

Correction des biais dans les scénarii climatiques (CMIP6) du GIEC sur Haïti



God-Frey JACINTHE

Sous la direction de :

Dr Yèkambèssoun N'TCHA M'PO, Carlo DETOUCHES².

Laboratoire de recherche:

Université D'ABOMEY-CALAVI, INE, LHA.

²Urgéo, Faculté des Sciences, Université d'Etat d'Haïti.

Décembre 2024

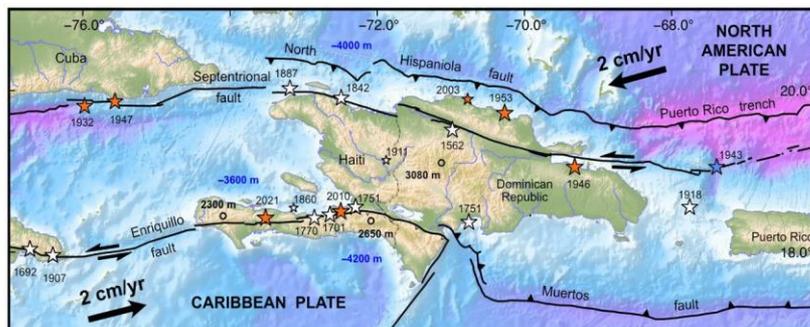
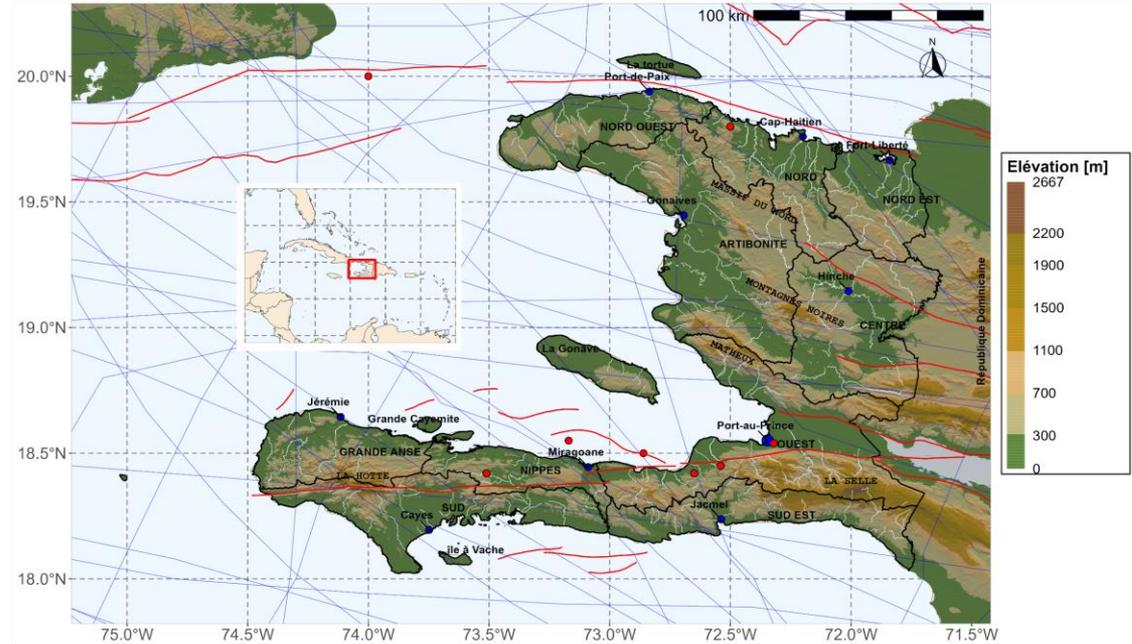


Contexte, problématiques et objectifs du mémoire



Contexte d'Haïti

- Haïti : pays des Grandes Antilles, ouest de l'île d'Hispaniola ($27\,750\text{ km}^2$)
- Haïti : se situe sur la trajectoire des cyclones tropicaux et à la frontière de deux plaques de l'écorce terrestre



Bathelemy 2023

Calais et al., 2022b

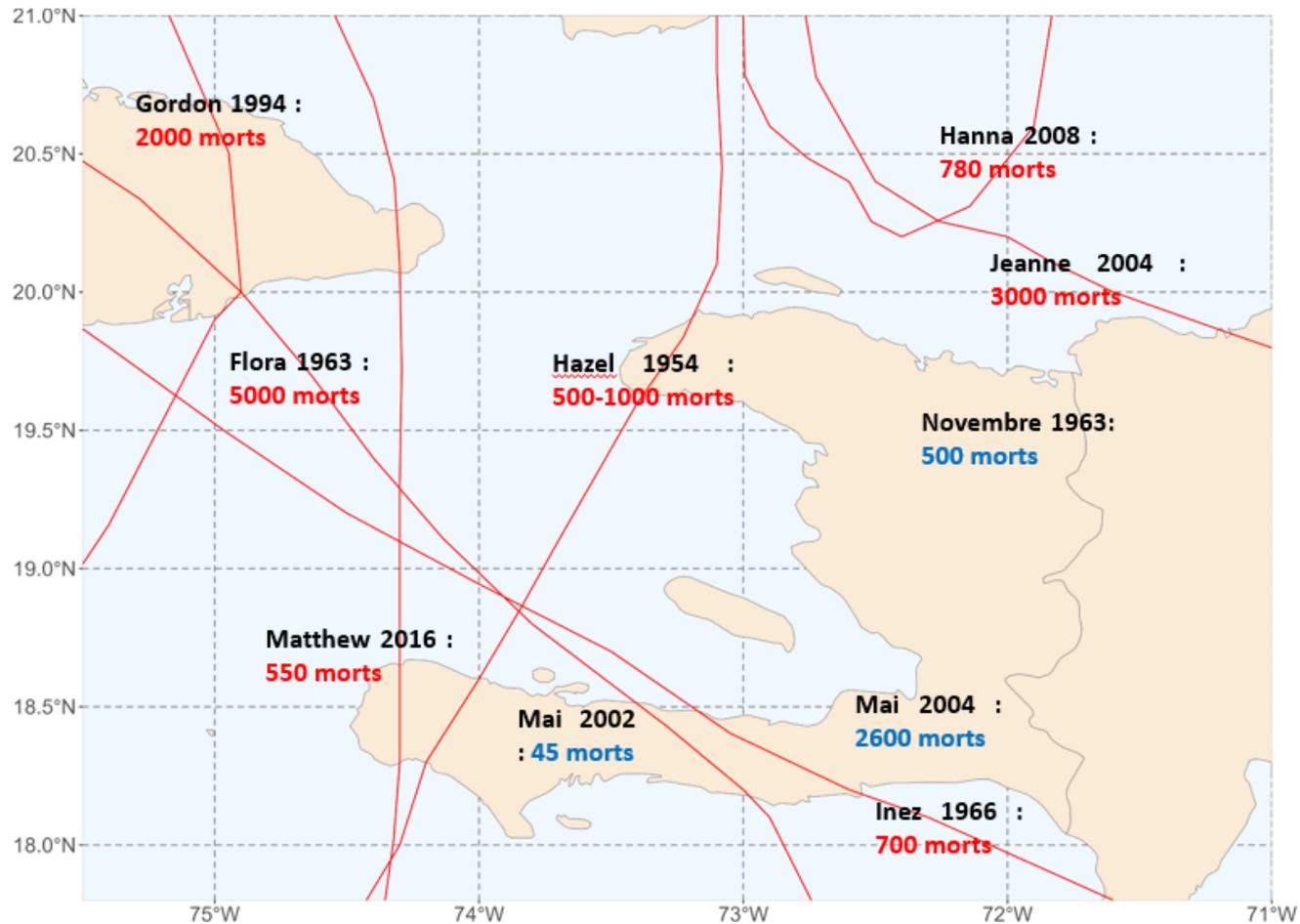
Haïti : pays très exposé et vulnérable aux aléas hydrométéorologiques (Terrier et al., 2017)

Tableau 1: L'Indice des risques climatiques (IRC) à long terme: les dix pays les plus touchés entre 1996 et 2015.

