HAL
open science

Un indicateur d'intensité cyclonique au niveau pays

Sosso Feindouno, Michaël Goujon, Olivier Santoni

To cite this version:

Sosso Feindouno, Michaël Goujon, Olivier Santoni. Un indicateur d'intensité cyclonique au niveau pays. 2017. hal-01715220

HAL Id: hal-01715220

https://hal.science/hal-01715220v1

Submitted on 22 Feb 2018

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

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

FERDI
FONDATION POUR LES ÉTUDES ET RECHERCHES SUR LE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL

Document de travail 210 Décembre 2017 Indicateurs de développement

Un indicateur d'intensité cyclonique au niveau pays

Sosso Feindouno | Michaël Goujon | Olivier Santoni

Sosso Feindouno est assistant de recherche à la Ferdi
E-mail : sosso.feindouno@ferdi.fr

Michaël Goujon est maître de conférences HDR en économie au CERDI-CNRS-Université Clermont Auvergne et responsable du programme «Indicateurs de développement innovants » à la Ferdi. E-mail : michael.goujon@uca.fr

Olivier Santoni est géomaticien à la Ferdi. E-mail : olivier.santoni@ferdi.fr

Résumé

Nous proposons un indicateur d'intensité de l'activité cyclonique calculé au niveau pays par année. Cet indicateur, simple, utilise des données historiques géolocalisées sur les cyclones, leur puissance, leur position, dont nous déduisons la part du territoire touchée, et leur durée. Cet indicateur est calculé (et est non-nul) pour 128 pays et territoires sur la période 1970-2014. Cet indicateur est utilisable pour comparer la vulnérabilité des pays à l'activité cyclonique, qui est une des conséquences importantes du changement climatique.

LA FERDI EST UNE FONDATION RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE.
ELLE MET EN ŒUVRE AVEC L'IDDRI L'INITIATIVE POUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA GOUVERNANCE MONDIALE (IDGM).
ELLE COORDONNE LE LABEX IDGM+ QUI L'ASSOCIE AU CERDI ET À L'IDDRI.
CETTE PUBLICATION A BÉNÉFICIÉ D'UNE AIDE DE L'ÉTAT FRANÇAIS GÉRÉE PAR L'ANR AU TITRE DU PROGRAMME «INVESTISSEMENTS D'AVENIR» PORTANT LA RÉFÉRENCE «ANR-10-LABX-14-01».

1. Introduction

Les dernières décennies ont été marquées par des dommages humains et économiques considérables dus aux cyclones tropicaux. Par exemple, en 2005 le tristement célèbre ouragan Katrina, l'un des plus puissants de l'histoire des Etats-Unis, tua près de 2000 personnes avec des dégâts matériels importants estimés à plus de 108 milliards de dollars (*National Hurricane Center*). Tout récemment en 2017, les îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy ont été dévastées par l'ouragan Irma qui s'est abattu sur les Antilles, le bilan actuel faisant état de 11 morts, et des dommages estimés à plus d'1 milliard d'euros. L'augmentation de l'impact humain et économique de l'activité cyclonique est certainement expliquée par la forte croissance démographique et le développement des activités, une localisation plus importante des populations, des infrastructures et des activités dans les zones côtières, mais aussi par l'amplification de l'activité cyclonique (Doocy et al, 2013). En effet, les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2014) indiquent bien qu'une des conséquences probables du changement climatique pourrait être une augmentation de la fréquence des évènements cycloniques, ou tout du moins une augmentation de leur intensité. Il a en effet été trouvé une corrélation significative entre le réchauffement en surface des océans et l'augmentation de l'intensité des cyclones (Emanuel, 2005).

L'objectif ici est de présenter un indicateur que nous avons développé afin de pouvoir comparer la vulnérabilité des pays et territoires face à l'activité cyclonique[1]. Cet indicateur est une mesure de la vulnérabilité physique du territoire, et non de ses impacts économiques, qui dépendent aussi d'autres éléments comme la localisation des populations et de leurs activités, mais également de leur préparation et de leur système d'alerte précoce [2]. Les données primaires d'activité cyclonique que nous utilisons sont issues de la géolocalisation des cyclones, que nous avons dû traiter afin de les faire correspondre aux territoires pour lesquels l'indicateur est calculé. Notre indicateur reste simple (et compréhensible), et facilement calculable et réplicable. Il repose cependant sur des paramètres scientifiques relatifs à la puissance de l'activité cyclonique. On tient compte ici dans notre indicateur de la vitesse des vents (ou de la puissance du cyclone), de la durée et de la taille en

[1] Une composante d'activité cyclonique a été introduite dans l'indicateur synthétique de vulnérabilité physique au changement climatique (PVCCI) développé à la Ferdi (Guillaumont et Simonet, 2011, 2014, Guillaumont, Feindouno, Simonet, 2017). Cet indice a fait l'objet de présentions en groupe de travail et conférences, notamment sur l'allocation de l'aide à l'adaptation en fonction de la vulnérabilité au changement climatique. Patrick Guillaumont l'a ainsi présenté notamment en octobre 2015 aux Assemblées annuelles de la Banque mondiale et du FMI à Lima, en décembre 2015 à la COP21 de Paris, et en novembre 2016 à la COP22 de Marrakech. Spécifiquement sur les petits états insulaires, à la suite d'une étude menée pour l'AFD, le PVCCI et l'indicateur d'activité cyclonique ont été présentés par Michaël Goujon dans différents colloques organisés dans les Départements et collectivités d'outre-mer. Les discutants lors de ces évènements sont remerciés pour leurs remarques constructives. Voir également une évocation des travaux de la Ferdi sur les indicateurs de vulnérabilité au changement climatique dans Gaël Giraud et Françoise Rivière, « Irma et Maria, La réduction des émissions de gaz à effet de serre seule véritable réponse aux catastrophes naturelles », Le Monde, 26/09/2017.

