terre-Neuve	1775	4 000 - 4 163
<b>9</b>	Ouragan d'Okeechobee	1928	4 075+
<b>10</b>	Ouragan San Ciriaco	1899	3 433+

## Ouragans les plus intenses

Mesurés par la pression centrale

Rang	Ouragan	Saison	Pression (hPa)
<b>1</b>	Wilma	2005	882
<b>2</b>	Gilbert	1988	888
<b>3</b>	Ouragan de la Fête du travail	1935	892
<b>4</b>	Rita	2005	895
<b>5</b>	Allen	1980	899
<b>6</b>	Katrina	2005	902
<b>7</b>	Camille	1969	905
	Mitch	1998	905
<b>9</b>	Dean	2007	906
<b>10</b>	Ivan	2004	910

D'autres ouragans célèbres :

- Liste des noms retirés d'ouragans dont :
  - Hugo, en 1989 est le plus violent à avoir frappé les Antilles ;
  - Floyd, en 1999, le long des côtes américaines, avec un fort impact en Caroline du Nord.

## Océan Pacifique

### Ouragans et cyclones importants

Nom	Catégorie	Pression hPa(mbar)	Année
Ouragan Ioke	5	920	2006
Cyclone Ingrid	5	924	2005
Cyclone Larry	5	915	2006
Cyclone Erica	5	915	2003
Cyclone Heta	5	915	2003

## Typhons les plus intenses du Pacifique Ouest

Rang	Nom	Pression hPa(mbar)	Année
1	Typhon Tip	870	1979
2	Typhon Gay	872	1992*
2	Typhon Ivan	872	1997*
2	Typhon Joan	872	1997*
2	Typhoon Keith	872	1997*
2	Typhon Zeb	872	1998*
*Pression centrale estimée avec les données des satellites météorologiques seulement.			

### Océan Indien

- Cyclone de Bholá, en 1970, ayant fait entre 300000 et 500000 morts ;
- Cyclone Firinga en 1989 sur l'île de la Réunion ;
- Cyclone Gorky de 1991 qui fit 138000 victimes au Bangladesh ;
- Cyclone d'Orissa de 1999 qui fit 1000 morts en Inde ;
- Cyclone Sidr de 2007 qui tua plus de 3000 personnes au Bangladesh ;
- Cyclone Nargis qui frappa la Birmanie en 2008 et tua, selon estimation, au moins 100000 personnes.

### Extrêmes mondiaux

#### Intensité

→ Cyclone tropical le plus intense par bassin selon la pression ou les vents								
<i>Mer d'Oman</i>	<i>Australie</i>	<i>Golfe du Bengale</i>	<i>Pacifique central</i>	<i>Pacifique Nord-est</i>	<i>Atlantique Nord</i>	<i>Pacifique Sud</i>	<i>Océan Indien Sud-ouest</i>	<i>Pacifique Ouest</i>
Cyclone Gonu 920 hPa (2007)	Cyclone Inigo 900 hPa (2003)	Cyclone d'Orissa 912 hPa (1999)	Ouragan Ioke 915 hPa (2006)	Ouragan Linda 902 hPa (1997)	Ouragan Wilma 882 hPa (2005)	Cyclone Zoe 890 hPa (2002)	Cyclone Gafilo 895 hPa (2004)	Typhon Tip 870 hPa (1979)

## Dimensions

Typhon Tip, en octobre 1979, est le cyclone tropical de plus grand diamètre, 2170km<sup>[46]</sup> .<sup>[23]</sup> À contrario, le cyclone Tracy, en décembre 1974, est le plus petit avec seulement 96 km<sup>[23]</sup> .<sup>[47]</sup> Ces diamètres représentent la distance intérieure au système où les vents atteignent au moins la force de coups de vents (62 km/h).

## Ondes de tempête

Les cyclones tropicaux causent des ondes de tempête qui déferlent sur les côtes. Celles-ci dépendent de la force du vent et du diamètre de la tempête. Plus les vents sont forts, plus la poussée sur l'océan est grande mais des vents plus faibles peuvent être compensés par un plus grand diamètre autour du système où on les retrouve. De plus, le contour du fond marin le long de la côte va les amplifier, en particulier une rapide remontée du fond.

Parmi les trois ondes les plus hautes jamais rapportées, celle de l'ouragan Katrina de 2005 : le plus large ouragan de catégorie 5, a eu la plus haute onde de tempête des ouragans de l'Atlantique Nord avec 8,5 mètres<sup>[48]</sup> . Vient ensuite l'ouragan Camille de 1969, avec des vents de force identique à ceux de Katrina mais de diamètre plus petit, les météorologues ayant relevé une onde de 7,2 mètres.

