



Les cyclones

par Alexandre Assadi
stagiaire en analyse de données
SCM SA

Avril 2023

Le présent travail met à jour le "Livre Blanc" publié par la SCM en 2015 en ce qui concerne les cyclones tropicaux : données relevées entre 2015 et 2020. Nous le complétons par une étude des données antérieures à 1970.

I. Caractéristiques des cyclones tropicaux

Les cyclones tropicaux sont des dépressions à rotation rapide qui prennent naissance au-dessus des océans tropicaux et engendrent des vents violents et des précipitations diluviennes. Dans l'hémisphère Ouest, ils sont classés en différentes catégories d'intensité sur l'échelle de Saffir-Simpson, en fonction de la vitesse des vents soutenus près de leur zone centrale (appelée « œil »). :

- Dépression tropicale : de 0 à 63 km/h (précurseur, pas encore un cyclone)
- Tempête tropicale : de 64 à 118 km/h
- Ouragan de catégorie 1 : de 119 à 153 km/h
- Ouragan de catégorie 2 : de 154 à 177 km/h
- Ouragan de catégorie 3 : de 178 à 209 km/h
- Ouragan de catégorie 4 : de 210 à 249 km/h
- Ouragan de catégorie 5 : 250 km/h ou plus

Les ouragans des catégories 3 à 5 sont appelés ouragans majeurs. Les cyclones naissent au stade de dépression puis gravissent les échelles d'intensité : ils sont désignés par la catégorie la plus élevée atteinte. Lorsqu'on dénombre les cyclones d'une catégorie donnée, on compte également ceux qui ont évolué vers les catégories supérieures ; par exemple, si on comptabilise le nombre de tempêtes tropicales au cours d'une saison, on prend en compte tous les ouragans puisqu'ils ont été des tempêtes à un stade de leur vie.

La formation et l'intensification des cyclones sont soumises à plusieurs conditions, portant notamment sur la température de l'eau, l'humidité et la position par rapport à l'équateur. Ainsi la quasi-totalité des cyclones tropicaux se forment dans sept bassins distincts situés entre 10° et 30° de l'équateur dans les océans Pacifique, Atlantique et Indien, à des périodes et avec une fréquence qui varient grandement d'un bassin à l'autre.

II. Base de données

De ces sept bassins cycloniques, le bassin de l'Atlantique Nord est le plus étudié. Il est placé depuis 1965 sous la surveillance du National Hurricane Center, chargé d'observer les systèmes tropicaux et d'en prédire les évolutions afin d'anticiper les menaces pour le littoral américain. L'organisme entretient à cet effet la base de données HURDAT, qui recense tous les cyclones répertoriés par le NHC et ses prédécesseurs.

Les moyens utilisés pour détecter les cyclones et en mesurer les caractéristiques ont grandement évolué depuis l'époque des premières observations, engendrant plusieurs discontinuités dans la base de données :

- Nombre de Cyclones : l'intensification du trafic maritime dans l'Atlantique Nord (triplement de la densité entre 1950 et 2011), le développement de l'aviation de reconnaissance (1944), puis des satellites météorologiques (1967) ont permis de détecter une proportion croissante de cyclones. Plus on remonte dans le temps, plus le nombre potentiel de cyclones non détectés grandit, que ce soit en raison de leur faible intensité ou de l'absence de témoins ayant croisé leur route et survécu.
- Quantité des mesures : pour les mêmes raisons, tandis que l'intensité des cyclones récents est évaluée en temps réel au fil de leur parcours, les cyclones les plus anciens ont parfois été mesurés en un nombre très limité de points, ce qui peut donner une image inexacte de leur intensité et de leur durée réelle.
- Qualité des mesures : la précision des mesures s'est accrue avec les avancées technologiques ; les données plus anciennes ont tendance à sous-estimer l'intensité des cyclones (cf. Hagen et Landsea) : avant le développement des radars et de l'imagerie satellite, les mesures n'étaient pas systématiquement prises à la limite de l'œil du cyclone (là où les vents sont les plus forts), en particulier pour les plus violents que les avions de reconnaissance ne pouvaient pas percer.