| IRC 1996–2015 (1995–2014) | Pays | Valeur IRC | Nombre de décès | Décès par 100 000 habitants | Dommages en dollars US (parité économique ⁴) | Dommages par entité de PIB ⁵ en % | Nombre d'événements (1996–2015 au total) |
|---------------------------|-------------|------------|-----------------|-----------------------------|--|--|--|
| 1 (1) | Honduras | 11,33 | 301,90 | 4,36 | 568,04 | 2,100 | 61 |
| 2 (2) | Myanmar | 14,17 | 7 145,85 | 14,71 | 1 300,74 | 0,737 | 41 |
| 3 (3) | Haïti | 18,17 | 253,25 | 2,71 | 221,92 | 1,486 | 63 |
| 4 (4) | Nicaragua | 19,17 | 162,90 | 2,94 | 234,79 | 1,197 | 44 |
| 5 (4) | Philippines | 21,33 | 861,55 | 1,00 | 2 761,53 | 0,628 | 283 |
| 6 (6) | Bangladesh | 25,00 | 679,05 | 0,48 | 2 283,38 | 0,732 | 185 |
| 7 (8) | Pakistan | 30,50 | 504,75 | 0,32 | 3 823,17 | 0,647 | 133 |
| 8 (7) | Vietnam | 31,33 | 339,75 | 0,41 | 2 119,37 | 0,621 | 206 |
| 9 (10) | Guatemala | 33,83 | 97,25 | 0,75 | 401,54 | 0,467 | 75 |
| 10 (9) | Thaïlande | 34,83 | 140,00 | 0,22 | 7 574,62 | 1,004 | 136 |

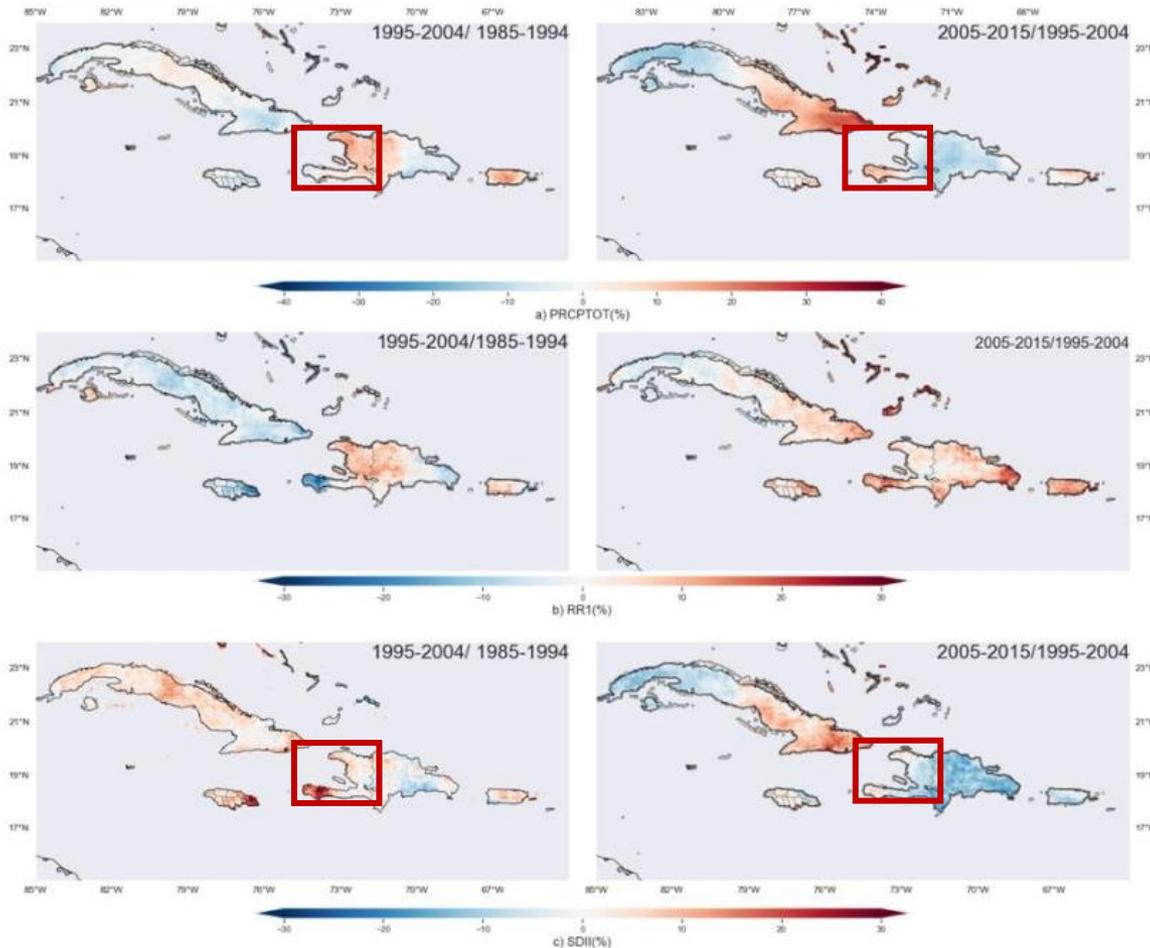
Haïti : pays très exposé et vulnérable aux aléas hydrométéorologiques (Terrier et al., 2017)

- 18 cyclones majeurs de 1935 à 2016 (cumul P > à 250 mm)



Connaissances sur les précipitations extrêmes d'Haïti

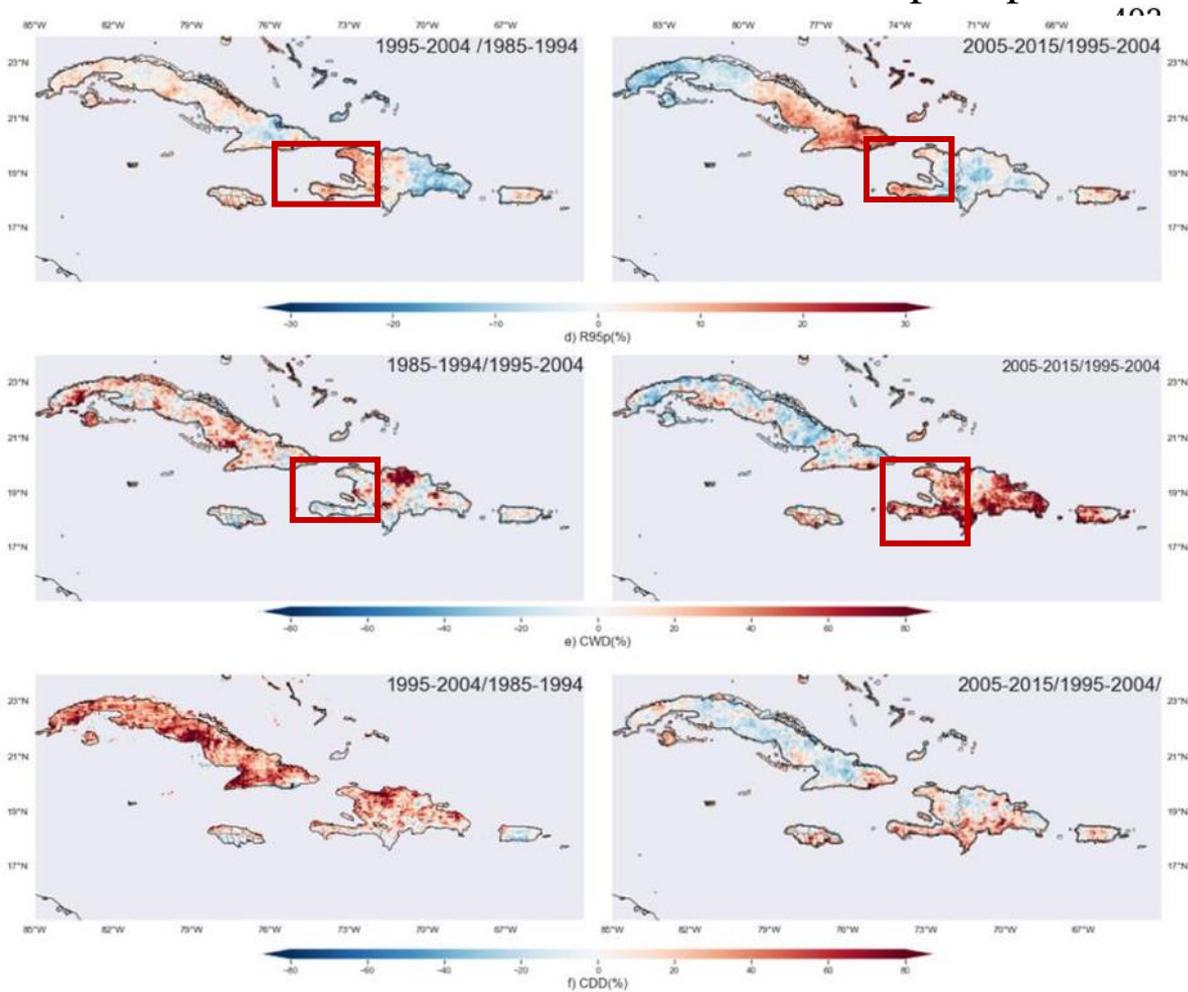
Etat des lieux des connaissances sur les précipitations extrêmes d'Haïti