Parmi les trois ondes les plus hautes jamais rapportées, celle de l'ouragan Katrina de 2005 : le plus large ouragan de catégorie 5, a eu la plus haute onde de tempête des ouragans de l'Atlantique Nord avec 8,5 mètres<sup>[48]</sup> . Vient ensuite l'ouragan Camille de 1969, avec des vents de force identique à ceux de Katrina mais de diamètre plus petit, les météorologues ayant relevé une onde de 7,2 mètres.

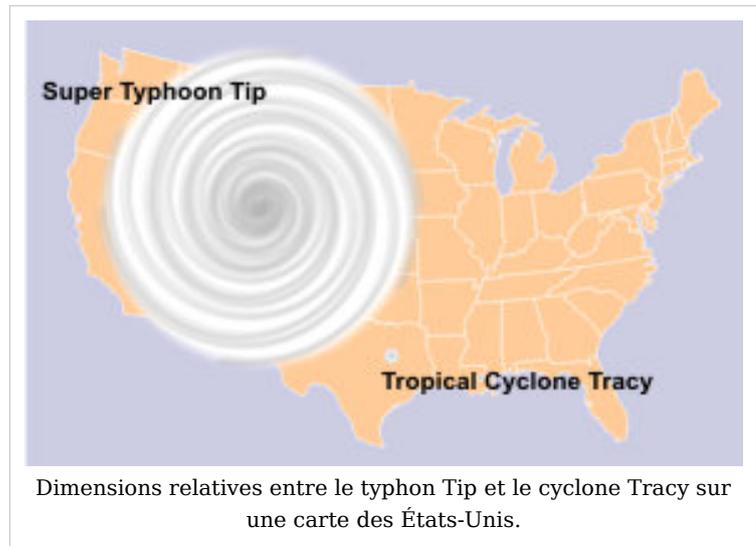
Cependant, c'est le cyclone Mahina de 1899 qui est en général reconnu comme celui ayant produit la plus haute onde de tempête mondialement consignée, 14,6 mètres<sup>[49]</sup> .<sup>[16]</sup> .<sup>[50]</sup> Une étude en 2000 a remis en question ce record en regardant les dépôts marins dans la région concernée et en utilisant un modèle de simulation mathématique pour calculer l'onde de tempête avec les données météorologiques et océanographiques disponibles<sup>[51]</sup> .

Finalement, il est possible que de plus importantes ondes aient déferlé avant les prises de mesure modernes.

## Annexes

### Articles connexes

- Alerte météorologique
  - Alerte cyclonique
  - Protection paracyclonique au Bangladesh
- Vent
  - Tempête
  - Cyclone
- Prévision des cyclones tropicaux :
  - Technique de Dvorak
- Saisons cycloniques



- Liste des noms retirés d'ouragans

## Liens externes

### Gouvernementaux ou universitaires

- (fr) Tout sur les ouragans <sup>[52]</sup>, 2003-09-16, Le Centre canadien de prévision d'ouragan. Consulté le 2007-01-06
- (fr) **Conditions de formation de cyclones tropicaux** par l'*Atmospheric Composition Change* de l'Institut Max Planck <sup>[53]</sup>
  - (fr) Avis de tempête pour l'avenir <sup>[54]</sup>
- (fr) Définition des cyclones tropicaux par Météo-France <sup>[55]</sup>
  - (fr) Foire aux questions par Météo-France (Nouvelle-Calédonie), traduction du site de NOAA <sup>[56]</sup>
  - (fr) Observation des cyclones tropicaux par Météo-France (Nouvelle-Calédonie) <sup>[57]</sup>
- (fr) Animation flash montrant les conditions nécessaires à la formation d'un cyclone tropical sur le site de la cité des sciences <sup>[58]</sup>
- (en) Site du National Hurricane Center de NOAA <sup>[59]</sup>
- (en) Prévision expérimentale de la saison des ouragans par la Colorado State University <sup>[60]</sup>
- (en) (fr) *Tropical Cyclone Programme* de l'Organisation météorologique mondiale: surtout en anglais avec quelques documents en français dans la section des publications <sup>[61]</sup>
- (en) Site Tropical Cyclones (Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies ou CIMSS) <sup>[62]</sup>

### Privés

- (fr) Cyclone, ouragan, typhon : qui sont-ils ? par Futura sciences <sup>[63]</sup>
- (fr) Suivi des cyclones tropicaux <sup>[64]</sup> à travers le monde par Allmetsat