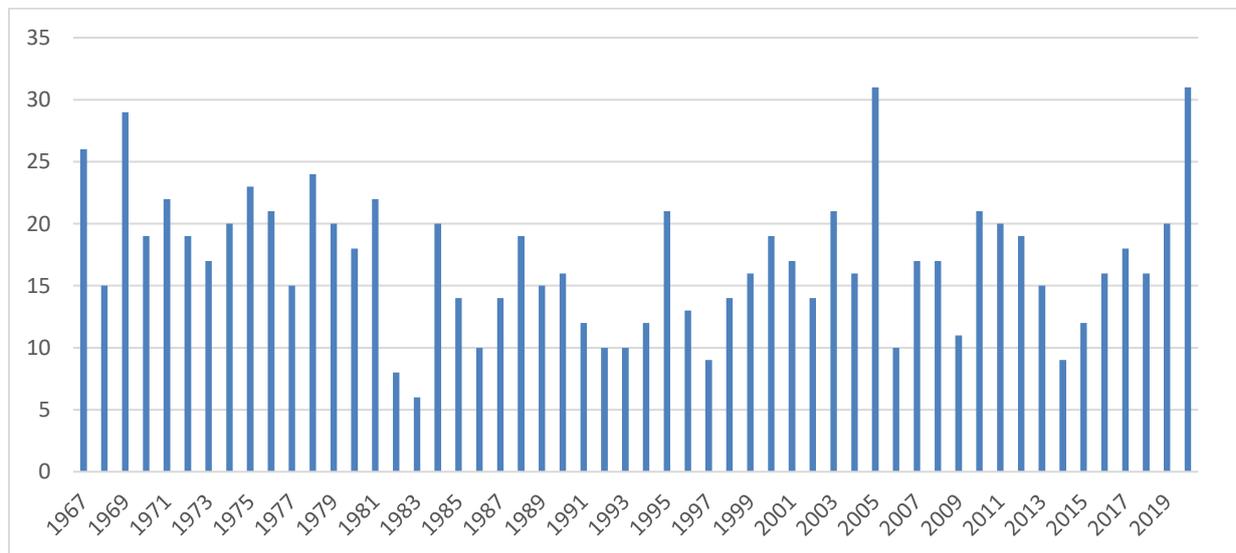
- Classification des cyclones : en plus des limites imposées par les moyens techniques, certains cyclones n'étaient simplement pas ajoutés à la base de données. Les cyclones subtropicaux (qui ne peuvent pas s'intensifier en ouragans avant d'avoir transitionné en cyclone tropicaux) n'étaient pas recensés avant 1971, et de même les dépressions tropicales (ou les tempêtes trop faibles pour être détectées comme telles) n'étaient pas systématiquement signalées et inscrites dans la base.

Pour remédier en partie à ces discontinuités, le NHC a débuté dans les années 2000 un vaste projet de révision de la base HURDAT, combinant recherches bibliographiques (journaux d'époque, cartes météo, registres des États) et réévaluation des mesures avec le bénéfice des avancées récentes. Ce travail a permis d'améliorer considérablement la fiabilité des données fournies, et d'y ajouter les cyclones découverts au cours de ces recherches (étirant le registre jusqu'en 1851). C'est sur cette version révisée, nommée HURDAT2, que nous allons effectuer nos analyses.