- Diminution des précipitations totales annuelles (PRCPTOT)
- Diminution de l'intensité moyenne des précipitations (SDII)

Connaissances sur les précipitations extrêmes d'Haïti

Etat des lieux des connaissances sur les précipitations extrêmes d'Haïti



- Diminution des fortes précipitations (R95p) dans les régions du centre et de l'ouest d'Haïti (fig.3^d)
- Augmentation des séquences humides (CWD) sur Haïti (fig.3^e)

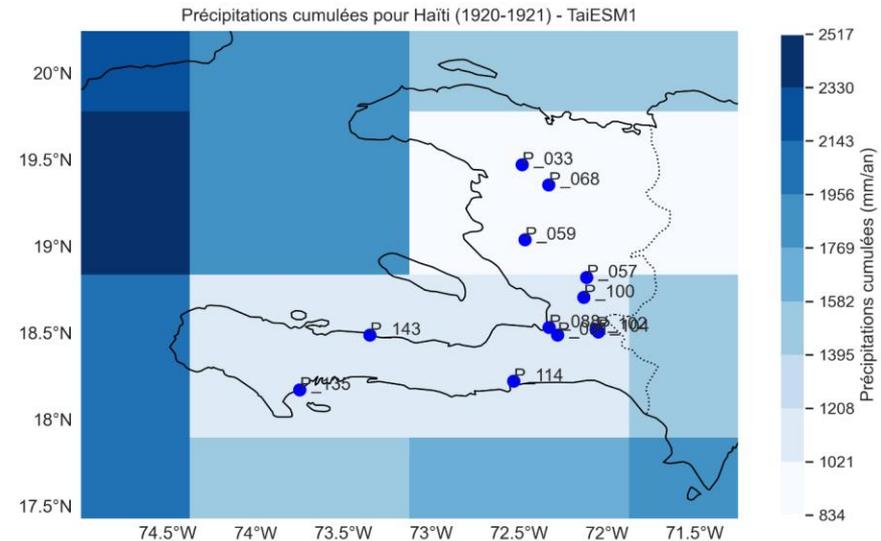
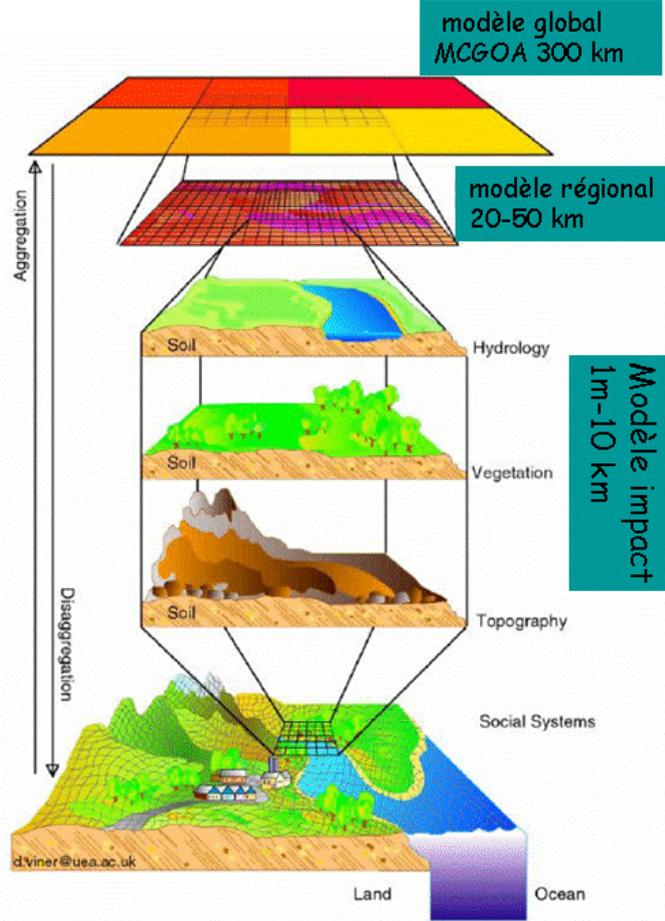
Connaissances sur les précipitations extrêmes d'Haïti

Etat des lieux des connaissances sur les précipitations extrêmes d'Haïti

- Une tendance à la baisse des précipitations annuelles est observée au cours de l'année 2020, avec une diminution moyenne de 3 à 4 %
- L'année 2030 pourrait être 6 % plus sèche, celle de 2050, 17 % plus sèche, et le pays dans son ensemble pourrait connaître une réduction de 20 % des précipitations d'ici la fin du siècle, selon le scénario RCP8.5 (Taylor et al., [2015](#))
- La durée des épisodes secs (CDD) augmente de manière très significative sur l'ensemble de l'île d'Hispaniola pour la période 2006-2100
- Le nombre de jours de pluie (R1mm) et la quantité totale de précipitations annuelles (PRCPTOT) diminuent de façon significative sur toute l'île (Pierre, [2019](#))

Les modèles climatiques sont des outils disponibles pour étudier de l'évolution de ces évènements (Andrews et al., 2012)

- les données hydro-climatiques sont inexistantes ou difficilement accessibles
- Aucune étude dédiée aux corrections des biais dans CMIP6



- TaiESM1 ($1,2^\circ \times 0,9^\circ$, Lee et al. (2020))
- Trois mailles seulement couvrent Haïti
- Des biais sont présents dans les modèles

Objectifs du mémoire

- Evaluer la performance des modèles climatiques globaux sur Haïti au cours de la période historique 1920-1940
- Evaluer la performance des méthodes de correction des biais, afin de trouver la meilleure méthode permettant de corriger les biais dans les scénarii climatiques (CMIP6) du GIEC à l'horizon de 2100 sur Haïti
- Analyse de l'évolution spatio-temporelle de pluie dans les scénarii climatiques corrigés

Données utilisées

A - Pluies observées In situ

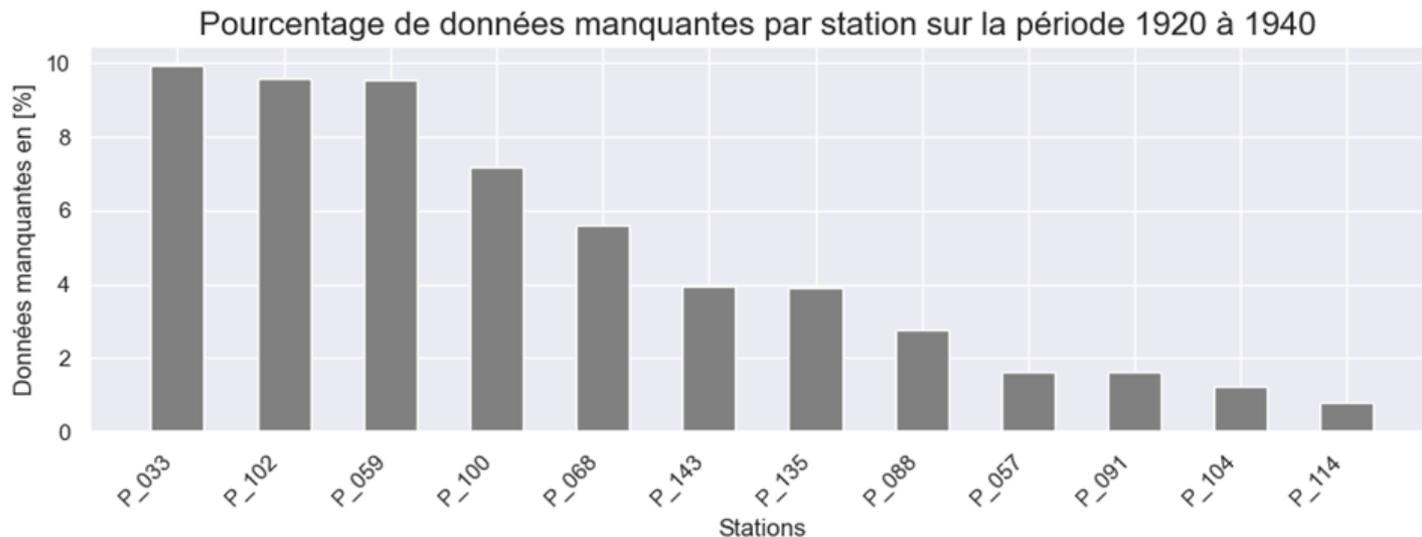
B - Données des modèles Climatiques Globaux du GIEC (CMIP6)