## Bibliographie

- *Les cyclones sèment la tempête chez les scientifiques*, article du Courrier International (pages 48-49, édition du 12 au 18 janvier 2006) : débat sur le réchauffement climatique et ses conséquences sur une possible augmentation du nombre de cyclones.
- Le résultat de recherches publié dans le magazine scientifique Nature du 4 août 2005, par Kerry Emanuel («Aggravation de l'effet destructeur des cyclones tropicaux sur les 30 dernières années <sup>[65]</sup>»), suggère que l'augmentation des températures des eaux de surface des océans, consécutive au réchauffement global, entraînera des cyclones plus violents. D'après les analyses menées par le Professeur Kerry Emanuel, climatologue, du Massachusetts Institute of Technology, les grandes tempêtes dans l'Atlantique et le Pacifique ont augmenté en intensité d'environ 50% depuis les années 1970. Cette tendance est étroitement liée à l'élévation de la température moyenne de la surface des océans.
- Henry Piddington, *The Horn-book for the Law of Storms for the Indian and China Seas*, 1844
- Henry Piddington, *The Sailor's Horn-book for the Law of Storms*, London, Smith, Elder and Co., 1848, 360 p.

## Notes et références

- [1] (fr) Henry Piddington (<http://www.cosmovisions.com/Piddington.htm>), *Dictionnaire biographique*, Imago Mundi. Consulté le 2008-12-06
- [2] Version française de 1859, traduite par F.J.T. Chardonneau, lieutenant de vaisseau
- [3] (en)Abhijit Mukherjee, « Henry Piddington ([http://banglapedia.search.com.bd/HT/P\\_0168.htm](http://banglapedia.search.com.bd/HT/P_0168.htm)) », Banglapedia. Consulté le 2007-06-18
- [4] (fr)M-F Nouvelle-Calédonie, « Qu'est-ce qu'un ouragan, un typhon ou un cyclone tropical ? ([http://www.meteo.nc/infos/FAQcyclone/faq\\_a/faq\\_a1.php](http://www.meteo.nc/infos/FAQcyclone/faq_a/faq_a1.php)) », 2006, Météo-France. Consulté le 2008-11-22
- [5] (en) What is the origin of the word "hurricane" ([http://www.weatherdudes.com/facts\\_display.php?fact\\_id=16](http://www.weatherdudes.com/facts_display.php?fact_id=16)), Wetherdudes à partir de la définition de l'American Meteorological Society. Consulté le 2007-03-17
- [6] (fr) Terminologie dans le monde ([http://www.meteo.fr/apprendre\\_quess\\_quun\\_cyclone.php?page=terminologie](http://www.meteo.fr/apprendre_quess_quun_cyclone.php?page=terminologie)), Météo-France. Consulté le 2007-03-17
- [7] (en)Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Hurricane Research Division, « Frequently Asked Questions: What is the origin of the word "hurricane"? (<http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/B4.html>) ». Consulté le 2006-07-25
- [8] (fr)Typhon dans le dictionnaire Wiki
- [9] (fr) Glossaire terminologique ([http://www.meteo.fr/temps/domtom/antilles/pack-public/cyclone/tout\\_cyclone/terminologie.htm](http://www.meteo.fr/temps/domtom/antilles/pack-public/cyclone/tout_cyclone/terminologie.htm)), Météo-France
- [10] (en) Steve Symonds, « Willy Willies and other Weird Winds (<http://www.abc.net.au/northcoast/stories/s1059912.htm>) », Télévision australienne ABC. Consulté le 2007-03-17
- [11] (fr)Chris Landsea (NOAA), « Que signifie vents moyens maximaux ? Comment sont-ils reliés aux rafales dans les cyclones tropicaux ? ([http://www.meteo.nc/infos/FAQcyclone/faq\\_d/faq\\_d3\\_d4.php#qd4](http://www.meteo.nc/infos/FAQcyclone/faq_d/faq_d3_d4.php#qd4)) », 2003-09-16, *Foire aux questions*, traduction de Météo-France en Nouvelle-Caélédonie. Consulté le 2008-11-28
- [12] (fr) Comment catégorise-t-on les ouragans? ([http://www.atl.ec.gc.ca/weather/hurricane/hurricanes2\\_f.html](http://www.atl.ec.gc.ca/weather/hurricane/hurricanes2_f.html)), 2003-09-16, Centre canadien de prévision d'ouragan. Consulté le 2008-11-28