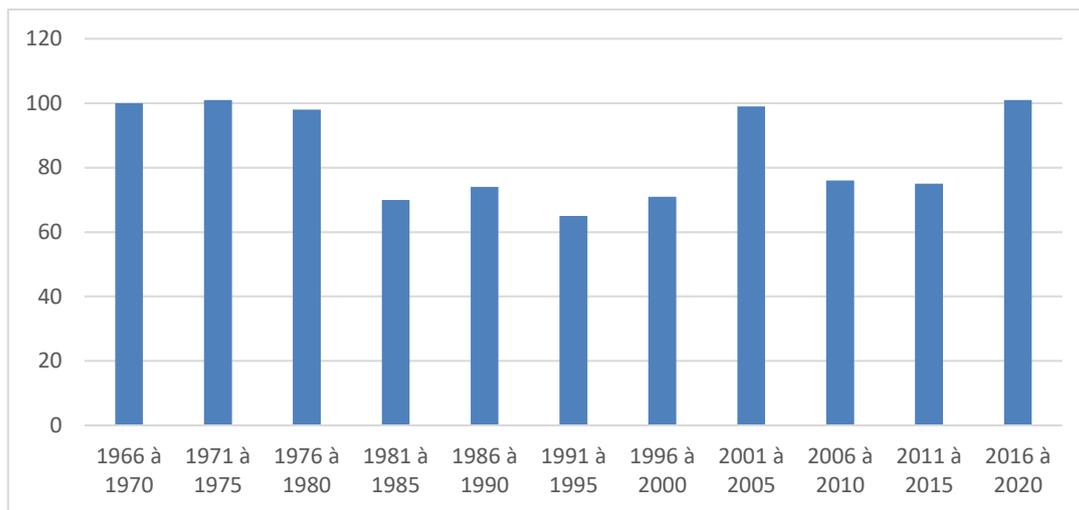
III. Analyse de Hurdats

1. Nombre et catégories des cyclones

Nous commençons par étudier le nombre et l'intensité des cyclones observés dans le bassin Nord-Atlantique depuis la mise en service des satellites météorologiques.

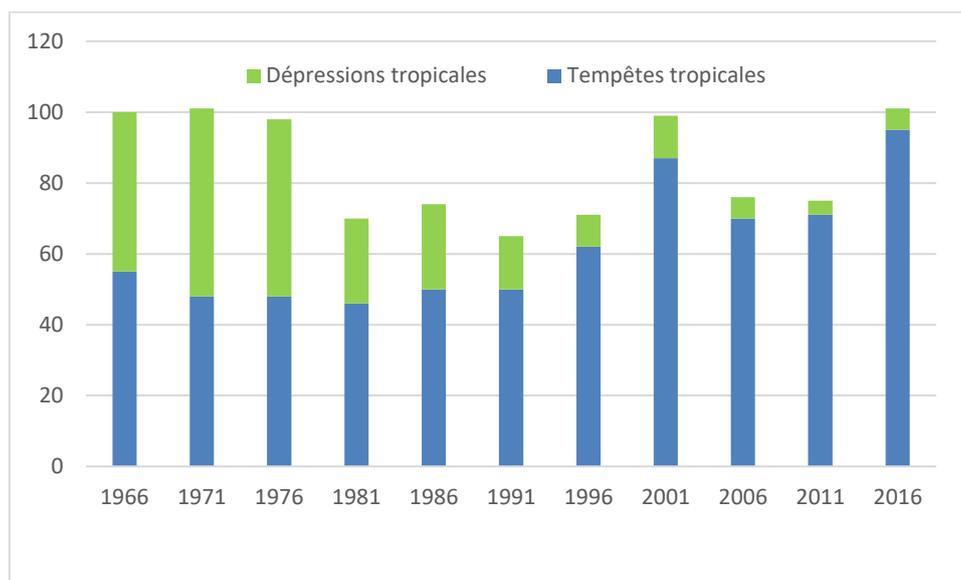


Nombre de cyclones repérés dans l'Atlantique Nord de 1967 à 2020 (par année)



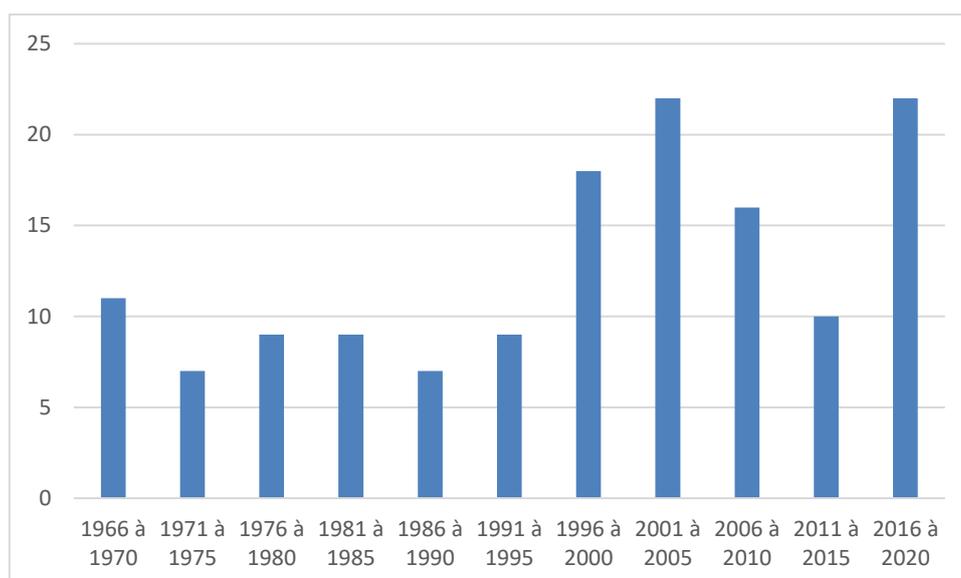
Nombre de cyclones repérés dans l'Atlantique Nord de 1966 à 2020 (par décennie)

