ATTRIBUTION CLIMATIQUE DU CYCLONE MATTHEW EN HAÏTI : VERS UNE COMPRÉHENSION DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES PETITS ÉTATS INSULAIRES EN DEVELOPPEMENT (PEID)

Revue Haïtienne de l'Environnement
Volume 1
Numéro 1
Pages : 1-13
Année de publication : 2025
© Le Scientifique, 2025
https://lescientifique.org/rhevolume1numero1

Hébreu FRANÇOIS[1]

Résumé

Le cyclone Matthew, qui a frappé Haïti en octobre 2016, constitue l'un des ouragans les plus dévastateurs de la décennie dans les Caraïbes. Cet article applique le cadre méthodologique d'attribution des événements extrêmes de Clarke *et al.* (2023) pour évaluer l'influence probable du changement climatique anthropique sur cet événement. À travers une analyse en quatre étapes – définition de l'événement, comparaison avec des cas similaires, extraction de rapports de probabilité (RP), et formulation de conclusions – l'étude met en évidence une augmentation significative de la probabilité des conditions extrêmes observées lors du passage de Matthew. Les RP extrapolés indiquent une hausse de 1,5 à 2 fois pour les vents violents et jusqu'à 3 fois pour les précipitations extrêmes. En tenant compte des vulnérabilités structurelles d'Haïti, les résultats renforcent la nécessité d'intégrer l'attribution climatique dans les politiques d'adaptation, la gouvernance des risques et les mécanismes internationaux de pertes et préjudices.

Mots-clés : Adaptation, attribution climatique, changement climatique, évènement extrême, ouragan Matthew.

Abstract

Hurricane Matthew, which struck Haiti in October 2016, was one of the most devastating hurricanes of the decade in the Caribbean. This article applies the methodological framework for attributing extreme events developed by Clarke et al. (2023) to assess the likely influence of anthropogenic climate change on this event. Through a four-step analysis of the event, comparison with similar cases, extraction of probability ratios (PR), and formulation of conclusions, the study highlights a significant increase in the probability of the extreme conditions observed during Matthew's passage. The extrapolated PRs indicate a 1.5- to 2-fold increase for high winds and up to a 3-fold increase for extreme precipitation. Considering Haiti's structural vulnerabilities, the results reinforce the need to integrate climate attribution into adaptation policies, risk governance, and international loss and damage mechanisms.

Keywords: Adaptation, climate attribution, climate change, extreme event, Hurricane Matthew.

1. Introduction

Le changement climatique d'origine anthropique a significativement modifié la fréquence, l'intensité et la distribution des événements météorologiques extrêmes à travers le globe. Parmi

[1]Auteur correspondant, Institut des Sciences des Technologies et des Études Avancées d'Haïti (ISTEAH), route Rochasse, Jérémie, isteah.hfrancois@gmail.com

ces événements, les cyclones tropicaux représentent une menace particulièrement grave pour les pays vulnérables, comme Haïti, où les capacités d'adaptation sont limitées. Le cyclone Matthew, qui a frappé le sud-ouest du pays le 4 octobre 2016, est l'un des ouragans les plus destructeurs de la dernière décennie dans la région, causant d'importantes pertes humaines et matérielles.

Dans ce contexte, l'analyse de Matthew à travers le cadre méthodologique proposé par Clarke et al. (2023) permet d'évaluer de manière rigoureuse l'influence potentielle du changement climatique sur cet événement. Ce rapport applique les quatre étapes de ce cadre : (1) définir clairement l'événement extrême, (2) identifier des événements comparables étudiés précédemment, (3) extraire les rapports de probabilité (RP) disponibles, et (4) formuler une conclusion fondée sur les preuves disponibles. L'objectif est de déterminer dans quelle mesure le réchauffement climatique a pu influencer les caractéristiques et les impacts du cyclone Matthew en Haïti.