- [13] (en) The Saffir-Simpson Hurricane Scale (<http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshs.shtml>), 2006-06-22, National Hurricane Center. Consulté le 2008-11-28
- [14] (en) Guide to Tropical Cyclone Forecasting ([http://www.bom.gov.au/bmrc/pubs/tcguide/ch1/ch1\\_3.htm](http://www.bom.gov.au/bmrc/pubs/tcguide/ch1/ch1_3.htm)), 2008, Bureau of Meteorology. Consulté le 2008-11-28
- [15] (fr)Stan Goldenberg (NOAA), « Qu'est-ce qu'un super-typhon? Qu'est-ce qu'un ouragan majeur ? Qu'est-ce qu'un ouragan intense ? ([http://www.meteo.nc/infos/FAQcyclone/faq\\_a/faq\\_a2\\_a3.php#qa3](http://www.meteo.nc/infos/FAQcyclone/faq_a/faq_a2_a3.php#qa3)) », 2003-09-16, *Foire aux questions*, traduction de Météo-France en Nouvelle-Caélédonie. Consulté le 2008-11-28
- [16] (en) Worldwide Tropical Cyclone Names—Reason to Name Hurricanes ([http://www.nhc.noaa.gov/aboutnames\\_history.shtml](http://www.nhc.noaa.gov/aboutnames_history.shtml)), National Hurricane Center
- [17] (fr)Chris Landsea (NOAA), « Comment nomme-t-on les cyclones tropicaux ? ([http://www.meteo.nc/infos/FAQcyclone/faq\\_b/faq\\_b1.php](http://www.meteo.nc/infos/FAQcyclone/faq_b/faq_b1.php)) », 2006, *Foire aux questions*, traduction de Météo-France, Nouvelle-Calédonie. Consulté le 2009-11-28
- [18] (en)Bureau of Meteorology, « When did the naming of cyclones begin? ([http://www.bom.gov.au/weather/wa/cyclone/about/faq/faq\\_def\\_13.shtml](http://www.bom.gov.au/weather/wa/cyclone/about/faq/faq_def_13.shtml)) », *Frequently Asked Questions*. Consulté le 2008-11-28
- [19] (en)Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Hurricane Research Division, « Frequently Asked Questions: What regions around the globe have tropical cyclones and who is responsible for forecasting there? (<http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/F1.html>) », NOAA. Consulté le 2007-12-09
- [20] (en) Todd Miner, Peter J. Sousounis, James Wallman, and Greg Mann, « Hurricane Huron ([http://ams.allenpress.com/amsonline/?request=get-abstract&doi=10.1175/1520-0477\(2000\)081<0223:HH>2.3.CO;2](http://ams.allenpress.com/amsonline/?request=get-abstract&doi=10.1175/1520-0477(2000)081<0223:HH>2.3.CO;2)) », février 2000, *Bulletin of the American Meteorological Society*, volume 81, no 2 , pages = 223-36. Consulté le 2006-05-03
- [21] (fr)Centre canadien de prévision d'ouragan, « Formation des cyclones tropicaux ([http://www.atl.ec.gc.ca/weather/hurricane/hurricanes1a\\_f.html](http://www.atl.ec.gc.ca/weather/hurricane/hurricanes1a_f.html)) », 18 septembre 2003, Environnement Canada. Consulté le 2008-11-22
- [22] (fr) Conditions de formation de cyclones tropicaux ([http://www.atmosphere.mpg.de/enid/N\\_sp\\_cial\\_Sept\\_\\_5\\_Cyclones/C\\_Conditions\\_4xu.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/N_sp_cial_Sept__5_Cyclones/C_Conditions_4xu.html)), octobre 2005, *Global Change Magazine*, Accent. Consulté le 2001-11-29
- [23] (en)JetStream, « Cyclone tropical Structure ([http://www.srh.weather.gov/srh/jetstream/tropics/tc\\_structure.htm](http://www.srh.weather.gov/srh/jetstream/tropics/tc_structure.htm)) », National Weather Service. Consulté le 2007-03-17
- [24] (en)Bell, Gerald D., Halpert, Michael S., Schnell, Russell C., Higgins, R. Wayne, Lawrimore, Jay, Kousky, Vernon E., Tinker, Richard, Thiaw, Wasila, Chelliah, Muthuvel, Artusa, Anthony, « Climate Assessment for 1999 », dans *Bulletin of the American Meteorological Society*, American Meteorological Society, vol. 81, n<sup>o</sup> 6, 2000, p. 1328-1328 [ texte intégral (<http://ams.allenpress.com/archive/1520-0477/81/6/pdf>)