[2] Les dommages physiques et économiques des cyclones peuvent prendre plusieurs formes. D'abord, les cyclones peuvent endommager bâtiments, infrastructures et cultures agricoles. D'importantes précipitations généralement associées aux passages des cyclones peuvent entraîner inondations et glissements de terrain dans les zones pentues. Enfin, les vents violents à la surface des océans entraînent une montée des eaux et des ondes de tempête dans les zones côtières.

termes de part du territoire touchée par l'évènement cyclonique. Enfin, l'indicateur utilise des données disponibles annuellement pour un ensemble large de pays et de territoires, et permet donc une comparaison exhaustive entre les territoires, et éventuellement d'estimer des évolutions dans le temps.

2. Les données IBTrACS

Les données primaires sont fournies par la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), plus précisément le National Climatic Data Center - International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ibtracs/). Nous utilisons la version v03r07 de la base, dans sa version polygone où tout cyclone est fourni avec la séparation des différents territoires qu'il traverse. La base est publiée par l'UNEP/GRID Geneva (http://preview.grid.unep.ch/), IBTrACS ne fournissant initialement qu'un tracé de l'œil du cyclone sous forme de ligne.

Cette base couvre la période 1970-2014 et enregistre 2485 épisodes cycloniques de catégories 1 à 5 sur l'échelle Saffir-Simpson qui classe les cyclones en fonction de la vitesse de leurs vents[3]. La base de données primaires répertorie aussi les évènements de moindre intensité ou « tempêtes tropicales », que nous notons de « catégorie 0 » dans la suite, portant à 3915 le nombre total d'évènements[4].

Ces données sont largement utilisées dans les études portant sur l'activité cyclonique mondiale, et notamment par les experts du GIEC-IPCC, même si elles ne sont pas exemptes de critiques (Holland et Bruyère, 2014). Notamment, les données antérieures à 1980 pourraient souffrir d'un problème de fiabilité en raison de la faible précision des outils de mesure utilisés à l'époque.

Les Figures 1-4 présentent le nombre total – au niveau mondial – de cyclones enregistrés dans la base de données IBTrACS, par catégorie et pour les années couvrant la période 1970-2014. Si l'on se restreint à l'observation de la période 1990-2014, les tendances sont finalement difficiles à identifier. On ne détecte pas de tendance réelle sur cette période pour l'ensemble des évènements de catégories 0 à 5, sauf un éventuel cycle décennal (figure 1). L'évolution est erratique pour les cyclones de catégories 4 et 5 dont l'occurrence varie grandement d'une année à l'autre (figure 2 et 3). Le diagnostic est identique quant à la part des évènements de catégories 4 et 5 dans l'ensemble des évènements toutes catégories confondues (figure 4). Un aperçu de la situation géographique de l'activité cyclonique est présenté dans la Figure 5.

[3] Plus précisément la vitesse minimale soutenue observée. La catégorie 1 rassemble les évènements dont les vents atteignent les vitesses de 119 à 153 km/h, la catégorie 2 de 154 à 177 km/h, la catégorie 3 de 178 à 210 km/h, la catégorie 4 de 211 à 251 km/h, la catégorie 5 supérieures à 251 km/h (Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale: http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php). Il n'y a pour le moment pas de catégorie 6 officielle mais au regard de l'accroissement de l'intensité des cyclones au cours des dernières années, certains experts ont suggéré la création de cette catégorie pour les cyclones dont les vents atteignent plus de 280 ou 287km/h (notamment quelques cyclones dont la majorité localisée dans le pacifique ouest, comme le typhon Tip en 1979 avec des vents à plus de 310 km/h).

[4] dont la vitesse des vents est comprise entre 63 et 118km/h.