Il n'y a pas d'augmentation du nombre de cyclones, mais une alternance de pics et de creux à l'échelle annuelle et décennale.



Nombre de dépressions et tempêtes tropicales de 1966 à 2020 (par décennie)

Cependant, lorsqu'on distingue les cyclones restés au stade de dépression tropicale de ceux ayant atteint le classement de tempête (vitesse des vents > 62 km/h), on constate que la proportion de ces derniers a crû significativement. De 55% entre 1966 et 1970, celle-ci atteint 94% sur la période de 2016 et 2020. La tendance des dépressions à s'intensifier en tempêtes semble ainsi s'être accrue. Une partie de cette différence peut être expliquée par le perfectionnement des outils et des méthodes de mesure, qui ont permis de classer correctement les systèmes dont l'intensité dépassait le seuil requis de peu ou pendant un court laps de temps (cf. Cf Landsea).



Nombre d'ouragans majeurs de 1966 à 2020 (par décennie)

On constate également une augmentation significative du nombre d'ouragans majeurs (catégories 3 à 5), avec une moyenne de 3,5 par an depuis 1995 contre 1,5 par an entre 1967 et 1994.

2. Énergie cyclonique accumulée

Le classement des cyclones selon l'échelle Saffir-Simpson ne permet pas une comparaison exhaustive de l'intensité des saisons cycloniques :

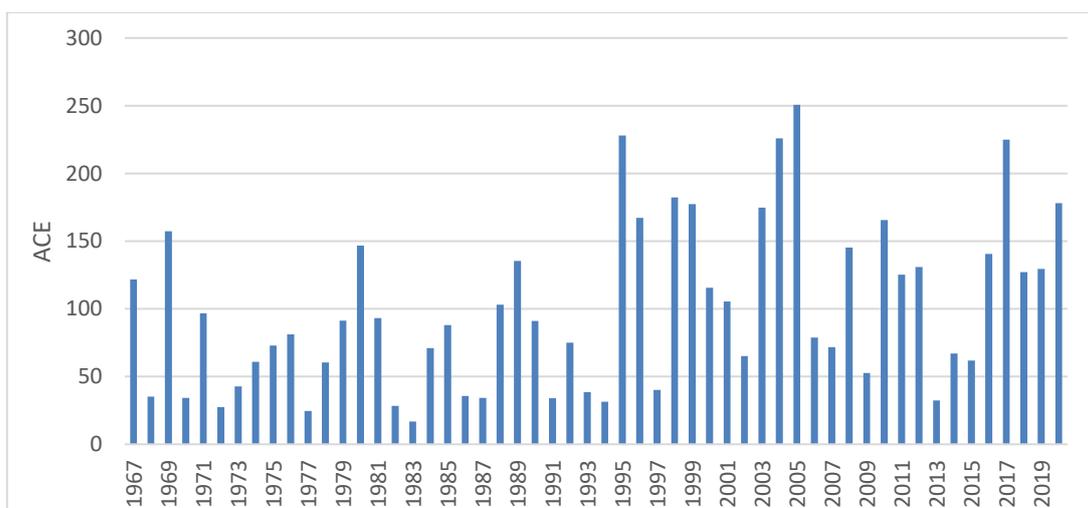
- Une même catégorie peut contenir des cyclones d'intensités très variables. Par exemple, celle des tempêtes tropicales comprend tous les systèmes dont les vents soutenus ont atteint une vitesse maximale comprise entre 63 et 120 km/h. L'imprécision des mesures plus anciennes ajoute à cette incertitude les erreurs de classement pour les cyclones proche des limites.
- Le classement s'effectue selon la vitesse maximale atteinte par les vents soutenus, calculée sur des intervalles de 10 minutes. Ainsi il n'y a pas de distinction entre les cyclones atteignant un certain niveau d'intensité pendant quelques heures avant de faiblir, et ceux qui s'y maintiennent pendant plusieurs jours