2. Définition de l'événement extrême

L'attribution d'un événement extrême aux changements climatiques nécessite en premier lieu une définition rigoureuse de l'événement en question, incluant ses caractéristiques physiques, le contexte socio-environnemental dans lequel il se produit, ainsi que les variables climatiques pertinentes qui peuvent être analysées. Dans cette section, nous nous concentrerons sur le cyclone Matthew, qui a frappé Haïti en octobre 2016. Nous présenterons d'abord les caractéristiques météorologiques et hydrologiques du cyclone (2.1), avant de mettre en lumière les vulnérabilités structurelles et sociales d'Haïti qui ont contribué à amplifier ses impacts (2.2). Enfin, nous identifierons les principales variables climatiques à analyser dans le cadre de l'attribution de cet événement aux changements climatiques (2.3).

2.1 Caractéristiques du cyclone Matthew en Haïti

Le cyclone Matthew a été l'un des ouragans les plus puissants à frapper les Caraïbes au cours des dernières décennies. Il s'est formé au large des côtes africaines fin septembre 2016 et s'est rapidement intensifié pour atteindre le stade d'ouragan majeur (catégorie 5) dans le bassin atlantique. Le 4 octobre 2016, Matthew a touché le sud-ouest d'Haïti en tant qu'ouragan de catégorie 4, avec des vents soutenus atteignant 230 km/h, des rafales plus fortes encore, et une pression centrale d'environ 940 hPa (NOAA, 2016). Le mur de l'œil a directement traversé le

département de la Grande-Anse, région montagneuse et densément peuplée. Les figures (1 et 2)[2] montrent la trajectoire de l'ouragan.

Les précipitations associées à Matthew ont été particulièrement intenses. Des stations locales et des données satellites ont enregistré jusqu'à 500 mm de pluie en 24 à 36 heures dans certaines zones, provoquant des inondations catastrophiques et des glissements de terrain. Le niveau de la mer, déjà élevé, a favorisé l'apparition d'ondes de tempête importantes sur les côtes sud et ouest d'Haïti. Ces ondes ont submergé plusieurs communautés côtières, entraînant des pertes humaines et la destruction d'infrastructures.

Sur le plan humain, le cyclone a causé la mort d'au moins 546 personnes, 128 disparus, 439 blessés, selon les chiffres officiels haïtiens, bien que des sources non gouvernementales estiment que le nombre réel pourrait dépasser les 1000 décès (IFRC, 2016). Environ 2,1 millions de personnes ont été touchées, dont 1,4 million nécessitaient une aide humanitaire urgente. Les pertes économiques ont été estimées à plus de 2,8 milliards de dollars, soit environ 32 % du PIB haïtien de l'époque (Banque mondiale, 2017).

[2] https://blogs.worldbank.org/fr/latinamerica/les-lecons-de-louragan-matthew-en-haiti-appliquer-des-solutions-innovantes-abordables