Figure 1. Cyclones répertoriés, par catégorie, par an, 1970-2014

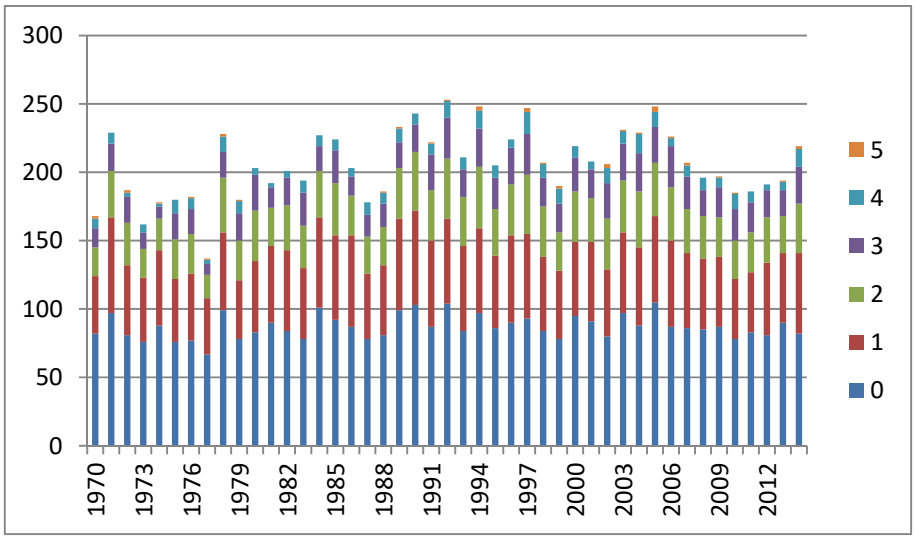


Figure2. Cyclones répertoriés, catégories 3-4-5, par an, 1970-2014

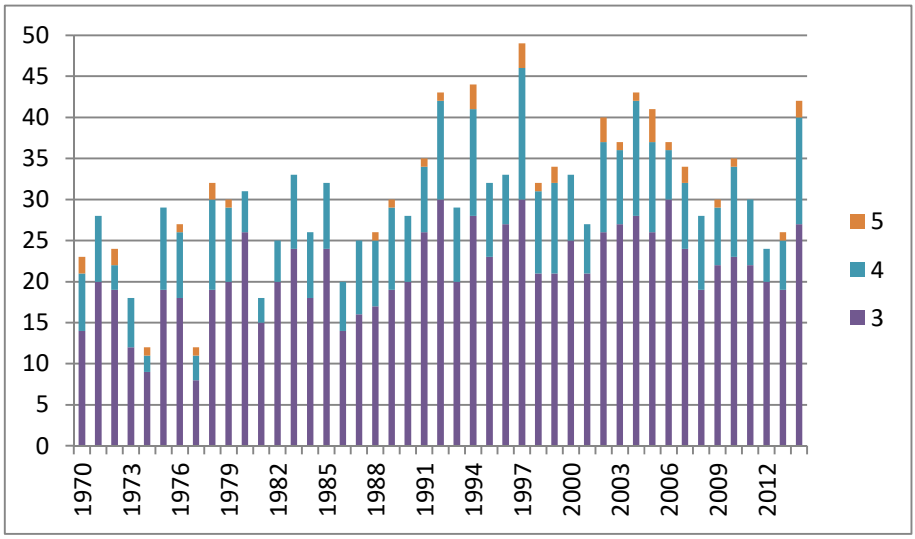


Figure3. Cyclones répertoriés, catégories 4-5, par an, 1970-2014

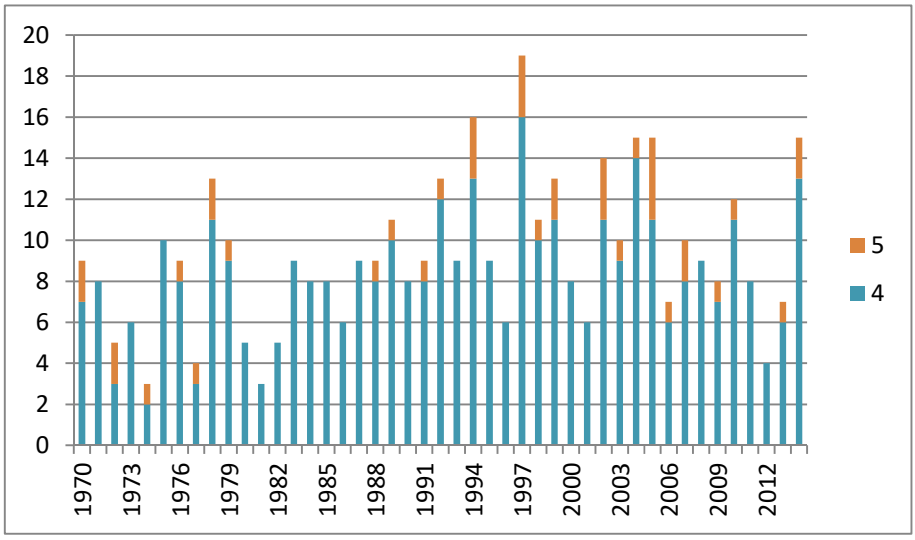
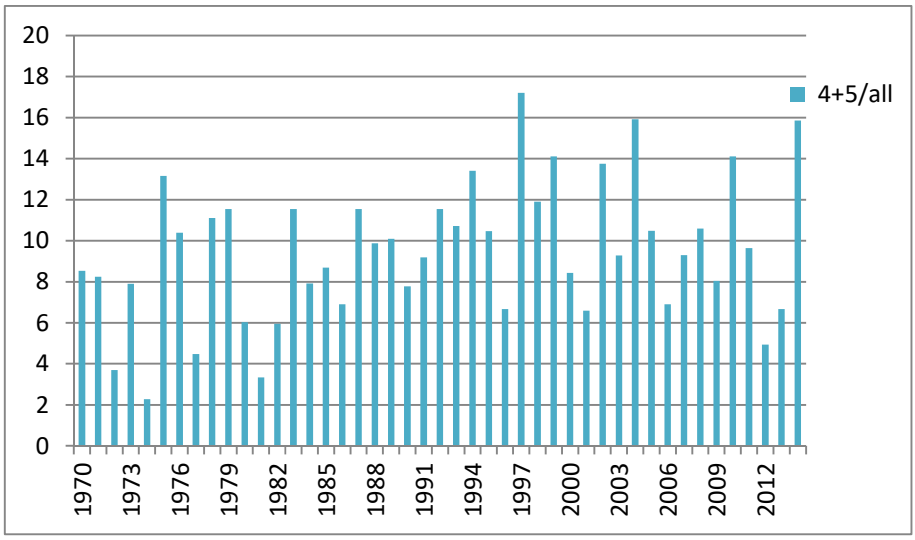
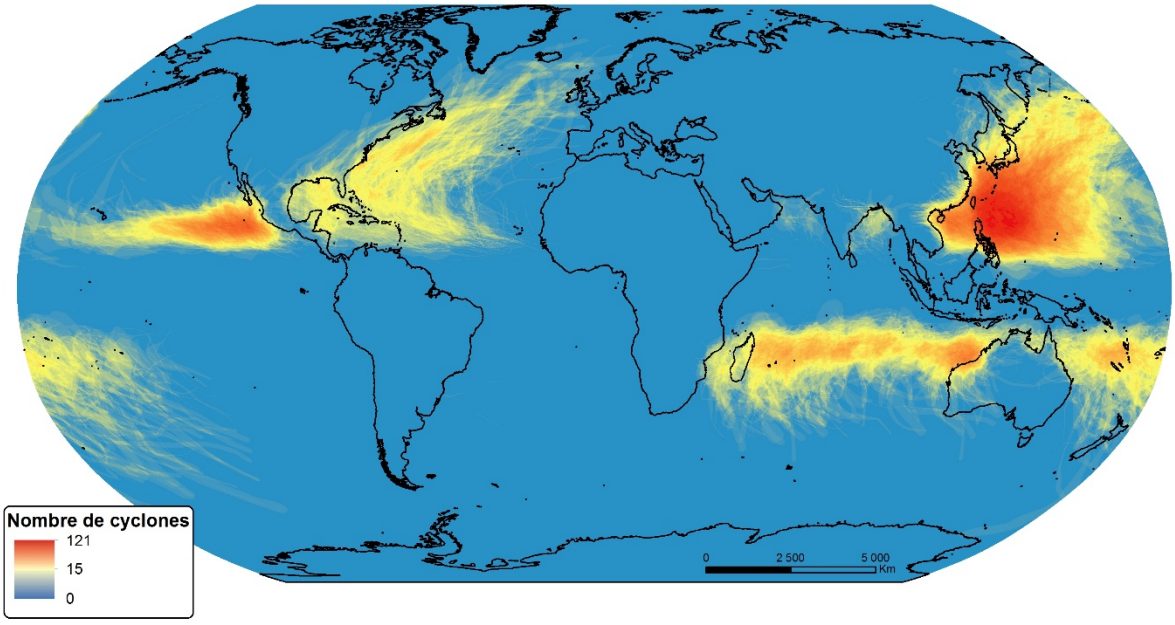