- i1520-0477-81-6-s1.pdf) lien DOI ([http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)81\[s1:CAF\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(2000)81[s1:CAF]2.0.CO;2)) (pages consultées le 2008-11-22)[pdf]
- [25] (en)National Climatic Data Center (NCEP), « 2004 Total Atlantic Ocean ACE Index (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/2004/ann/atlantic-2004-ace.html>) », 29 novembre 2005, NOAA. Consulté le 2008-11-28
- [26] (en)United States Navy, « Influences on Tropical Cyclone Motion (<http://www.nrlmry.navy.mil/~chu/chap4/se100.htm>) ». Consulté le 2007-04-10
- [27] (en)National Hurricane Center, « Annual average model track errors for Atlantic basin tropical cyclones for the period 1994-2005, for a homogeneous selection of "early" models (<http://www.nhc.noaa.gov/verification/verify6.shtml?#FIG1>) », 22 mai 2006, *National Hurricane Center Forecast Verification*. Consulté le 2006-11-30
- [28] (en)National Hurricane Center, « Annual average official track errors for Atlantic basin tropical cyclones for the period 1989-2005, with least-squares trend lines superimposed (<http://www.nhc.noaa.gov/verification/verify5.shtml?>) », 22 mai 2006, *National Hurricane Center Forecast Verification*, National Oceanic and Atmospheric Administration
- [29] (en) P.J. Webster, G.J. Holland, J.A. Curry et H.R. Chang, « Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment », dans *Science*, vol. 309, n° 5742, 16 septembre 2005 [ texte intégral (<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/309/5742/1844>) (page consultée le 2008-07-30)]
- [30] (en)Helen Briggs, « 'Warming link' to big hurricanes (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4249138.stm>) », 15, *BBC News*, BBC. Consulté le 2008-07-30. « The debate is likely to continue, however, as some scientists argue that the present hurricane surge is part of a 60 to 70-year cycle linked to natural effects. They believe climate change due to human activity will not significantly affect hurricanes and that damage caused by increased development along coastlines is a bigger factor. »
- [31] (en)Joseph D'Aleo, M.Sc., Madhav Khandekar, Ph.D., William Kininmonth, M.Sc., M.Admin., Christopher Essex, Ph.D., Wibjörn Karlén, Ph.D., Olavi Kärner, Ph.D., Ian Clark, Ph.D., Tad Murty, Ph.D. et James J. O'Brien, Ph.D., « Independent Summary for Policymakers, IPCC Fourth Assessment Report ([http://www.fraserinstitute.org/commerce.web/product\\_files/Independent Summary5.pdf](http://www.fraserinstitute.org/commerce.web/product_files/Independent%20Summary5.pdf)) », 2007, Institut Fraser. Consulté le 2008-07-30. « In the tropics, there is evidence of increased cyclone intensity but a decrease in total tropical storms, and no clear global pattern since 1970 », p. 7
- [32] (en)Philip Klotzbach, Département des sciences de l'atmosphère, « Trends in global tropical cyclone activity over the past twenty years (1986-2005) », dans *Geophysical Research Letters*, Université d'État du Colorado, vol. 33, 20 mai 2006 [ texte intégral (<http://typhoon.atmos.colostate.edu/Includes/Documents/Publications/klotzbach2006.pdf>) lien DOI (<http://dx.doi.org/10.1029/2006GL025881>) (pages consultées le 2008-07-30)[pdf]
- [33] (fr)Orwell au pays des cyclones (<http://www.climat-sceptique.com/categorie-505064.html>), climat-sceptique.com. Consulté le 2008-07-30
- [34] (en) Global and Northern Hemisphere Tropical Cyclone Activity [still (<http://coaps.fsu.edu/~maue/tropical/>) lowest in 30-years], université de Floride. Consulté le 2009-03-29
- [35] (en)Christopher Landsea, « Chris Landsea Leaves ([http://sciencepolicy.colorado.edu/prometheus/archives/science\\_policy\\_general/000318chris\\_landsea\\_leaves.html](http://sciencepolicy.colorado.edu/prometheus/archives/science_policy_general/000318chris_landsea_leaves.html)) », *Lettre ouverte*, Université du Colorado. Consulté le 2009-04-13
- [36] (en) Hurricane Science ([http://www.pbs.org/newshour/bb/weather/july-dec05/science\\_10-18.html](http://www.pbs.org/newshour/bb/weather/july-dec05/science_10-18.html)), 18 octobre 2005, *NewsHour with Jim Lehrer*, PBS
- [37] (fr)Fabrice Chauvin et Jean-François Royer, « L'intensité des cyclones augmente-t-elle ? », dans *Pour la Science* « Dossier: Climat, comment éviter la surchauffe ? », Janvier-mars 2007, p. 35-38 [ résumé (<http://www.pourlascience.com/index.php?ids=dmRgymcNIRCAySpHMTtE&Menu=Dossier&Action=2&idn3=1043>)]
- [38] (fr)Chris Landsea (NOAA), « Quelle quantité d'énergie un ouragan libère-t-il ? ([http://www.meteo.nc/infos/FAQcyclone/faq\\_d/faq\\_d6\\_d7.php#qd7](http://www.meteo.nc/infos/FAQcyclone/faq_d/faq_d6_d7.php#qd7)) », 2006, *Foire aux questions*, Traduction par Météo-France, Nouvelle-Calédonie. Consulté le 2008-11-26
- [39] (fr) La bombe à hydrogène : énergie dégagée et équivalents TNT lors de l'explosion d'une bombe H ([http://www.geocities.com/serge\\_dell/hydrogene.html](http://www.geocities.com/serge_dell/hydrogene.html)), Geocities. Consulté le 26 novembre 2008
- [40] (en) Tornado Outbreaks Associated with Landfalling Hurricanes in the North Atlantic Basin: 1954-2004 (<http://www.cimms.ou.edu/~schultz/papers/verboutetal05b.pdf>), 14 août 2006, *Meteorology and Atmospheric Physics Special Issue on Tropical Cyclones*, CIMMS. Consulté le 2008-02-05
- [41] (en)Curtis, L., « Midlevel dry intrusions as a factor in tornado outbreaks associated with landfalling tropical cyclones from the Atlantic and Gulf of Mexico », dans *Weather Forecasting*, n° 19, 2004, p. 411-427
- [42] (en)Edwards, R., Tornado production by exiting tropical cyclones, American Meteorological Society, coll. « 23<sup>e</sup> Conférence sur les ouragans et la météorologie tropicale / Pré-impressions », Dallas, 1998, 160-163 p. Lire en ligne (<http://www.spc.noaa.gov/publications/edwards/exittors.htm>)