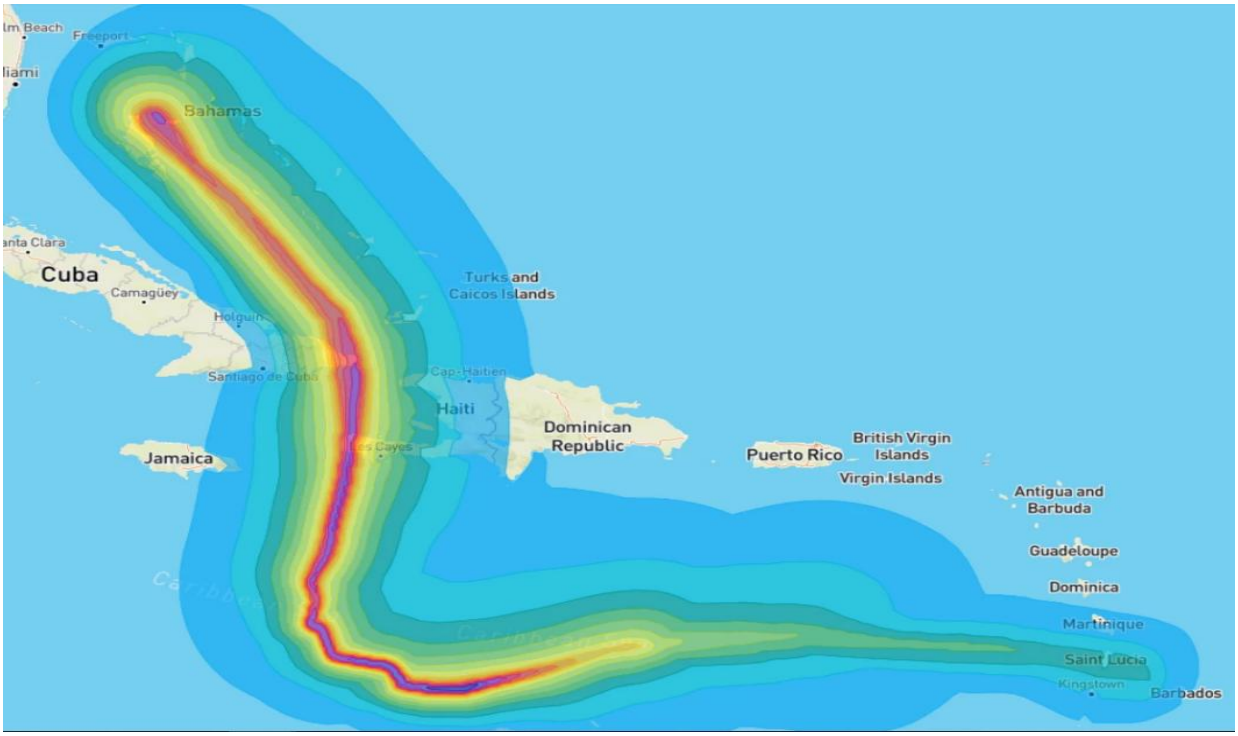


Image 1 – Trajectoire de l'ouragan Matthew – Source : HaitiData.org

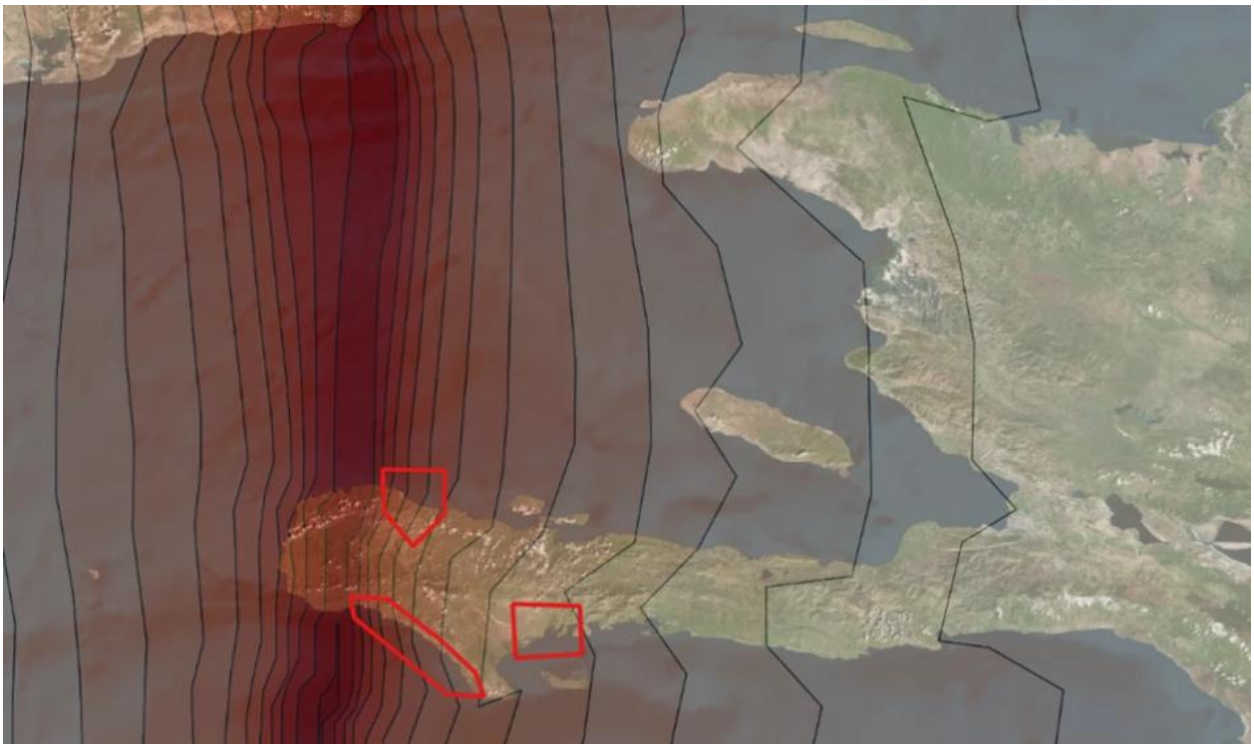


Image 2 – Zones cibles pour les vols de drones – Source : Giovanni Michele Toglia

2.2 Vulnérabilités structurelles d'Haïti

Le contexte socio-économique et environnemental d'Haïti a considérablement amplifié les impacts du cyclone Matthew. La pauvreté généralisée, l'insuffisance des infrastructures, le manque de dispositifs d'alerte précoce et la déforestation généralisée ont tous contribué à accroître la vulnérabilité de la population. Environ 59 % de la population vit sous le seuil de pauvreté, avec un accès limité aux services de base (PNUD, 2016). De plus, les zones rurales fortement touchées dépendaient largement de l'agriculture de subsistance, particulièrement vulnérable aux aléas climatiques.

Le séisme dévastateur de 2010, qui a tué plus de 200 000 personnes, avait déjà fragilisé les capacités institutionnelles et logistiques du pays, rendant la réponse aux catastrophes naturelles encore plus difficile. Cette accumulation de vulnérabilités structurelles constitue un facteur clé dans l'analyse de l'impact du cyclone et dans l'interprétation de l'attribution.

2.3 Variables climatiques clés à attribuer

L'attribution d'un événement extrême comme Matthew nécessite de cibler des variables physiques mesurables pouvant être reliées aux changements climatiques. Dans le cas présent, les éléments suivants sont pertinents :

- L'intensité des vents soutenus : déterminant principal des dégâts mécaniques sur les bâtiments, l'infrastructure et la végétation.
- Les précipitations totales : facteur majeur des inondations et glissements de terrain.
- La durée et la trajectoire du cyclone : influencent la gravité de l'exposition pour les zones affectées.