Données utilisées

A - Pluies observées In situ

Calcul les pourcentage de données manquantes pour chaque stations en utilisant l'équation (1):

$$\text{Pourcentage de données manquantes} = \frac{\text{Nombres de valeurs manquantes Totale}}{\text{des lignes}} * 100 \text{ (1).}$$



Pourcentage des données manquantes sur la période 1920-1940.

Données utilisées

B - Données des modèles Climatiques Globaux du GIEC (CMIP6).

- L'approche du plus proche voisin (KN) a été utilisée pour extraire les données de chaque station dans les modèles
- Neuf (9) modèles Climatiques Globaux du GIEC (CMIP6) ont été utilisés(historiques)
- Disponibles au pas de temps journalier et sur la période 1850-2014(SSP5-8.5)

| Nom du modèle CMIP6 | Résolution horizontale en degré | Références clés |
|---------------------|---------------------------------|--|
| AWI-ESM-1-1-LR | 1,85° × 1,85° | Shi et al 2020, Lohmann et al 2020 |
| BCC-ESM1 | 2,8° × 2,8° | Tongwen wu et al 2020 |
| CESM2-WACCM | 1,3° × 0,9° | coll. (2019) Lin et al. (2020) Voltaire et al. (2019) |
| CESM2 | 1,3° × 0,9° | coll. (2019) Lin et al. (2020) Voltaire et al. (2019) |
| CMCC-CM2-SR5 | 1,25° × 0,9° | Liu et all (2009) |
| CNRM-ESM2-1 | 1,4° × 1,4° | Wyser et coll. (2020) Lui et al. (2019) Pu et coll. (2020) |
| FGOALS-f3-L | 1,3° × 1° | coll. (2019) Volodine et al. (2018) |
| NorESM2-MM | 0,9° × 1,3° | coll. (2020b) Sellar et coll (2019) |
| TaiESM1 | 1,2° × 0,9° | Lee et al . (2020) |

Description des modèles climatiques historiques utilisés

Données utilisées

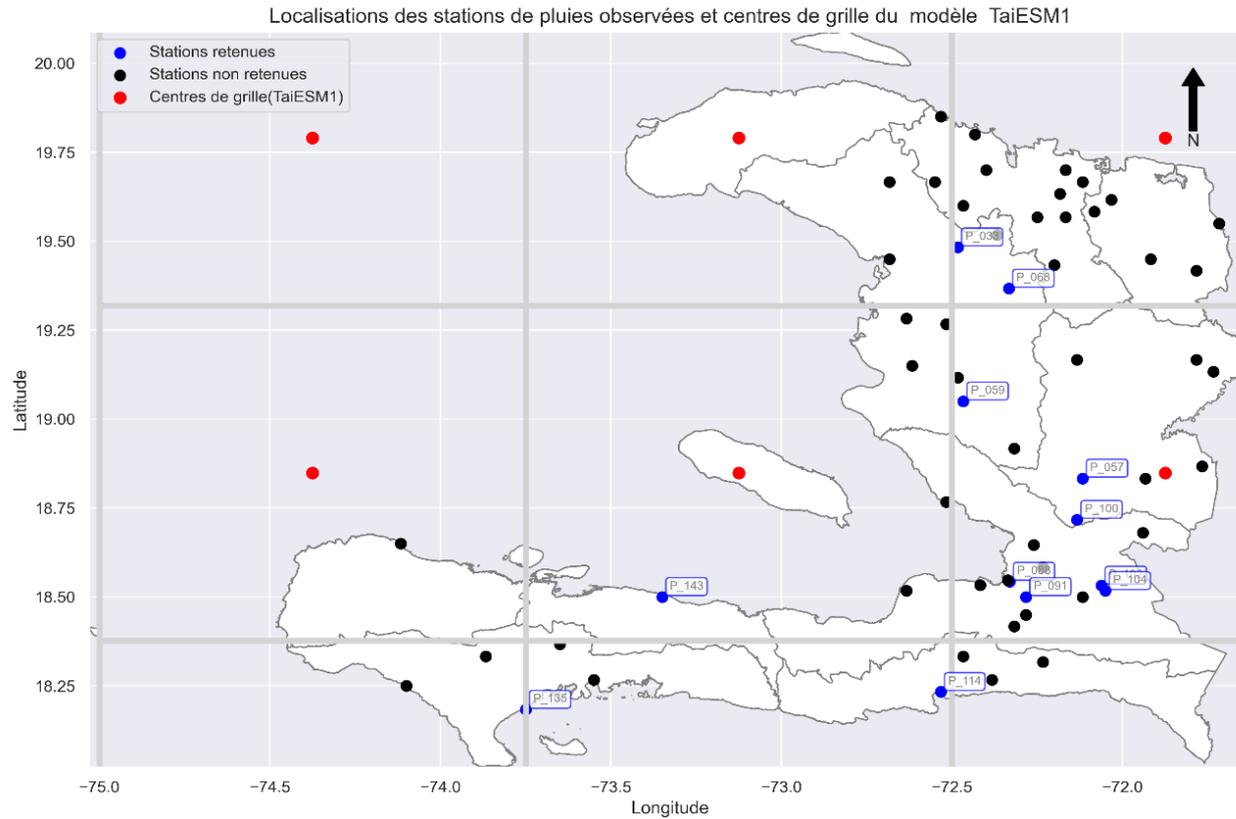
B - Données des modèles Climatiques Globaux du GIEC (CMIP6).

- Six (6) modèles Climatiques Globaux du GIEC (CMIP6) ont été utilisés pour une analyse spatio-temporelle de trois indices de précipitations.
- Disponibles au pas de temps journalière et couvrent la période 2025-2100 (SSP5-8.5)

| Nom du modèle CMIP6 | Résolution horizontale en degré | Références clés |
|---------------------|---------------------------------|---|
| CESM2 | 1,3° × 0,9° | Coll. (2019) Lin et al. (2020) Voldoire et al. (2019) |
| CESM2-WACCM | 1,3° × 0,9° | Coll. (2019) Lin et al. (2020) Voldoire et al. (2019) |
| CMCC-CM2-SR5 | 1,25° × 0,9° | Liu et all (2009) |
| CNRM-ESM2-1 | 1,4° × 1,4° | Wyser et coll. (2020) Lui et al. (2019) Pu et coll. (2020) |
| NorESM2-MM | 0,9° × 1,3° | coll. (2020b) Sellar et coll (2019) |
| TaiESM1 | 1,2° × 0,9° | Lee et al., (2020) |

Description des modèles climatiques utilisés au cours de la période 2025-2100

Superposition des données



Localisation des postes d'observation

Méthodologie

- **Evaluer la performance des modèles climatiques globaux sur Haïti au cours de la période historique 1920-1940**



Méthodologie

▪ Evaluer la performance des modèles climatiques globaux sur Haïti au cours de la période historique 1920-1940

- Evaluation de la climatologie mensuelle des précipitations a été réalisée sur la période 1920-1940

- L'erreur absolue moyenne (MEA)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i^{sim} - Y_i^{obs}|$$

- L'erreur quadratique moyenne (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i^{sim} - Y_i^{obs})^2}$$

- Le pourcentage de biais (PBIAS)

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{sim} - Y_i^{obs}) * 100}{Y_i^{obs}} \right]$$