- [43] (en)Gentry, R.C., « Genesis of tornadoes associated with hurricanes », dans *Monthly Weather Review*, n° 111, 1983, p. 1793-1805 Résumé en ligne ([http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1175/1520-0493\(1983\)111<1793:GOTAWH>2.0.CO;2&ct=1](http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1175/1520-0493(1983)111<1793:GOTAWH>2.0.CO;2&ct=1))
- [44] Jan Heino, sous-directeur général de la FAO, responsable du Département des forêts explique
- [45] (fr)Liu KB, « Sur la trace des ouragans anciens », dans *Pour la Science*, septembre 2007, p. 82-89
- [46] Dunnavan, G.M. et J.W. Diercks, « An analysis of Syperityphoon Tip (October 1979) », dans *Monthly Weather Review*, vol. 180, n° 11, 1980, p. 1915-1923 [ texte intégral (<http://ams.allenpress.com/archive/1520-0493/108/11/pdf/i1520-0493-108-11-1915.pdf>) lien DOI ([http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1980\)108<1915:AAOSTT>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1980)108<1915:AAOSTT>2.0.CO;2)) (pages consultées le 2008-11-27)][pdf]
- [47] (en)Centre météorologique de Melbourne, Report by Director of Meteorology on Cyclone Tracy, Bureau of Meteorology, Melbourne, Australie, 82 p.
- [48] (en)National Hurricane Center, « Hurricane Katrina ([http://www.nhc.noaa.gov/pdf/TCR-AL122005\\_Katrina.pdf](http://www.nhc.noaa.gov/pdf/TCR-AL122005_Katrina.pdf)) », NOAA. Consulté le 2007-03-17
- [49] (en)Whittingham, H.E., « The Bathurst Bay Hurricane and associated storm surge », dans *Australian Meteorological Magazine*, vol. 23, 1958, p. 14-36
- [50] (en)Emergency Management Australia, « Bathurst Bay Cyclone (<http://www.ema.gov.au/ema/emadisasters.nsf/83edbd0553620d8cca256d09001fc8fd/40e758f025b7a858ca256d3300057cd3?OpenDocument>) », 13 septembre 2006, Gouvernement de l'Australie. Consulté le 2008-11-28
- [51] (en)Jonathan Nott (Université James Cook) et Matthew Hayne (Australian Geological Survey Organisation), « How high was the storm surge from Tropical Cyclone Mahina? ([http://www.ema.gov.au/agd/EMA/rwpattach.nsf/viewasattachmentpersonal/\(C86520E41F5EA5C8AAB6E66B851038D8\)~How\\_high\\_was\\_the\\_storm\\_surge\\_from\\_Tropical\\_Cyclone\\_Mahina.pdf/\\$file/How\\_high\\_was\\_the\\_storm\\_surge\\_from\\_Tropical\\_Cyclone\\_Mahina.pdf](http://www.ema.gov.au/agd/EMA/rwpattach.nsf/viewasattachmentpersonal/(C86520E41F5EA5C8AAB6E66B851038D8)~How_high_was_the_storm_surge_from_Tropical_Cyclone_Mahina.pdf/$file/How_high_was_the_storm_surge_from_Tropical_Cyclone_Mahina.pdf)) », automne 2000, Emergency Management Australia. Consulté le 2008-11-27[pdf]
- [52] [http://www.atl.ec.gc.ca/weather/hurricane/hurricanes\\_f.html](http://www.atl.ec.gc.ca/weather/hurricane/hurricanes_f.html)
- [53] [http://www.atmosphere.mpg.de/enid/N\\_sp\\_cial\\_Sept\\_\\_5\\_Cyclones/C\\_\\_Conditions\\_4xu.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/N_sp_cial_Sept__5_Cyclones/C__Conditions_4xu.html)
- [54] [http://www.atmosphere.mpg.de/enid/N\\_sp\\_cial\\_Sept\\_\\_5\\_Cyclones/R\\_Mod\\_egrave\\_les\\_pour\\_l\\_avenir\\_4xv.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/N_sp_cial_Sept__5_Cyclones/R_Mod_egrave_les_pour_l_avenir_4xv.html)
- [55] [http://www.meteo.fr/temps/domtom/antilles/pack-public/cyclone/tout\\_cyclone/definition.htm](http://www.meteo.fr/temps/domtom/antilles/pack-public/cyclone/tout_cyclone/definition.htm)
- [56] [http://www.meteo.nc/infos/FAQ\\_cyclone/hed/tcfaqhed.html](http://www.meteo.nc/infos/FAQ_cyclone/hed/tcfaqhed.html)
- [57] <http://www.meteo.nc/temps/cyclones/FAQ/h/tcfaqh.html>
- [58] [http://www.cite-sciences.fr/francais/ala\\_cite/science\\_actualites/media/4/37210/QACTU\\_FLASH\\_FR.swf](http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/science_actualites/media/4/37210/QACTU_FLASH_FR.swf)
- [59] <http://www.nhc.noaa.gov/>
- [60] <http://typhoon.atmos.colostate.edu/forecasts>
- [61] <http://www.wmo.ch/web/www/TCP/TCP-home.html>
- [62] <http://cimss.ssec.wisc.edu/tropic/tropic.html>
- [63] <http://www.futura-sciences.com/comprendre/d/dossier573-1.php>
- [64] <http://fr.allmetsat.com/cyclones.php>
- [65] <http://www.nature.com/nature/journal/v436/n7051/abs/nature03906.html;jsessionid=616BDD5B255DABD9AC6B9599434730A2>