Pour contourner ces limitations, on décide de recourir à l'ACE (Accumulated Cyclone Energie). Cet indicateur est obtenu en mesurant la vitesse maximale des vents soutenus (en nœuds marins ou knots) pour chaque tranche de 6 heures de la vie du cyclone, puis en faisant la somme des carrés de ces valeurs. Le résultat est divisé par 10000 afin d'obtenir des valeurs faciles à manipuler.

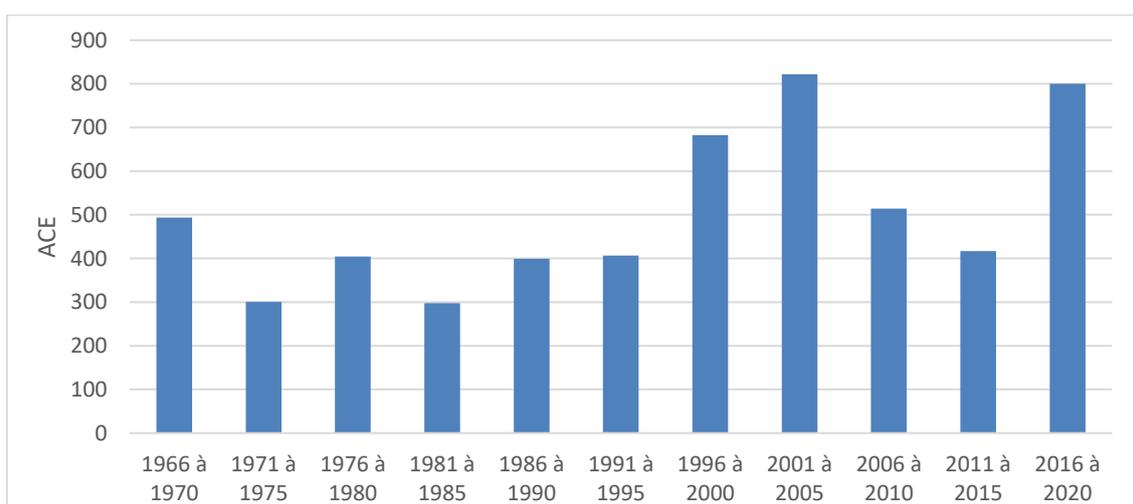
$$ACE = 10^{-4} \sum v_{\max}^2$$

Une unité d'ACE équivaut donc à $10^{-4}kn^2$.

On ignore les phases durant lesquelles le cyclone est encore au stade de dépression tropicale (< 34 nœuds). Ainsi un cyclone de 24 heures qui aurait eu des vitesses max de 30, 60, 90 puis 60 nœuds sur les quatre tranches de 6 heures, génèrerait une ACE de $\frac{60^2+90^2+60^2}{10000} = 1,53$.