- Le biais moyen

$$BIAIS_Moy = \bar{Y}_i^{sim} - \bar{Y}_i^{obs}$$

Méthodologie

- Evaluer la performance des méthodes de correction des biais, afin de trouver la meilleure méthode permettant de corriger les biais dans les scénarii climatiques (CMIP6) du GIEC à l'horizon de 2100 sur Haïti

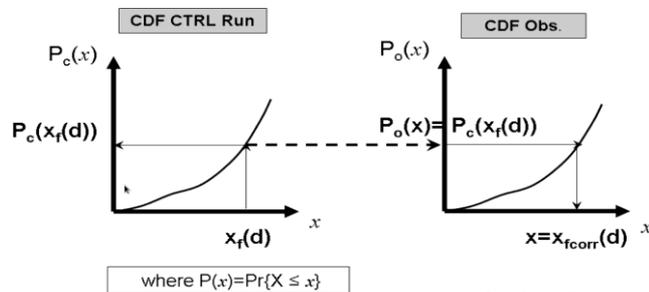


L'île de la Gonâve, Destination Haïti

- Evaluer la performance des méthodes de correction des biais, afin de trouver la meilleure méthode permettant de corriger les biais dans les scénarii climatiques (CMIP6) du GIEC à l'horizon 2100 sur Haïti

❖ Méthode Quantile Mapping(EQM)

$$\hat{x}_{m,p}(t) = F_{o,h}^{-1}\{F_{m,h}[x_{m,p}(t)]\}$$



Boé et al. (2007)

❖ Méthode Linear Scaling (LS)

$$X_{sim,h}^{*LS} = X_{sim,h}(i) \cdot \left[\frac{\mu_m(X_{obs,h}(i))}{\mu_m(X_{sim,h}(i))} \right]$$

Lenderink et al.(2007)

- Période de controle (1920-1935)
- Période de validation (1935-1940)

- Le pourcentage de biais (PBIAS)

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{sim} - Y_i^{obs}) * 100}{Y_i^{obs}} \right]$$

- Le biais moyen

$$BIAIS_Moy = \bar{Y}_i^{sim} - \bar{Y}_i^{obs}$$

- La moyenne (μ)

- Le 90^{ème} percentile (P90)

- La probabilité d'un jour humide (Pwet)

- L'écart-type (σ)

Méthodologie

- Analyse de l'évolution spatio-temporelle de pluie dans les scénarii climatiques corrigés



Analyse de l'évolution spatio-temporelle de pluie dans les scénarii climatiques corrigés.

- Calcul les indices de précipitations (Peterson et al., 2001)

| Index | Description | Unit |
|---------|-------------------------------|---------|
| SDII | Intensité de pluie | mm/days |
| R1mm | Nombre de jours de pluie | days |
| PRCPTOT | Précipitation totale annuelle | mm |

- Estimation des tendances des indices de précipitation

Utilisation du modèle linéaire

$$y_i = a + bx_i + e_i$$

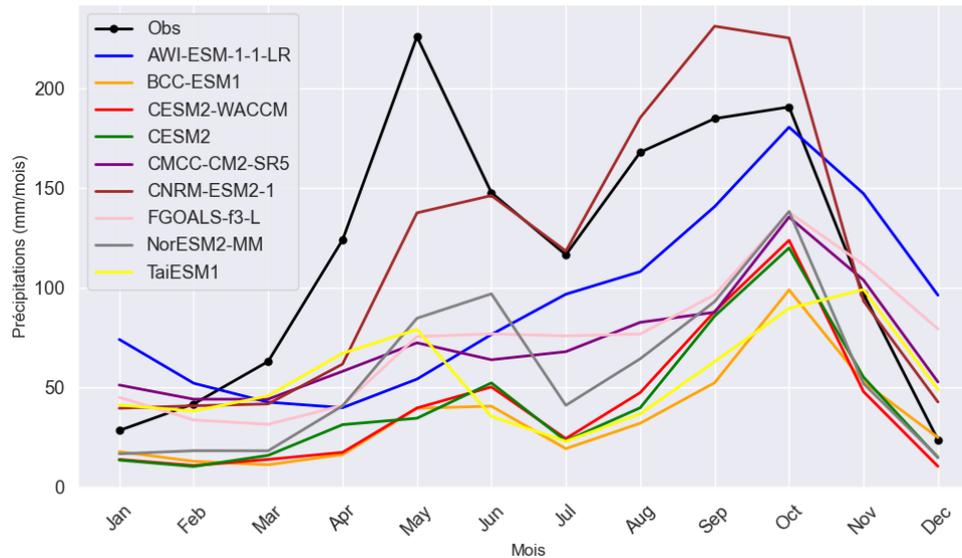
$$b = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{soit } b = \frac{Cov(x,y)}{Var(x,y)} \quad (\text{avec } y_i \text{ l'éq de la droite et } b \text{ la pente de la droite})$$

- Changement dans les indices de précipitation par rapport à la période de référence (1920-1940)

$$\Delta \bar{P}(\%) = \left[\frac{(\bar{P}_i^F - \bar{P}_i^H)}{\bar{P}_i^H} \right] * 100$$

Où i présente la moyenne mensuelle, annuelle et saisonnière respectivement, P désigne la variable climatique (précipitation, dans notre cas), F et H présentent les périodes futures(2025-2100) et historiques(1920-1940) respectivement

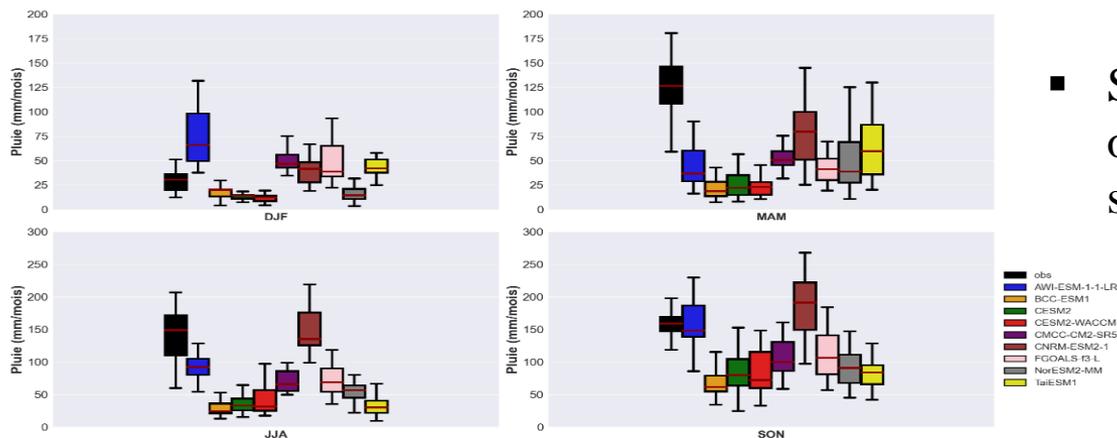
■ Performance des modèles climatiques globaux sur Haïti au cours de la période historique 1920-1940



■ Tous les modèles à l'exceptions de celui AWI-ESM-1-1-LR ont été bien reproduit le cycle annuel des données In situ

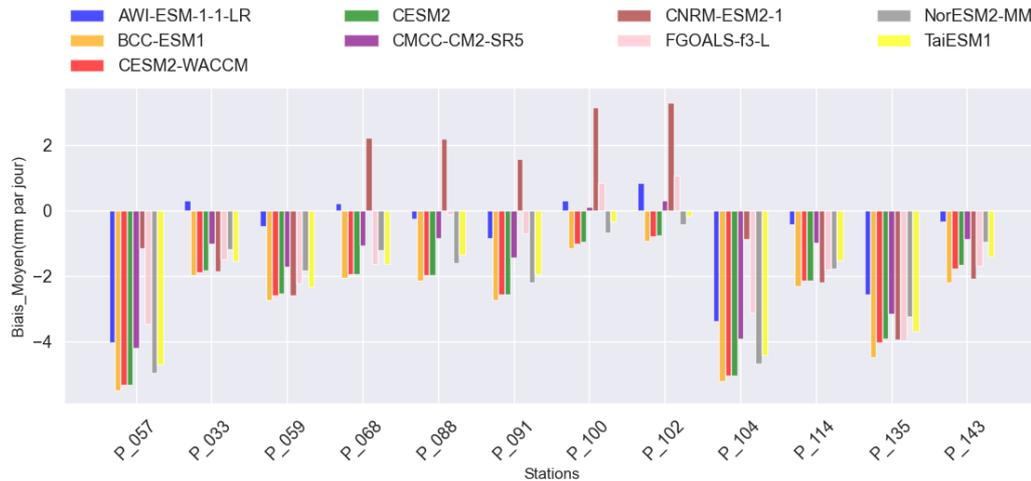
■ sous-estimé les précipitations mensuelles de mars à octobre.