La version du 11 décembre 2008 de cet article a été reconnue comme « **bon article** », c'est-à-dire qu'elle répond à des critères de qualité concernant le style, la clarté, la pertinence, la citation des sources et l'illustration.

# Sources des articles et contributeurs

**Cyclone tropical** Source: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=40714447> Contributors: ANGELDJOUL, Ae-a, Alexandrovna, Alonso, Arkestra, Arnaud.Serander, BORNET PHILIPPE, Badmood, Bibi Saint-Pol, Bilou, Blufrog, Bob08, Bordatc, Caton, Cdang, CommonsDelinker, Coyau, Cymbella, CédricGravelle, Dake, David Berardan, Denis Dordoigne, Derkleinebaueraufdemriesigenschachbrett, Dhatier, DocteurCosmos, EDUCA33E, En passant, Erasmus, Escaladix, Esprit Fugace, FR, Fred.th, Gdgourou, Gemini1980, Geographiste, GillesC, Giovanni-P, Girouette, Gotty, Greteck, Grook Da Oger, Guillom, Gz260, Hemmer, Hg.naton, Hopea, Hégésippe Cormier, Jeanjean, Jef-Infojef, Jeffdelonge, Jerome66, Jide, Jmax, Keimzelle, Kelson, Kipmaster, Korg, Korrigan, Kremel, LUDOVIC, Lamiot, Le sotr , Leag, Legrospaum , Leridant, Lgd, Lmaltier, Louperivois, Ludoswiss, M-le-mot-dit, Manchot, Marc Mongenet, Mathias-S, Med, Medium69, MetalGearLiquid, Mfront, Miach, Michel BUZE, Michel d'Auge, Moala, Mutatis mutandis, Mzelle Laure, Nguyenld, Nicolas Ray, Ning, Nono ra, Noritaka666, Nortenglobe, Npettiaux, Nykozoft, O. Morand, Oblic, Odwl, Olmec, Olrick, Ouragan-astronomique, Oxo, Padawane, Pcorpet, Phe, Phi-Gastrein, Pierre cb, Pixeltoo, Poppy, Poulos, Poux, Pulsar, Père Igor, Rawet05, Remihh, Reuillois, Revas, Rled44, Rune Obash, Ryo, Sacalavou, Salix, Sam Hocevar, San Kukai, Sanao, Serge Nueffer, Sherbrooke, Sinaloa, Sixel, Ske, Sletuffe, Solensean, Spooky, Stanlekub, Starus, Sylfred1977, The Obento Musubi, The Shadow Knows, Thesupermat, Thierry Caro, Tibo217, Tieum, Toony, Ultrogothe, Urban, VIGNERON, Vazkor, Verdy p, Wiz, Wrightbus, Yves, Zelda, Zetud, 168 anonymous edits