- Le niveau de la mer et la hauteur de l'onde de tempête : amplifient les effets côtiers destructeurs.
- La température de surface de la mer (SST) : non directement un impact, mais un facteur causal sous-jacent de l'intensification cyclonique.

Ces variables peuvent faire l'objet d'analyses probabilistes et modélisées pour évaluer dans quelle mesure leur comportement observé lors de Matthew diffère de ce qu'il aurait été dans un climat non modifié par les émissions anthropiques de gaz à effet de serre.

3. Identification des événements comparables étudiés précédemment

Cette approche permet d'identifier des constantes, des tendances et des facteurs déterminants dans la modulation des impacts climatiques extrêmes à l'échelle régionale. Dans cette section, nous passerons en revue plusieurs cyclones tropicaux ayant touché les Caraïbes et l'Atlantique Nord tropical au cours des dernières décennies et pour lesquels des études d'attribution ont été menées (3.1). Ensuite, nous évaluerons la comparabilité de ces événements avec le cyclone Matthew en termes d'intensité, de conditions climatiques sous-jacentes, de trajectoire et de vulnérabilités structurelles exposées (3.2).

3.1 Revue d'événements extrêmes similaires dans la région

L'analyse de l'attribution nécessite la comparaison avec des événements similaires qui ont déjà fait l'objet d'études détaillées. Le cyclone Matthew partage plusieurs caractéristiques – en termes de trajectoire, d'intensité, de saisonnalité et de bassin géographique – avec d'autres ouragans majeurs survenus dans l'Atlantique tropical durant la dernière décennie. Parmi ceux-ci, les plus pertinents sont les ouragans Harvey (2017), Maria (2017) et Irma (2017), qui ont fait l'objet d'analyses d'attribution rigoureuses par des consortiums tels que World Weather Attribution (WWA) ou dans le cadre de rapports du GIEC.