■ Sous-estimation des pluies observées dans la plupart des saisons.



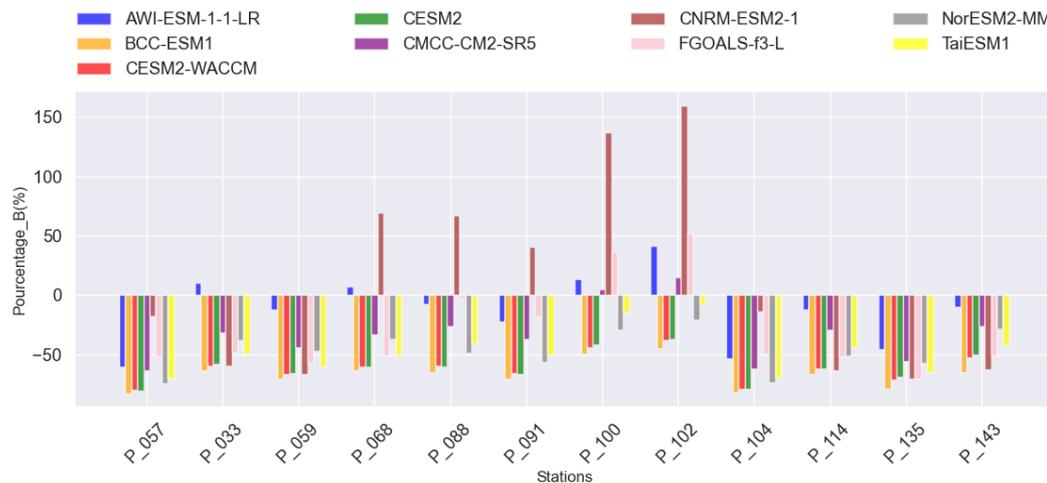
■ Performance des modèles climatiques globaux sur Haïti au cours de la période historique 1920-1940

Les biais moyens par station à l'échelle journalière des GCMs par rapport aux données observées.



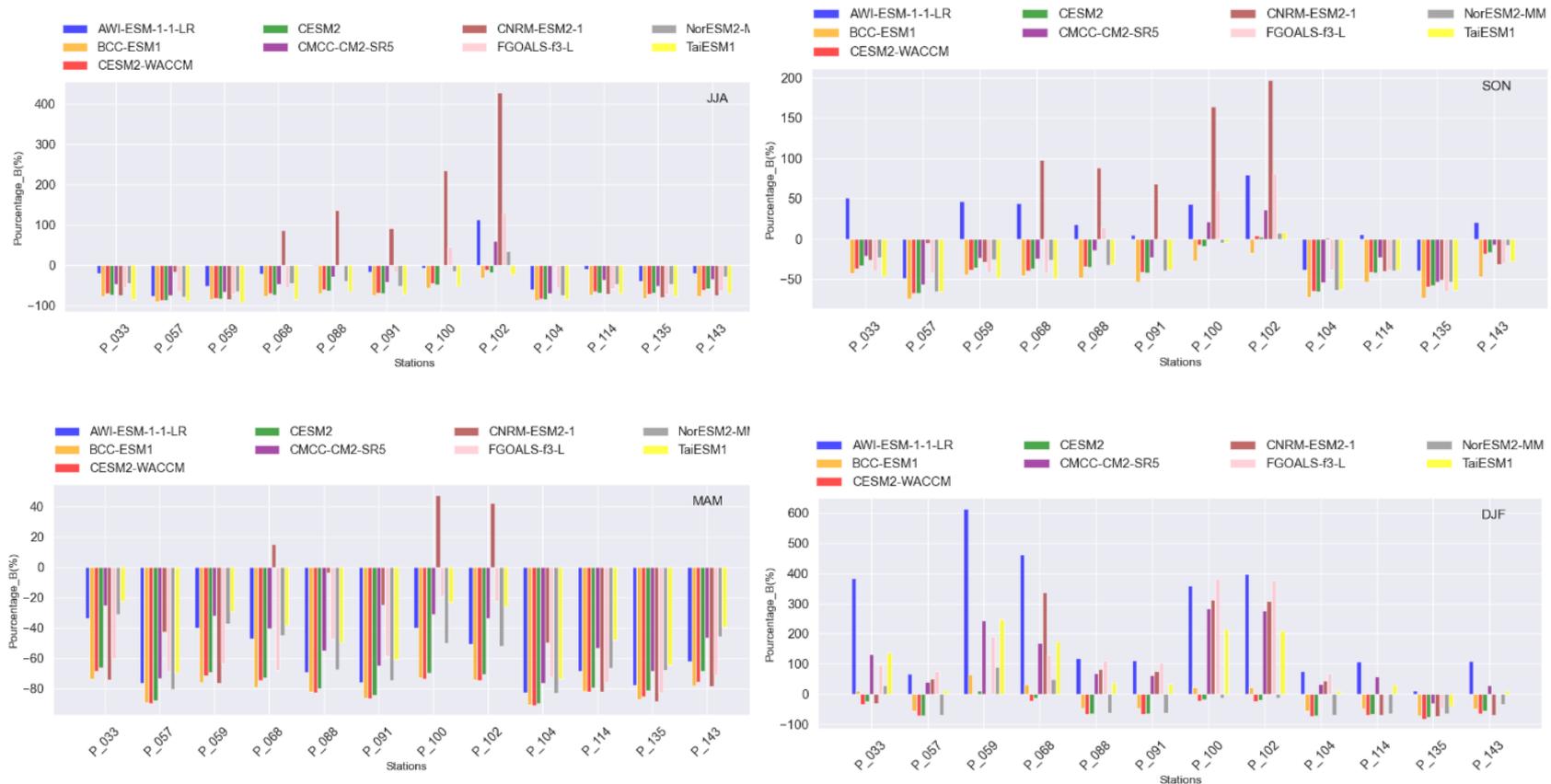
- Des biais secs sur le domaine varient entre (-2 et -4 mm/jrs) dans la majorité des stations

Les pourcentages biais par station à l'échelle journalière des GCMs par rapport aux données observées.



- Les pourcentages des biais secs du modèle sont supérieurs à 50% dans la majorité des stations

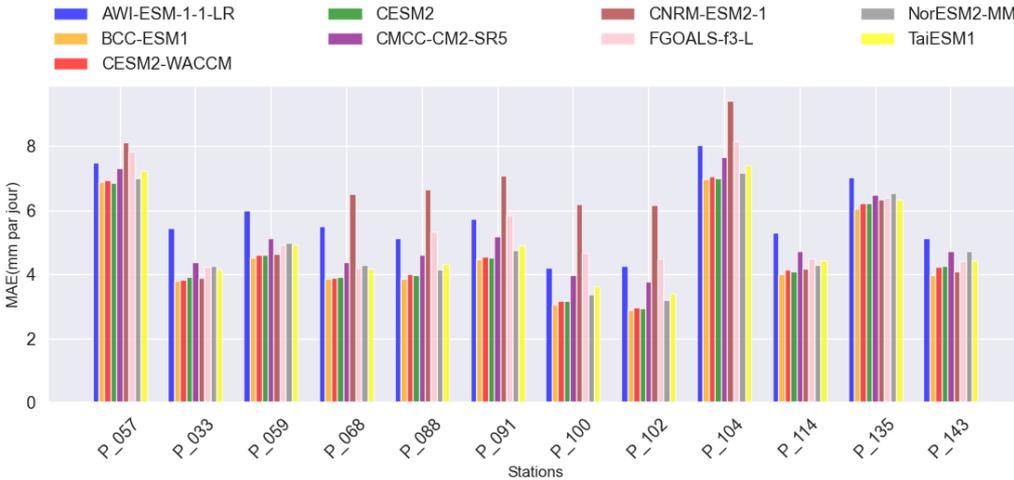
■ Performance des modèles climatiques globaux sur Haïti au cours de la période historique 1920-1940