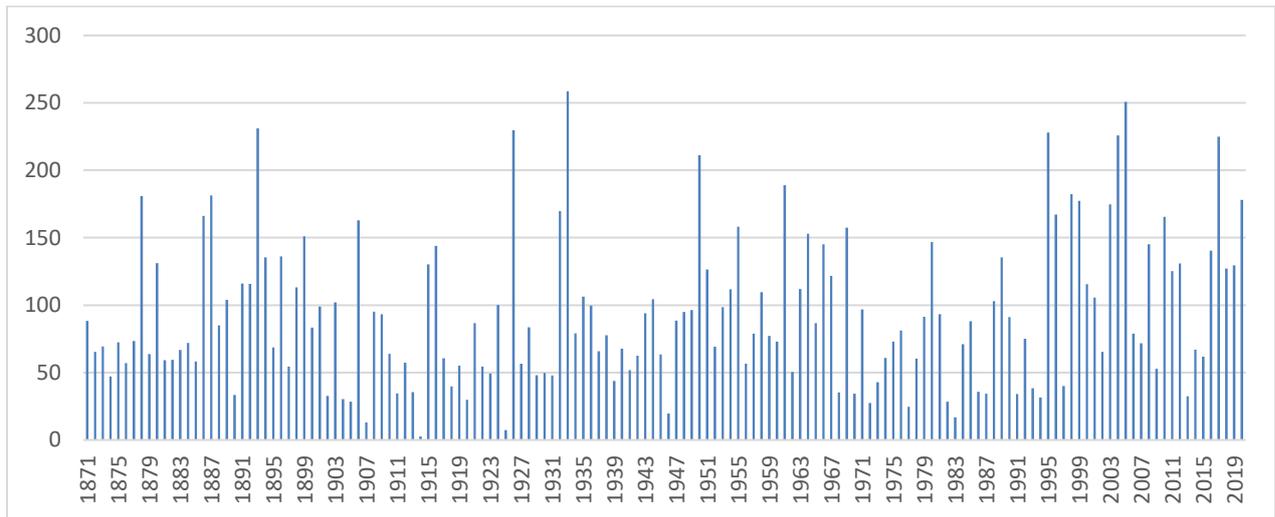
ACE des saisons cycloniques d'Atlantique Nord de 1967 à 2020 (par année)



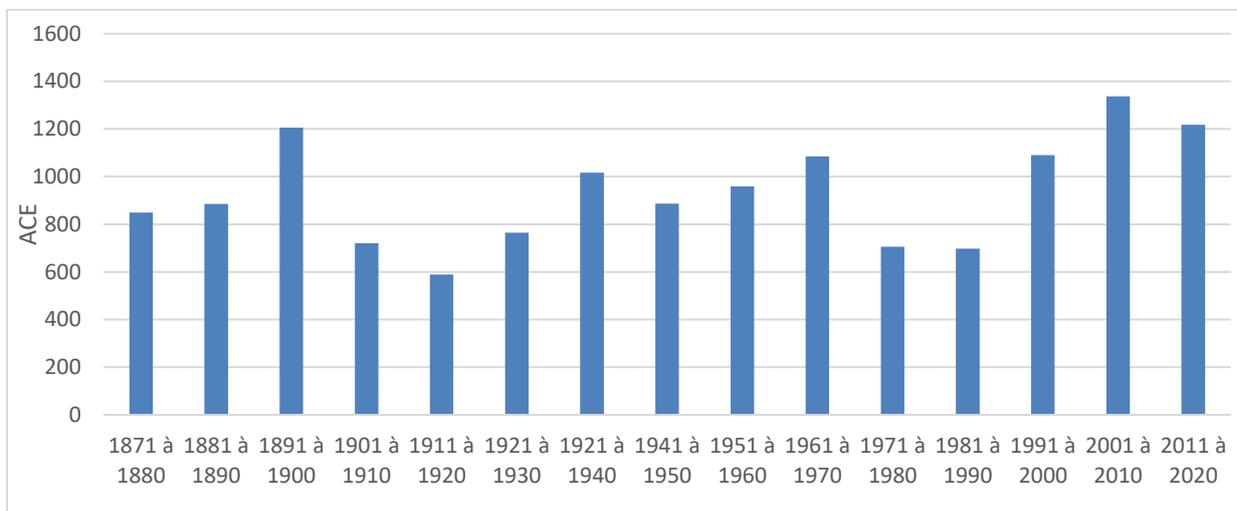
ACE des saisons cycloniques d'Atlantique Nord de 1966 à 2020 (par lustre)

A partir de 1995, on observe un accroissement de la hauteur et de la fréquence des pics d'intensité, bien qu'ils soient toujours entrecoupés d'années de calme relatif. La moyenne de l'ACE est de 68 entre 1967 et 1994 contre 133 entre 1995 et 2020.