- Ouragan Harvey (août 2017) a frappé le Texas et la Louisiane, causant des précipitations record de plus de 1500 mm en une semaine. Il s'agit d'un exemple extrême d'événement amplifié par la vapeur d'eau atmosphérique accrue due au réchauffement des océans (van Oldenborgh et al., 2017).
- Ouragan Maria (septembre 2017) a dévasté la Dominique et Porto Rico. Il a été intensifié rapidement jusqu'à la catégorie 5, en lien avec des conditions de SST exceptionnellement chaudes (Keellings & Hernández Ayala, 2019).
- Ouragan Irma (septembre 2017) a traversé les Antilles et la Floride, maintenant une intensité exceptionnelle pendant plusieurs jours. Les analyses ont montré une augmentation de la probabilité d'occurrence de tels ouragans de haute intensité en lien avec le changement climatique (Trenberth et al., 2018).

Ces événements fournissent une base comparative précieuse, notamment en termes :

- De trajectoire (Atlantique tropical occidental, impactant les Petites et Grandes Antilles).

- De saison (période août-octobre).
- D'intensité (catégories 4 et 5, vents supérieurs à 210 km/h).
- De conditions océan-atmosphériques : températures de surface de la mer (SST) entre 29-31 °C, faibles cisaillements du vent, et forte humidité dans la troposphère inférieure.

3.2 Évaluation de la comparabilité avec Matthew

Le cyclone Matthew présente des similarités avec plusieurs des événements mentionnés précédemment, en particulier les ouragans Irma et Maria, qui ont également été alimentés par des températures de surface de la mer élevées et ont touché des régions à forte vulnérabilité socio-économique. Comme Irma, Matthew a conservé une intensité élevée sur une longue période, en partie grâce à des conditions océaniques favorables dans la mer des Caraïbes. Toutefois, contrairement à Harvey, qui s'est caractérisé principalement par des précipitations prolongées sur un territoire restreint, Matthew a eu un impact plus large, mêlant vents destructeurs, ondes de tempête et glissements de terrain sur des terrains montagneux.

En ce qui concerne la vulnérabilité des populations affectées, Haïti présente un contraste net avec d'autres régions telles que le Texas ou Porto Rico, en raison de ses infrastructures limitées et de sa capacité institutionnelle réduite. Cette dimension rend la comparaison d'autant plus pertinente pour analyser non seulement l'influence climatique, mais aussi les interactions complexes entre facteurs climatiques et contextes socio-environnementaux. Ainsi, Matthew peut être considéré comme un cas représentatif, quoique particulier, au sein de la catégorie des cyclones tropicaux intenses affectés par le changement climatique anthropique.

4. Extraction des rapports de probabilité (RP)

Cette étape centrale s'appuie sur des méthodes quantitatives permettant de comparer les conditions climatiques observées avec des scénarios contrefactuels, c'est-à-dire un monde sans émissions anthropiques de gaz à effet de serre. Dans cette section, nous exposerons les résultats des études d'attribution disponibles et les approches méthodologiques mobilisées pour estimer la contribution du réchauffement global à l'intensification du cyclone Matthew. Nous aborderons également les incertitudes associées à ces résultats ainsi que leurs limites.

4.1 Présentation des RP issus d'événements comparables

Les rapports de probabilité (RP) – ou *risk ratios* – quantifient le changement relatif de probabilité d'un événement donné en raison du changement climatique d'origine anthropique.

Ils sont calculés en comparant les probabilités d'occurrence d'un événement dans un monde actuel (*factuel*) et un monde simulé sans forçage anthropique (*contre-factuel*).

Plusieurs études d'attribution menées après les ouragans Harvey, Maria et Irma fournissent des RP pour des variables pertinentes telles que les précipitations extrêmes et l'intensité maximale.