Figure 4. Part des cyclones catégories 4-5 dans 0 à 5, par an, 1970-2014



Source : Auteurs, à partir des données IBTrACS Version v03r07 / UNEP

Figure 5. Nombre de cyclones sur la période 1970-2014



Notes : Nombre de cyclones (indépendamment de l'intensité). Sources : Auteurs, à partir des données IBTrACS Version v03r07 / UNEP

3. Construction de l'indicateur d'intensité cyclonique pays-années.

La puissance destructrice d'un cyclone ne dépend pas uniquement de la vitesse des vents (ou de sa catégorie, qui d'ailleurs varie le long de sa vie), mais aussi de sa durée, de la taille des zones affectées, des caractéristiques géographiques locales, c'est-à-dire de l'exposition du territoire touché (notamment le risque de submersion dans le cas des zones côtières). L'impact destructeur s'étend à des zones au-delà de l'œil et n'est pas spatialement uniforme. La durée et la taille du cyclone n'entretiennent pas de liens systématiques avec la vitesse des vents.

Dans la base IBTrACS – UNEP, la trajectoire complète de chaque cyclone est enregistrée (géolocalisée), en commençant par ses débuts dans les océans (intensité – catégorie faible), puis lorsqu'il s'approche et atteint les terres (généralement intensité et catégorie maximale), et enfin jusqu'à sa disparition, généralement dans les terres (catégorie faible). Chaque évènement cyclonique est donc enregistré sous différentes catégories selon l'échelle Saffir-Simpson (en toute logique, l'intensité maximale à laquelle s'ajoutent toutes les intensités inférieures). Par exemple, un cyclone de catégorie maximum 3 est enregistré dans la base IBTrACS – UNEP sous la forme de 4 évènements ou cyclones-catégorie, de catégorie 0 à 3, de durées et de tailles différentes.

La base IBTrACS – UNEP donne la géolocalisation de chaque cyclone-catégorie, avec le découpage des territoires traversés. Ceux-ci étant identifiés par leur code ISO 3166, il est possible d'affecter à chaque territoire tous les cyclones ou tempêtes tropicales l'ayant touché. Le périmètre (polygone) par pays nous permet de calculer la surface touchée par chaque évènement[5]. Chaque cyclone connaissant durant son existence des périodes d'intensité différente, il est donc représenté par autant de polygones que de catégories par lesquelles il s'est manifesté. La base donne également les dates (jours) et la durée (heures) associées à ces cyclones-catégories.

Nous recalculons la somme des surfaces du territoire touchées par catégorie d'évènement à partir des polygones, une surface affectée à plusieurs reprises étant comptabilisée autant de fois qu'il y a eu d'évènements. La surface de territoire touchée est rapportée à la surface totale du territoire.

Pour chaque cyclone-catégorie touchant un pays ou un territoire, nous disposons donc de ses dates, de sa durée et de la part du territoire touchée.

L'indicateur que nous proposons repose sur le principe que l'intensité de l'évènement cyclonique pour un pays dépend de sa catégorie (vitesse du vent, pression), mais aussi de sa durée et de la superficie du territoire touchée (taille). On définit donc pour chaque cyclone-catégorie-pays affecté une mesure de son intensité par année :

$$IIC_{kjit} = D_{kjit} \times S_{kjit}$$

Avec pour le pays i à la période t, l'évènement j (un pays pouvant subir plusieurs évènements) et k la catégorie de l'évènement (6 catégories possibles de 0 à 5, le même évènement pouvant passer

[5] Toutes les manipulations de données ont été réalisées avec le logiciel ArcGIS 10.2

par différentes catégories), D la durée de l'évènement-catégorie (en heures), S la part du territoire touchée par l'évènement-catégorie (en %).

Pour chaque pays-année, on peut calculer l'indice par évènement, en sommant les évènement-catégories :

$$IIC_{jit} = \sum_{k=0}^{5} \propto_k \times D_{kjit} \times S_{kjit}$$

α est le poids relatif de la catégorie par rapport aux autres qui définit sa puissance ou son intensité relative.

Si le pays est atteint par plusieurs cyclones dans l'année, on additionne simplement les évènements. La formule générale est alors :

$$IIC_{it} = \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=0}^{5} \propto_k \times D_{kjit} \times S_{kjit}$$

Avec j l'évènement cyclonique (nombre = n) dans le pays i à la période t, k les catégories du cyclone (6 catégories possibles de 0 à 5).

La durée et la surface du territoire touchée par catégorie sont calculées à partir de IBTrACS. Il reste donc à définir le système de poids affectés aux catégories cycloniques (données par IBTrACS), et qui doit refléter la puissance relative des évènements cycloniques.