Les modèles sous-estiment les précipitations observées dans la plupart des stations pour les saisons : été (JJA), printemps (MAM) et automne (SON)

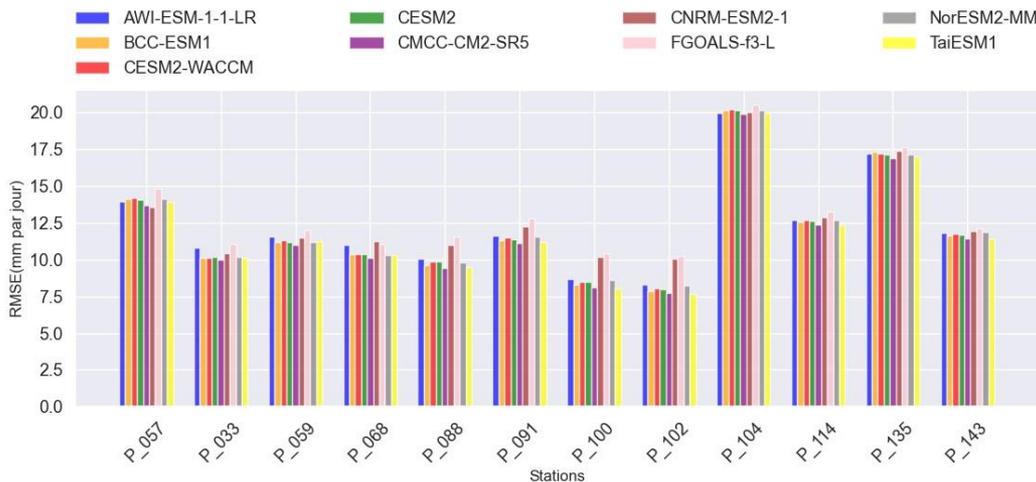
■ Performance des modèles climatiques globaux sur Haïti au cours de la période historique 1920-1940

L'erreur absolue moyenne (MAE) par station à l'échelle journalière des GCMs par rapport aux données observées.

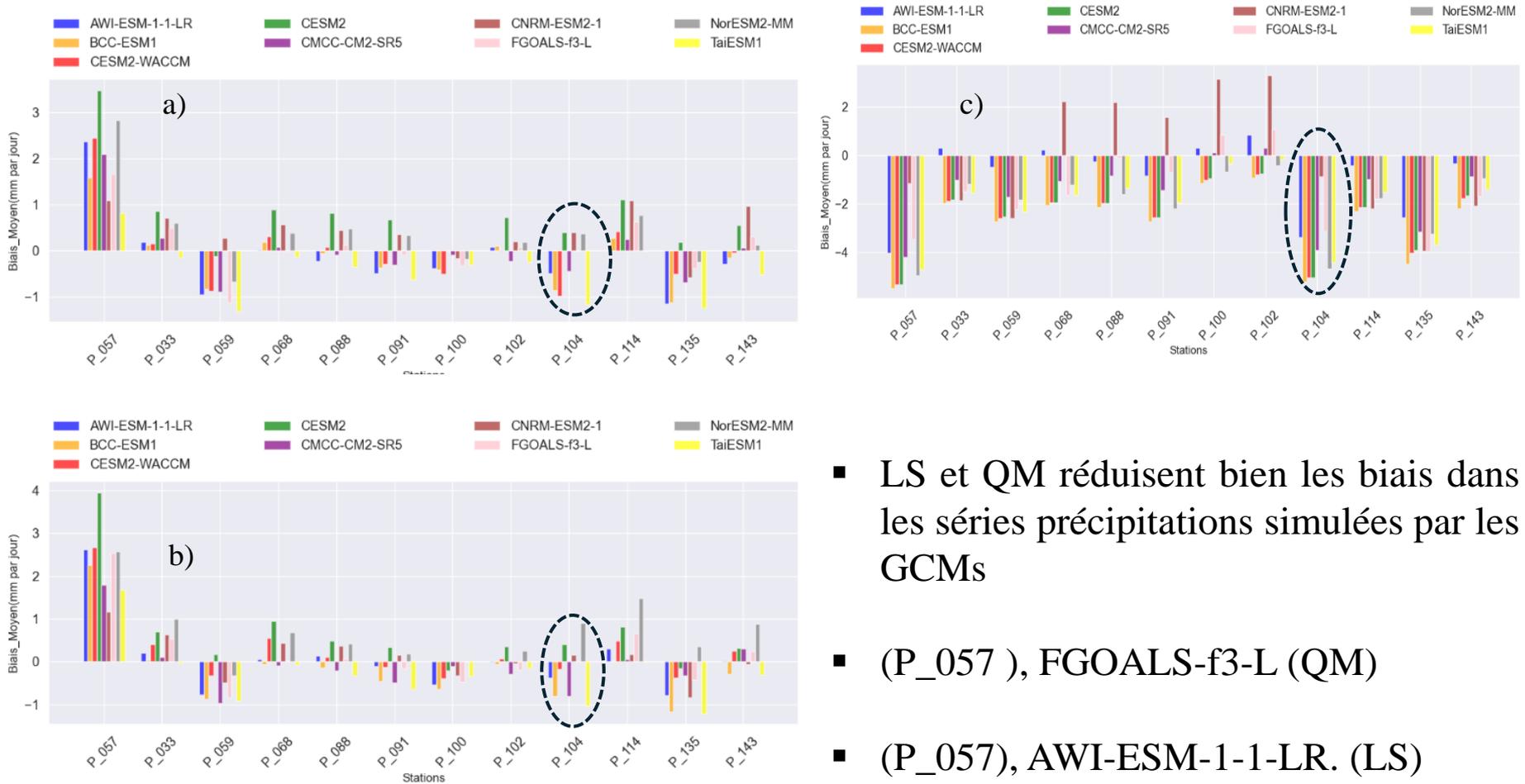


- MAE supérieur à 0 dans la majorité des stations
- RMSE supérieur à 0 dans la majorité des stations
- Les modèles sont biaisés

L'erreur quadratique moyenne (RMSE) par station à l'échelle journalière des GCMs par rapport aux données

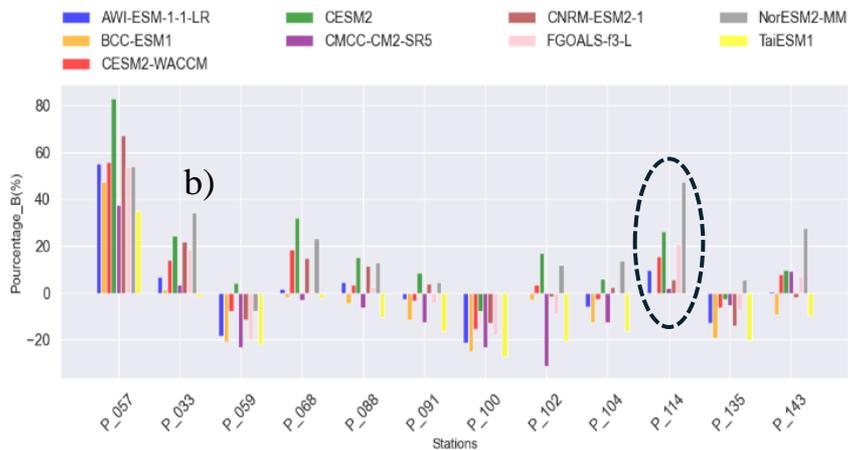
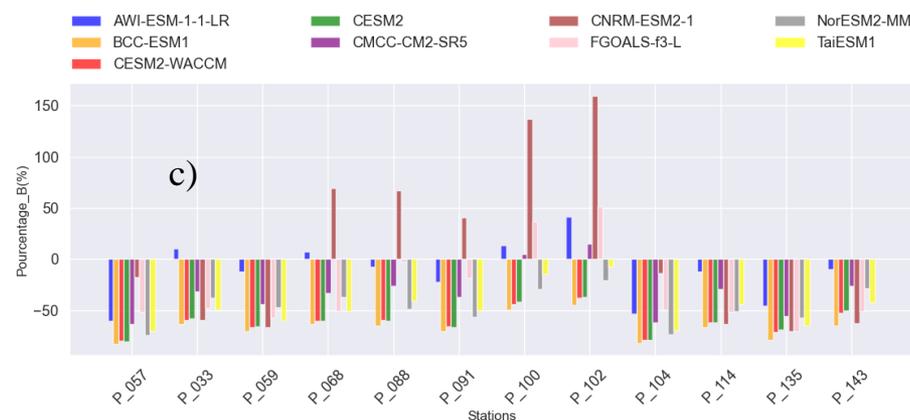