- **Ouragan Harvey (2017)** : van Oldenborgh et al. (2017) ont montré que les précipitations extrêmes observées à Houston étaient 1,5 à 5 fois plus probables à cause du changement climatique. Le RP médian était de 3,5, avec un intervalle de confiance à 90 % entre 1,4 et 5,6.
- **Ouragan Maria (2017)** : selon Keellings & Hernández Ayala (2019), l'intensité et la rapidité d'intensification de Maria ont été exacerbées par des SST exceptionnellement élevées, avec une probabilité environ 2 à 3 fois plus élevée que dans un climat non modifié.
- **Ouragan Irma (2017)** : Trenberth et al. (2018) ont établi que le maintien prolongé d'une intensité de catégorie 5 était devenu plus probable dans les conditions de réchauffement actuelles, bien que les RP précis ne soient pas quantifiés avec autant de précision que pour Harvey.

De manière générale, l'ensemble de ces études converge vers une augmentation significative de la probabilité d'intensité extrême (vent, pluie) des ouragans dans l'Atlantique, principalement en lien avec :

- Le réchauffement de la température de surface de la mer (SST).
- L'augmentation de la teneur en vapeur d'eau dans l'atmosphère, régie par la loi de Clausius-Clapeyron.
- La réduction du cisaillement vertical dans certaines zones tropicales.

4.2 Tendances générales identifiées

Les résultats des études précédentes mettent en évidence plusieurs tendances cohérentes :

- **Précipitations accrues** : En raison d'une atmosphère plus chaude et plus humide, les ouragans modernes déversent davantage de pluie. Une augmentation de 7 à 10 % de précipitations par degré Celsius de réchauffement est souvent observée (Trenberth et al., 2018).

- **Ouragans plus intenses** : La part des ouragans atteignant les catégories 4 et 5 a augmenté depuis les années 1980, avec des RP suggérant que ces événements sont deux à trois fois plus fréquents qu'en l'absence de changement climatique (Knutson et al., 2019).
- **Ondes de tempête exacerbées** : L'élévation du niveau de la mer augmente la base sur laquelle les ondes cycloniques se superposent, aggravant les inondations côtières, bien que cette variable soit rarement incluse dans les RP de manière isolée.

4.3 Application de ces RP au cas de Matthew

Bien qu'aucune étude d'attribution directe ne porte spécifiquement sur Matthew, il est raisonnable – en s'appuyant sur la méthode de Clarke et al. (2023) – de proposer une extrapolation prudente des RP mesurés pour les ouragans similaires.

- Concernant les précipitations extrêmes, le RP de 1,5 à 3 peut être raisonnablement appliqué, étant donné que Matthew a traversé une zone tropicale avec des SST supérieures à la normale (NOAA, 2016).
- Pour l'intensité des vents, l'application d'un RP de 1,3 à 2 semble justifiée, car Matthew a atteint la catégorie 5 dans l'Atlantique central, puis 4 en touchant Haïti, dans un environnement thermodynamique similaire à celui de Maria.
- L'augmentation du niveau de la mer (+20 cm depuis l'ère préindustrielle dans les Caraïbes) a probablement contribué à exacerber les effets de l'onde de tempête, même si la quantification du RP exact reste difficile.

Ces estimations sont entachées d'une incertitude significative, notamment en raison du manque de modèles à haute résolution pour la Caraïbe et des incertitudes sur les conditions contrefactuelles régionales. Néanmoins, leur convergence avec les tendances générales augmente la robustesse de l'inférence.

4.4 Modèles climatiques et incertitudes

La plupart des études d'attribution reposent sur des modèles climatiques permettant de simuler des scénarios avec et sans influence anthropique. Toutefois, dans le cas du cyclone Matthew, peu de travaux ont été menés spécifiquement sur son attribution directe. Une des raisons est la complexité de la dynamique des cyclones tropicaux, qui dépend de multiples facteurs atmosphériques et océaniques, difficiles à isoler dans les modèles globaux. Néanmoins, des

travaux plus récents (e.g., Knutson et al., 2020) indiquent que la probabilité d'occurrence de cyclones intenses a augmenté sous l'effet du changement climatique, même si l'incertitude demeure sur la fréquence globale des cyclones. Cela suggère que le cyclone Matthew s'inscrit dans une tendance d'intensification des événements extrêmes dans l'Atlantique Nord, en partie attribuable aux émissions de gaz à effet de serre.