Il existe plusieurs mesures ou échelles d'intensité ou de puissance utilisées pour mesurer la puissance destructrice d'un évènement cyclonique, et qui visent à dépasser l'échelle d'intensité de Saffir-Simpson, jugée trop simple. Ces mesures partent aussi du principe que la puissance destructrice du cyclone est plus que proportionnelle à la vitesse des vents qu'il génère, et cela de manière non linéaire, principe que nous utilisons pour déterminer les poids affectés au catégories cycloniques.

Parmi les plus connus, l'indice PDI proposé par Emanuel (2005) est basé sur les vitesses maximales au cube et l'indice ACE proposé par Camargo et Sobel (2005) est basé sur les vitesses maximales au carré (voir encadré 1).

Nous reprenons ces échelles non linéaires du PDI et de l'ACE pour définir les poids des catégories cycloniques dans notre indice IIC. Ces poids sont reportés dans le tableau 1 avec la vitesse minimale de chaque catégorie. Nous affectons un poids normalisé égal à 1 à la vitesse minimale de la catégorie 0. Dans la colonne « poids V », en suivant une formule linéaire, le poids des catégories supérieures est égal au rapport entre leurs vitesses minimales et la vitesse minimale de la catégorie 0. Dans les deux dernières colonnes, en utilisant les formules non-linéaires de l'ACE (du PDI) basé sur le carré (cube) de la vitesse, le poids des catégories supérieures est égal au poids V élevé au carré (cube). L'encadré 2 donne un exemple de calcul de l'IIC.

4. Un aperçu des résultats

Nous appliquons le calcul de l'IIC annuel en utilisant les données des 3915 évènements enregistrés dans IBTrACS sur la période 1970-2014. Les résultats indiquent que 128 pays et territoires ont été touchés par l'activité cyclonique sur cette période. Les intensités relatives varient cependant énormément d'un pays à l'autre. De manière évidente, ce sont des territoires insulaires (ou côtiers), mais pas forcément petits, qui sont les plus touchés (tableau 2, figure 7 et 8). Au niveau régional, c'est dans le Pacifique Nord-Ouest que se situent les territoires les plus touchés sur la période: Japon, Philippines, Taïwan, les Iles Mariannes du Nord (moins intensément Guam). Ils sont suivis par Vanuatu et la Nouvelle-Calédonie (Pacifique Sud-Ouest), Madagascar et Maurice (Océan Indien), et Cuba (Caraïbes).

Encadré 1. Mesures de la puissance d'un cyclone

L'échelle Saffir-Simpson est uniquement basée sur la vitesse du vent (vitesse minimale enregistrée sur une minute) mais est aussi indirectement utilisée pour anticiper les dommages (Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale: http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php).

Il existe d'autres mesures ou échelles d'intensité cyclonique visant à dépasser l'échelle de Saffir-Simpson, jugée trop simple (et discrète, pouvant être dépassée par une mesure continue), voire erronée (certains cyclones de catégorie inférieure se montrant dans les faits plus destructeurs que des cyclones de catégorie haute, notamment du fait d'une durée de vie supérieure).

Emanuel (2005) définit une version simplifiée du "power dissipation index" (PDI) comme « l'intégrale sur la durée de vie des cyclones de la vitesse du vent en surface élevée au cube"[6]:

$$PDI = \int_0^{\tau} V_{max}^3 \, dt$$

où Vmax est la vitesse maximale du vent soutenue mesurée à l'altitude maximale. conventionnelle de 10 m. Selon Emanuel, bien que n'étant pas parfait, cet indice est un meilleur indicateur de menace cyclonique comparé à la seule fréquence (nombre) ou intensité (catégorie). Cet indice est similaire à l'indice 'accumulated cyclone energy' (ACE), défini comme la somme des carrés de la vitesse maximale du vent sur la période d'observation de ces vents (Camargo et Sobel, 2005). Le PDI prend donc en compte l'intensité et la durée de l'évènement (durée qui est relativement liée à la taille du cyclone).

D'autres indicateurs plus complexes sont apparus pour mesurer le potentiel destructeur d'un cyclone, tels que le « Integrated Kinetic Energy » (IKE) qui prend en compte la taille du cyclone (Powell et Reinhold, 2007) et le « Track Integrated Kinetic Energy » (TIKE) qui est l'accumulation de l'IKE sur la durée de vie du cyclone (Misra et al, 2013). Une critique adressée à ces indicateurs est qu'ils ne prennent pas en compte la distribution spatiale des vents, qui affecte le potentiel de destruction du cyclone.

Ces mesures sont appliquées au niveau cyclone (non territorialisé) en utilisant les vitesses maximales des vents tout au long de la vie du cyclone. Elles requièrent une information complète sur l'ensemble des vitesses et leur durée tout au long de la vie du cyclone, laquelle information n'est pas disponible pour l'ensemble des cyclones (et dont nous ne disposons pas avec la base IBTrACS, qui de plus ne fournit que la catégorisation Saffir-Simpson basée sur la vitesse minimale, et non maximale, atteinte par les vents générés par le cyclone). De ces formules, nous retenons donc uniquement le principe de la relation non linéaire entre vitesse et puissance pour notre système de pondération.

---

[6] La version originale et complète de la PDI est : $PDI = 2\pi \int_0^t \int_0^{r_0} C_{D_\rho} |V|^3 \, r dr dt$, où C_D est le coefficient de traînée, ρ est la masse volumique, r_0 le rayon de la tempête. (Emmanuel, 1998). Cette version est difficilement utilisable pour les cyclones historiques, et C_D serait en fait égal à une constante à partir de vitesses supérieures à 108 km/h, d'où l'élaboration d'une version simplifiée du PDI (Mallen et al, 2005).