Afin de replacer cette tendance à l'intensification dans un contexte plus étendu, nous calculons également l'ACE des saisons précédant l'avènement des satellites météorologiques. On n'inclut pas les données antérieures à 1870, qui sont presque exclusivement basées sur les journaux d'époque et ne contiennent ainsi qu'un seul point de mesure pour de nombreux cyclones. La formule ne prend pas en compte les dépressions et on choisit de plus d'ignorer les cyclones subtropicaux qui ne sont pas recensés avant 1968. L'indicateur étant continu, il est également moins affecté par l'imprécision des mesures.



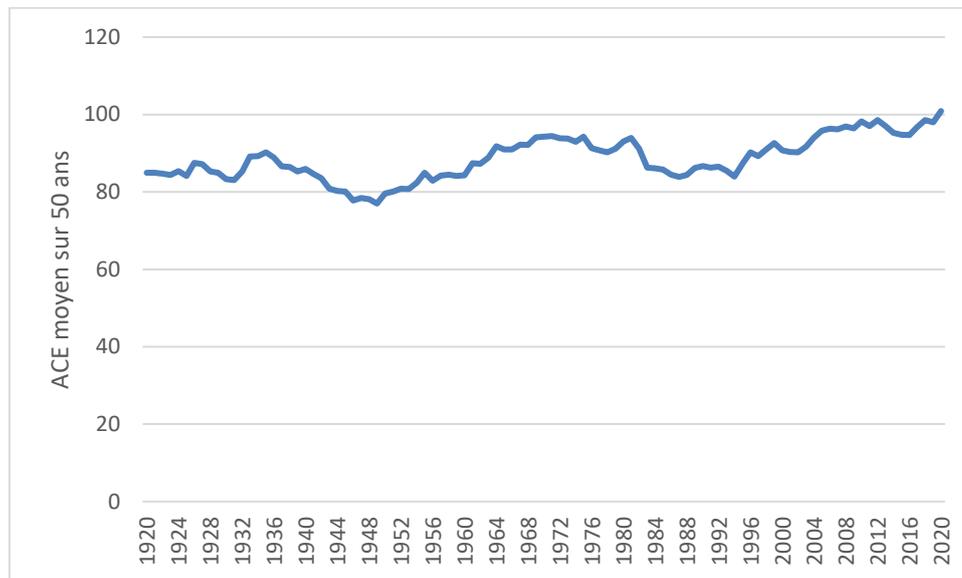
ACE des saisons cycloniques d'Atlantique Nord de 1871 à 2020 (par année)



ACE des saisons cycloniques d'Atlantique Nord de 1871 à 2020 (par décennie)

Le début de l'ère des satellites modernes coïncide avec deux décennies d'activité inférieure à la moyenne, ce qui explique l'importance du contraste avec la violence des saisons plus récentes. Ces pics d'intensité ne se démarquent pas par leur importance respective (on retrouve plusieurs saisons d'activité équivalente notamment en 1891, 1926 et 1933), mais par leur fréquence : parmi les 20 saisons les plus intenses recensées sur 150 ans, 9 ont eu lieu au cours des 30 dernières années.

Afin de représenter l'évolution de l'intensité sur le long terme, on calcule pour chaque année l'ACE moyen des 50 dernières saisons.



Moyenne glissante de l'ACE (calculée sur 50 ans)

On distingue une tendance légèrement croissante au-delà des oscillations décennales. L'ACE moyen de 100,9 sur la période de 1971 à 2020 est un record sur les 150 dernières années.

Il est cependant difficile d'évaluer le biais engendré par les cyclones non détectés et la tendance des mesures anciennes à sous-estimer la violence des cyclones. Nous ne pouvons donc établir avec certitude si la tendance observée reflète une réelle intensification des saisons cycloniques ou si elle est principalement due au perfectionnement des outils et méthodes de mesures (cf. Landsea)

Bibliographie

An incredibly busy hurricane season, Landsea

<https://noaanhc.wordpress.com/author/cswhotwo123/>

On Estimates of Historical North Atlantic Tropical Cyclone Activity, Vecchi et Knutson

https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/21/14/2008jcli2178.1.xml?tab_body=pdf

On the Classification of Extreme Atlantic Hurricanes Utilizing Mid-Twentieth-Century Monitoring Capabilities, Hagen et Landsea

<https://www.nhc.noaa.gov/pdf/hagen-landsea-jclimate-2012.pdf>