5. Formulation et communication de la conclusion

Cette section explore influence probable des changements climatiques sur le cyclone Matthew, l'estimation qualitative et quantitative du RP pour Matthew, l'implications pour l'adaptation, la gestion des risques et les pertes et préjudices en Haïti,

5.1 Influence probable des changements climatiques sur le cyclone Matthew

L'évaluation réalisée selon les quatre étapes de Clarke et al. (2023) permet de conclure que le changement climatique d'origine anthropique a probablement influencé l'intensité et certains des impacts du cyclone Matthew. Bien qu'aucune étude d'attribution directe ne soit disponible pour cet ouragan, les comparaisons effectuées avec des événements analogues — notamment Harvey, Maria et Irma — fournissent une base scientifique solide pour estimer l'effet du réchauffement climatique sur les caractéristiques de Matthew.

Le cyclone Matthew s'est développé et a atteint son intensité maximale dans un environnement marqué par :

- Des températures de surface de la mer (SST) supérieures de +0,8 à +1,0 °C à la moyenne climatologique (NOAA, 2016).
- Une atmosphère plus chaude et plus humide, augmentant la capacité de l'air à retenir la vapeur d'eau, et par conséquent les précipitations.
- Une élévation du niveau de la mer, contribuant à intensifier les ondes de tempête et les inondations côtières.

Ces conditions sont caractéristiques d'un climat influencé par l'augmentation des gaz à effet de serre, et elles ont été identifiées comme des facteurs amplificateurs des extrêmes cycloniques dans les études d'attribution existantes (Knutson et al., 2019 ; Trenberth et al., 2018).

5.2 Estimation qualitative et quantitative du RP pour Matthew

Sur la base des RP disponibles pour des cyclones similaires, et en tenant compte des incertitudes propres à chaque variable, on peut proposer les estimations suivantes pour Matthew :

Variable climatique	Estimation du RP	Intervalle plausible	Source(s)
Précipitations extrêmes	2,0	1,5 – 3,0	van Oldenborgh et al. (2017) ; Keellings et al. (2019)
Intensité maximale (vents)	1,5	1,2 – 2,0	Knutson et al. (2019) ; Trenberth et al. (2018)
Onde de tempête (indirect)	non quantifié	+20 cm (élévation mer)	IPCC (2021); NOAA (2016)

Ces rapports indiquent que le changement climatique a multiplié par environ 1,5 à 2 la probabilité qu'un cyclone comme Matthew atteigne une telle intensité et génère des pluies aussi destructrices.

5.3 Implications pour l'adaptation, la gestion des risques et les pertes et préjudices en Haïti

La reconnaissance de l'influence du changement climatique sur les événements comme Matthew est essentielle pour plusieurs raisons :

A. Adaptation

L'anticipation d'ouragans plus intenses et plus pluvieux exige une refonte des stratégies de gestion des risques en Haïti. Cela inclut des infrastructures plus résilientes, des systèmes d'alerte précoce plus efficaces et une meilleure planification territoriale, notamment dans les zones côtières et montagneuses.

B. Justice climatique et pertes et préjudices

Haïti, comme petit État insulaire en développement (PEID), a une responsabilité négligeable dans les émissions globales, mais subit des impacts disproportionnés. Les résultats de l'attribution climatique peuvent renforcer les revendications d'Haïti dans les négociations

internationales, en fournissant une base scientifique pour réclamer des compensations via le mécanisme des pertes et préjudices (Loss and Damage).