Tableau 1. Système de poids envisagés pour $\propto_k$

Catégorie Saffir-Simpson	Vitesse minimale (km/h) Saffir-Simpson	Poids V	**Poids V²**	**Poids V³**
0	63	1	**1**	**1**
1	119	1,87	**3,5**	**6,5**
2	154	2,44	**6**	**14,5**
3	178	2,82	**8**	**22,4**
4	211	3,33	**11,1**	**36,9**
5	252	3,96	**15,7**	**62,1**

Encadré 2. Exemple simple du calcul de l'indicateur IIC

Un pays est touché par le cyclone X qui est de catégorie 1, mais qui connait au moins deux périodes de catégorie 0, quand il approche et quitte le territoire. On a :

- Evènement de catégorie 0, de durée (heures) D0 touchant la surface du territoire (km2) S0

- Evènement de catégorie 1, de durée (heures) D1, touchant la surface du territoire (km2) S1

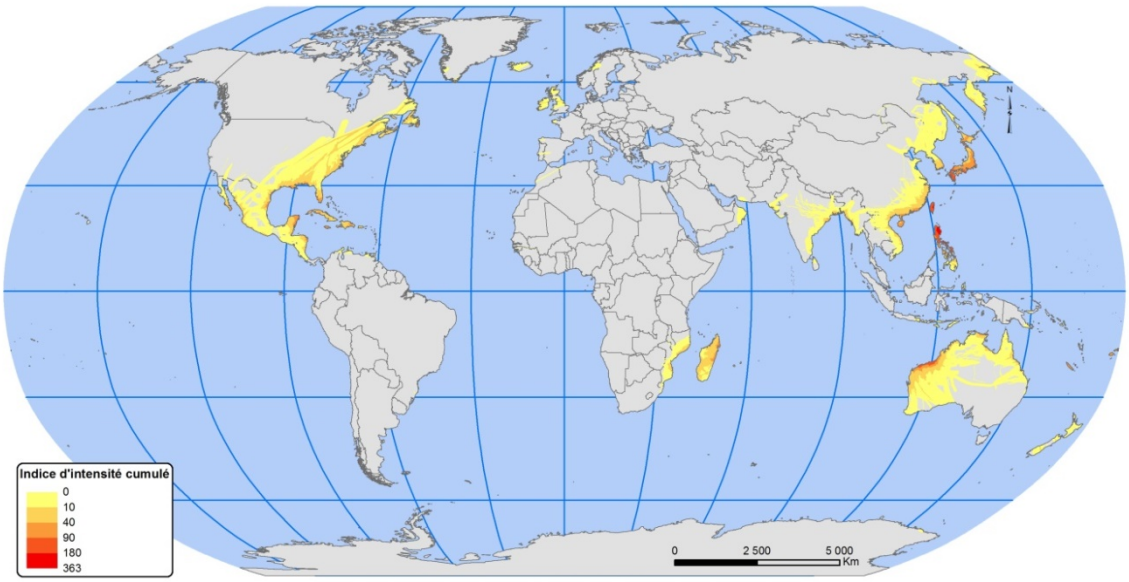
On calcule $\alpha 0 \times D0 \times S0/ST + \alpha 1 \times D1 \times S1/ST$ (ST est la superficie totale du pays)

En considérant une formule à la ACE, basée sur le carré des vitesses, la puissance d'un cyclone de catégorie 1 est 3,5 fois celle d'un cyclone de catégorie 0 (en d'autres termes, 1 heure passée en catégorie 1 équivaut alors à 3,5 heures passées en catégorie 0 ; ou bien 1 km2 touché par un évènement de catégorie 1 équivaut à 3,5 km2 touchés par un évènement de catégorie 0).

Si la durée du passage en catégorie 0 est de 10 heures et touche l'ensemble du territoire (3000 km2) et celui en catégorie 1 est de seulement 4 heures et ne touche que la moitié du territoire, alors l'intensité totale de l'évènement est :

= 1 x 10 x 3000/3000 + 3,5 x 4 x 1500/3000 = 17

Figure 6. Cumul sur la période 1970-2014 des cyclones géolocalisés sur terre (pondérés par l'intensité basée sur la vitesse du vent au carré)



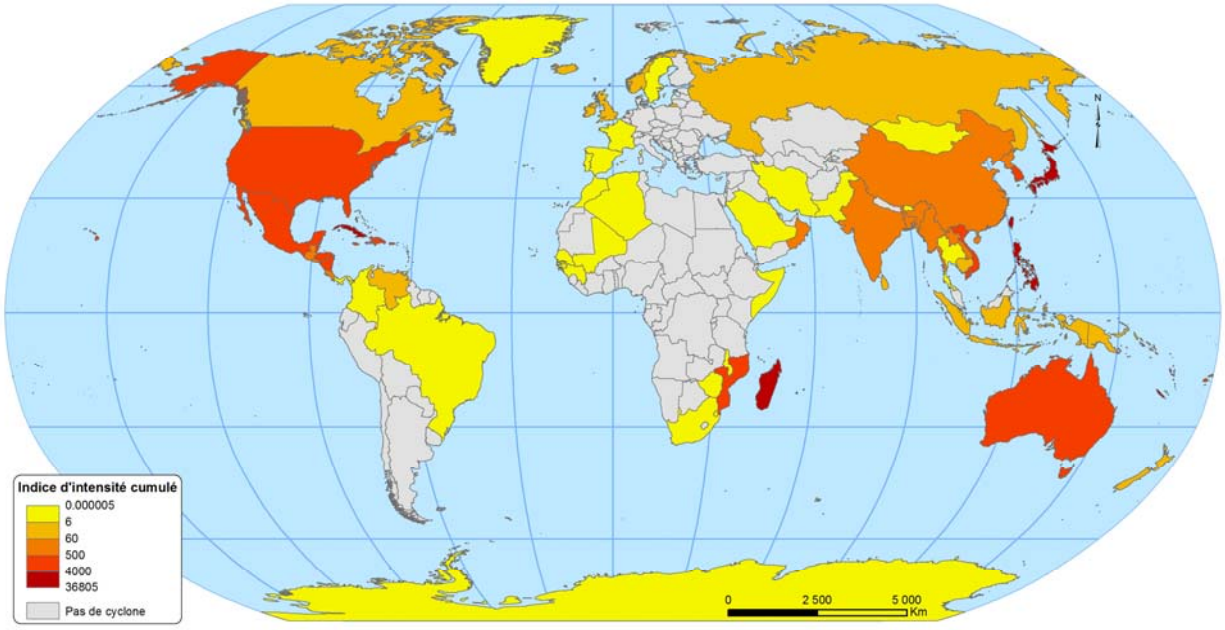
Notes : Sources : Auteurs, à partir des données IBTrACS Version v03r07 / UNEP