# Source des images, licences et contributeurs

**Image:Ivan Sat Img Sept 7 2004.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Ivan\\_Sat\\_Img\\_Sept\\_7\\_2004.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Ivan_Sat_Img_Sept_7_2004.jpg) *License:* Public Domain *Contributors:* NOAA

**Image:Tropical cyclone name number.png** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Tropical\\_cyclone\\_name\\_number.png](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Tropical_cyclone_name_number.png) *License:* GNU Free Documentation License *Contributors:* Pekachu, 1 anonymous edits

**Image:Grenada ivan.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Grenada\\_ivan.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Grenada_ivan.jpg) *License:* unknown *Contributors:* USAID

**Image:Tropical Storm Map fr.png** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Tropical\\_Storm\\_Map\\_fr.png](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Tropical_Storm_Map_fr.png) *License:* unknown *Contributors:* Robert A. Rohde for Global Warming Art

**Image:7 zones dels ciclons tropicals.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:7\\_zones\\_dels\\_ciclons\\_tropicals.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:7_zones_dels_ciclons_tropicals.jpg) *License:* Public Domain *Contributors:* Jdorje, Pierre cb, Quasipalm, Saperaud, Xadaga

**Image:Structure Ouragan.png** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Structure\\_Ouragan.png](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Structure_Ouragan.png) *License:* Public Domain *Contributors:* Pierre cb

**Image:Ace storm atlantic 1950-2006 fr.png** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Ace\\_storm\\_atlantic\\_1950-2006\\_fr.png](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Ace_storm_atlantic_1950-2006_fr.png) *License:* Public Domain *Contributors:* User:Pierre cb

**Image:NOAA WP-3D Orions.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:NOAA\\_WP-3D\\_Orions.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:NOAA_WP-3D_Orions.jpg) *License:* Public Domain *Contributors:* NOAA

**Image:NHC Atlantic Forecast Error Trends FR.png** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:NHC\\_Atlantic\\_Forecast\\_Error\\_Trends\\_FR.png](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:NHC_Atlantic_Forecast_Error_Trends_FR.png) *License:* Public Domain *Contributors:* User:Pierre cb

**Image:Destruction following hurricane andrew.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Destruction\\_following\\_hurricane\\_andrew.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Destruction_following_hurricane_andrew.jpg) *License:* Public Domain *Contributors:* NOAA / National Weather Service

**Image:100 0587.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:100\\_0587.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:100_0587.jpg) *License:* unknown *Contributors:* Uncredited photographer for National Weather Service, Mobile/Pensacola Weather Forecast Office

**Image:Typhoonsizes.jpg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Typhoonsizes.jpg> *License:* Public Domain *Contributors:* NOAA

**Image:Silverwiki 2.png** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Silverwiki\\_2.png](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Silverwiki_2.png) *License:* GNU Free Documentation License *Contributors:* User:Rei-artur, User:Sting

## Licence

---

Version 1.2, November 2002

Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc.  
 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA  
 Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies  
 of this license document, but changing it is not allowed.

### 0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others. This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software. We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

### 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

### 2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

### 3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

### 4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

1. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
  2. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
  3. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
  4. Preserve all the copyright notices of the Document.
  5. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
-

6. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
7. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
8. Include an unaltered copy of this License.
9. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
10. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
11. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
12. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
13. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
14. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
15. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties--for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

## 5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements."

## 6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

## 7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

## 8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

## 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

## How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document

under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2

or any later version published by the Free Software Foundation;

with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled "GNU

Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the

Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.