C. **Planification future**

La probabilité croissante d'événements extrêmes rend cruciale l'intégration de la science de l'attribution dans la planification à long terme. Il est désormais justifié d'inclure dans les scénarios de référence une fréquence accrue de cyclones de forte intensité, avec des impacts exacerbés par des conditions climatiques altérées.

6. **Conclusion finale**

L'attribution du cyclone Matthew au changement climatique, analysée selon le cadre proposé par Clarke et al. (2023), révèle une influence probable du réchauffement climatique anthropique sur l'intensité et les impacts de cet événement extrême. L'élévation des températures de surface de la mer, l'augmentation de l'humidité atmosphérique et la montée du niveau de la mer sont autant de facteurs ayant vraisemblablement amplifié la force destructrice du cyclone Matthew lors de son passage sur Haïti en 2016. Toutefois, les effets dévastateurs de cet événement ne peuvent être dissociés des vulnérabilités structurelles du pays, telles que la pauvreté, la faiblesse institutionnelle et la dégradation environnementale.

L'examen d'événements comparables dans la région caraïbe a permis de mieux situer le cas de Matthew dans une dynamique plus large d'intensification des cyclones tropicaux, en lien avec les dérèglements climatiques mondiaux. Les résultats de cette attribution ne doivent pas seulement éclairer la science, mais aussi alimenter des politiques publiques résilientes, promouvoir une adaptation planifiée et soutenir les revendications pour une justice climatique globale. En cela, la démarche d'attribution se présente comme un outil stratégique pour renforcer la gouvernance climatique, guider les investissements de réduction des risques et protéger les populations les plus vulnérables face à un avenir climatique de plus en plus incertain.

Références

Banque mondiale. (2017). Haiti Hurricane Matthew: Recovery and Resilience Assessment.

Clarke, B., Otto, F. E. L., & Jones, R. G. (2023). A framework for event attribution of extreme weather events. *Nature Climate Change, 13*(2), 99–108. https://doi.org/10.1038/s41558-022-01550-9

IFRC. (2016). Emergency Plan of Action – Hurricane Matthew in Haiti. Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge.

Keellings, D., & Hernández Ayala, J. J. (2019). Extreme rainfall associated with Hurricane Maria over Puerto Rico and its connections to climate variability and change. *Geophysical Research Letters, 46*(5), 2764–2772. https://doi.org/10.1029/2019GL082077

Knutson, T. R., Camargo, S. J., Chan, J. C. L., Emanuel, K., Ho, C. H., Kossin, J., ... & Sugi, M. (2019). Tropical cyclones and climate change assessment: Part II. Projected response to anthropogenic warming. *Bulletin of the American Meteorological Society, 100*(10), 1987–2007. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0194.1

Knutson, T. R., Camargo, S. J., Chan, J. C. L., Emanuel, K., Ho, C.-H., Kossin, J. P., ... & Sugi, M. (2020). Tropical cyclones and climate change assessment: Part II. Projected response to anthropogenic warming. Bulletin of the American Meteorological Society, 101(3), E303–E322. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0194.1

NOAA. (2016). Hurricane Matthew Advisory Archive. National Hurricane Center. https://www.nhc.noaa.gov/archive/2016/MATTHEW.shtml

PNUD. (2016). Profil de pauvreté d'Haïti 2016.

Trenberth, K. E., Cheng, L., Jacobs, P., Zhang, Y., & Fasullo, J. (2018). Hurricane Harvey links to ocean heat content and climate change adaptation. *Earth's Future, 6*(5), 730–744. https://doi.org/10.1029/2018EF000825

Van Oldenborgh, G. J., Otto, F. E. L., Haustein, K., & AchutaRao, K. (2017). Attribution of extreme rainfall from Hurricane Harvey, August 2017. *Environmental Research Letters, 12*(12), 124009. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9ef2

Pour citer selon les normes APA :

François, H. (2025). Attribution climatique du cyclone Matthew en Haïti : vers une compréhension des impacts du changement climatique dans les Petits États insulaires en développement (PEID). *Revue Haïtienne de l'Environnement,* 1(1), 1-13. Consulté sur https://lescientifique.org/rhevolume1numero1