Tableau 2. Les 10 plus fortes intensités cycloniques IIC_{it} avec le pays i et l'année t correspondants

	Vitesse du vent au carré			Vitesse du vent au cube		
	Pays	année	Indice V^2	Pays	année	Indice V^3
1	Japan	2004	10202	Japan	2004	12035
2	North. Mariana Is.	1997	7563	North. Mariana Is.	1997	11383
3	Taiwan	2008	5621	Taiwan	2008	6555
4	Philippines	1970	4822	Philippines	1970	5843
5	Taiwan	1994	4362	French Polynesia	1983	5307
6	Taiwan	2005	3975	Taiwan	2005	4774
7	French Polynesia	1983	3885	Taiwan	1994	4759
8	Madagascar	1994	3446	Jamaica	2004	4273
9	Philippines	2006	3166	Madagascar	1994	4055
10	Philippines	1987	2550	Philippines	2006	3791

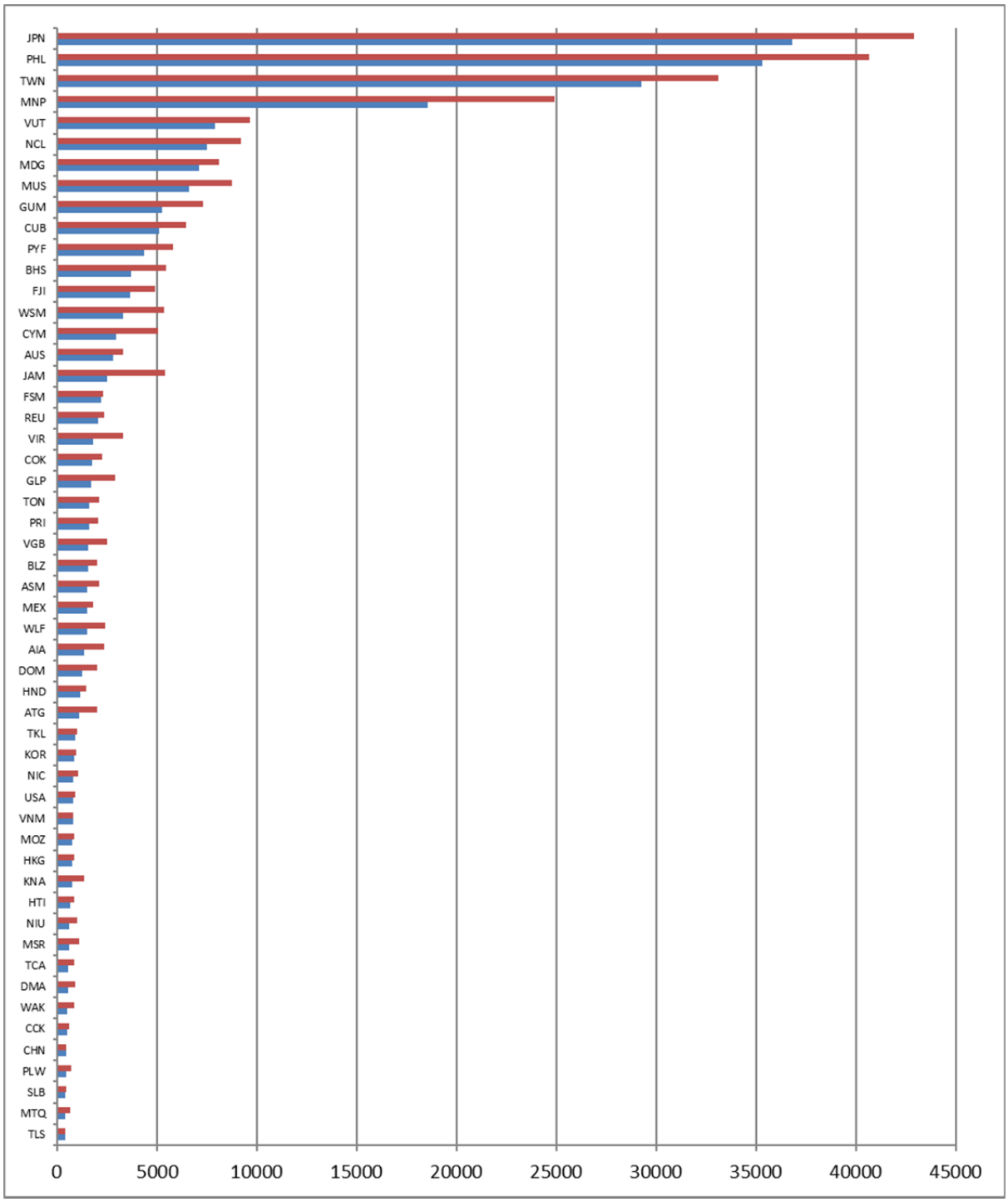
Sources : Auteurs, à partir des données IBTrACS Version v03r07 / UNEP

Figure 7. Carte IIC par pays, cumulé sur la période 1970-2014 : $\sum_{t=1970}^{2014} IIC_{it}$



Notes : Sources : Auteurs, à partir des données IBTrACS Version v03r07 / UNEP

Figure 8. IIC par pays, cumulé sur la période 1970-2014 : $\sum_{t=1970}^{2014} IIC_{it}$



Notes : en rouge IIC en utilisant poids V au cube, et en bleu poids V au carré. Représentation des pays pour lesquels $\sum_{t=1970}^{2014} IC_{it} > 400$. Sources : Auteurs, à partir des données IBTrACS Version v03r07 / UNEP

5. Conclusion

La plupart des rapports sur le changement climatique prédisent que l'intensité de l'activité cyclonique devrait s'accroître avec l'augmentation des températures moyennes globales. En revanche, l'activité cyclonique et son évolution sont et seront différentes selon les régions et pays. Afin de tenir compte des différents facteurs définissant l'intensité des cyclones, il est important de mesurer l'activité cyclonique à travers un indice qui va au-delà de la simple mesure de la vitesse des vents observée à l'échelle Saffir-Simpson. Nous proposons ici un indice d'intensité de l'activité cyclonique (IIC) calculé au niveau pays qui prend en compte plusieurs paramètres tels que la vitesse des vents, leur durée mais aussi la part du territoire affectée par l'évènement cyclonique. L'indice est construit, et est non-nul, pour 128 pays et territoires touchés par l'activité cyclonique enregistrée sur la période 1970-2014 (3915 évènements).

Les résultats montrent une forte hétérogénéité. Sur la période, c'est la région du Pacifique-Ouest qui présente les plus fortes intensités d'activité cyclonique (notamment le Japon, les Philippines, Taïwan et les Iles Mariannes), suivi des Caraïbes et de l'Océan Indien.

L'indicateur d'intensité de l'activité cyclonique au niveau pays sert à évaluer une des dimensions importantes de la vulnérabilité des pays aux catastrophes naturelles et face au changement climatique. Cet indicateur est basé sur des paramètres scientifiques relatifs à l'activité cyclonique tout en restant transparent et simple. Il peut être recalculé rapidement à la suite de la mise à jour régulière des bases de données géolocalisées sur l'activité cyclonique. Les données complètes sont disponibles auprès des auteurs.

Références

- Camargo, S. J., and Sobel, A. H. (2005). Western North Pacific tropical cyclone intensity and ENSO. *Journal of Climate*, 18(15), 2996-3006.
- Doocy S, Dick A, Daniels, A, and Kirsch, TD. (2013). The Human Impact of Tropical Cyclones: a Historical Review of Events 1980-2009 and Systematic Literature Review. *PLOS Currents Disasters*. 2013 Apr 16. Edition 1. doi:10.1371/currents.dis.2664354a5571512063ed29d25ffbce74.
- Emanuel, K. A. (1999). The power of a hurricane: An example of reckless driving on the information superhighway. *Weather*, 54(4), 107-108.
- Emanuel, K. A. (2005). Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, *436*(7051), 686-688.
- Field, C. B., Barros, V. R., and Dokken, D. J., et al. (2014). *IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects.* Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Guillaumont, P. (2015). Mesurer la vulnérabilité au changement climatique pour allouer le financement de l'adaptation, *Ferdi Document de Travail* P136
- Guillaumont, P., and Simonet, C. (2011). Designing an Index of Structural Vulnerability to Climate Change, Mars, *Ferdi Working Paper*, I 08
- Guillaumont, P., and Simonet, C. (2014). Facing Climate Change in the LDCs: How to Fit the Istanbul Programme of Action, in *LDC IV Monitor, Istanbul Programme of Action for the LDCs (2011-2020). Monitoring Deliverables, Tracking Progress-Analytical Perspectives*, Commonweath Secretariat, 287-317
- Guillaumont, P., Simonet, C., and Feindouno, S. (2017). An Index of Physical Vulnerabilty to Climate Change, Who Are the Most Vulnerable Countries?, *Ferdi Working Paper*, forthcoming
- Holland, G., and Bruyère, C. L. (2014). Recent intense hurricane response to global climate change. *Climate Dynamics*, vol. 42, no 3-4, 617-627.
- Kossin, J. P., Emanuel, K. A., and Vecchi, G. A. (2014). The poleward migration of the location of tropical cyclone maximum intensity, *Nature*, 509, 349-352, doi:10.1038/nature13278
- Mallen, K.J., Montgomery, M.T., and Wang, B. (2005). Reexamining the Near-Core Radial Structure of the Tropical Cyclone Primary Circulation: Implications for Vortex Resiliency, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 62, 408-425.
- Misra, V., DiNapoli, S., & Powell, M. (2013). The track integrated kinetic energy of Atlantic tropical cyclones. *Monthly Weather Review*, *141*(7), 2383-2389.
- Park D.-S.R., Ho C.-H., Kim J.-H., and Kim H.-S. (2013), Spatially Inhomogeneous Trends of Tropical Cyclone Intensity over the Western North Pacific for 1977–2010, Journal of Climate 26:14, 5088-5101
- Powell, M. D., and Reinhold, T. A. (2007). Tropical cyclone destructive potential by integrated kinetic energy. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *88*(4), 513-526.
- Vecchi, G. A., and Knutson, T. R. (2008). On estimates of historical north atlantic tropical cyclone activity, *Journal of Climate*, 21, 3580-3600.

"Sur quoi la fondera-t-il l'économie du monde qu'il veut gouverner? Sera-ce sur le caprice de chaque particulier? Quelle confusion! Sera-ce sur la justice? Il l'ignore."

Pascal

Créée en 2003, la **Fondation pour les études et recherches sur le développement international** vise à favoriser la compréhension du développement économique international et des politiques qui l'influencent.

Contact
www.ferdi.fr
contact@ferdi.fr
+33 (0)4 73 17 75 30