Performance de la correction des biais basée sur les biais moyens journaliers au cours de la période de validation (1935-1940)



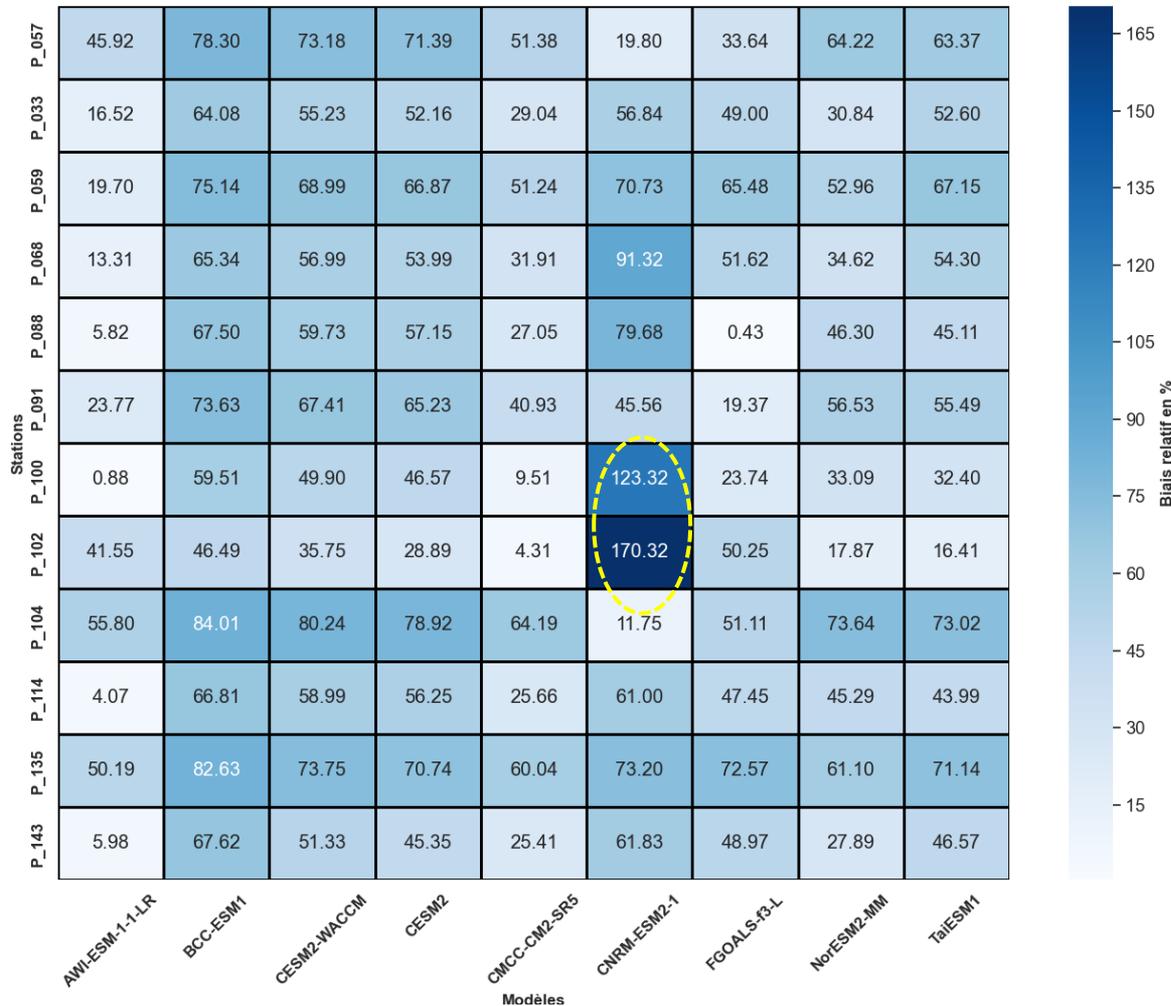
- LS et QM réduisent bien les biais dans les séries précipitations simulées par les GCMs
- (P_057), FGOALS-f3-L (QM)
- (P_057), AWI-ESM-1-1-LR. (LS)

Performance de la correction des biais basée sur les pourcentages des biais journaliers au cours de la période de validation (1935-1940)



- les méthodes LS et QM corrigent bien les précipitations quotidiennes simulées par les GCMs
- (P_057, P_100 et P_114), AWI-ESM-1-1-LR (LS)
- (P_057 et P_100), AWI-ESM-1-1-LR (QM)

Pourcentages des biais non corrigés entre les pluies quotidiennes observées et simulées au cours de la période de validation (1920-1940)



- Le pourcentage de biais est très élevé dans l'ensemble, et les stations P_100 et P_102 sont les plus biaisées pour le modèle CNRM-ESM2-1

Pourcentages des biais relatifs entre les pluies quotidiennes observées et simulées corrigés par (QM) au cours de la période de validation (1920-1940)

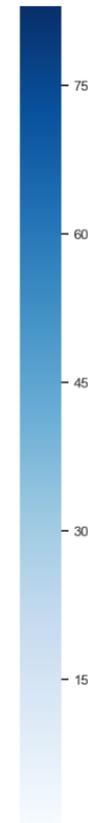
| Stations | AWI-ESM-1-1-LR | BCC-ESM1 | CESM2-WACCM | CESM2 | CMCC-CM2-SR5 | CNRM-ESM2-1 | FGOALS-F3-L | NorESM2-MM | TaiESM1 |
|----------|----------------|----------|-------------|-------|--------------|-------------|-------------|------------|---------|
| P_057 | 49.84 | 33.28 | 51.49 | 73.14 | 44.07 | 60.18 | 34.91 | 59.41 | 17.31 |
| P_033 | 6.44 | 4.51 | 5.33 | 30.19 | 9.98 | 24.71 | 17.02 | 21.16 | 5.01 |
| P_059 | 22.70 | 19.59 | 20.93 | 2.82 | 21.30 | 6.57 | 26.57 | 16.18 | 31.35 |
| P_068 | 0.70 | 6.32 | 10.49 | 29.88 | 2.57 | 19.37 | 0.78 | 12.83 | 4.32 |
| P_088 | 7.00 | 1.70 | 2.64 | 25.95 | 2.56 | 14.12 | 3.85 | 14.99 | 10.81 |
| P_091 | 12.60 | 9.25 | 7.26 | 17.46 | 7.66 | 9.12 | 2.19 | 8.58 | 15.89 |
| P_100 | 14.73 | 15.66 | 19.44 | 0.10 | 18.04 | 6.29 | 12.43 | 7.16 | 27.71 |
| P_102 | 4.21 | 5.69 | 0.88 | 34.55 | 10.82 | 9.66 | 4.02 | 9.04 | 11.88 |
| P_104 | 7.64 | 13.19 | 15.16 | 6.19 | 6.73 | 6.22 | 0.06 | 5.87 | 17.93 |
| P_114 | 0.04 | 9.07 | 13.52 | 35.70 | 7.96 | 35.31 | 20.51 | 24.89 | 0.33 |
| P_135 | 19.21 | 18.70 | 8.39 | 3.10 | 11.39 | 9.59 | 6.28 | 3.91 | 20.65 |
| P_143 | 8.88 | 4.55 | 1.53 | 17.42 | 2.06 | 30.23 | 9.53 | 3.75 | 16.31 |



- (P_057 et P_100) : AWI-ESM-1-1-LR
- (P_057): CESM2
- (P_100 et P_102) : CMCC-CM2-SR5
- deux modèles sont entièrement corrigés (BCC-ESM1 et CESM2-WACCM)

Pourcentages des biais relatifs entre les pluies quotidiennes observées et simulées corrigés par (LS) au cours de la période de validation (1920-1940)

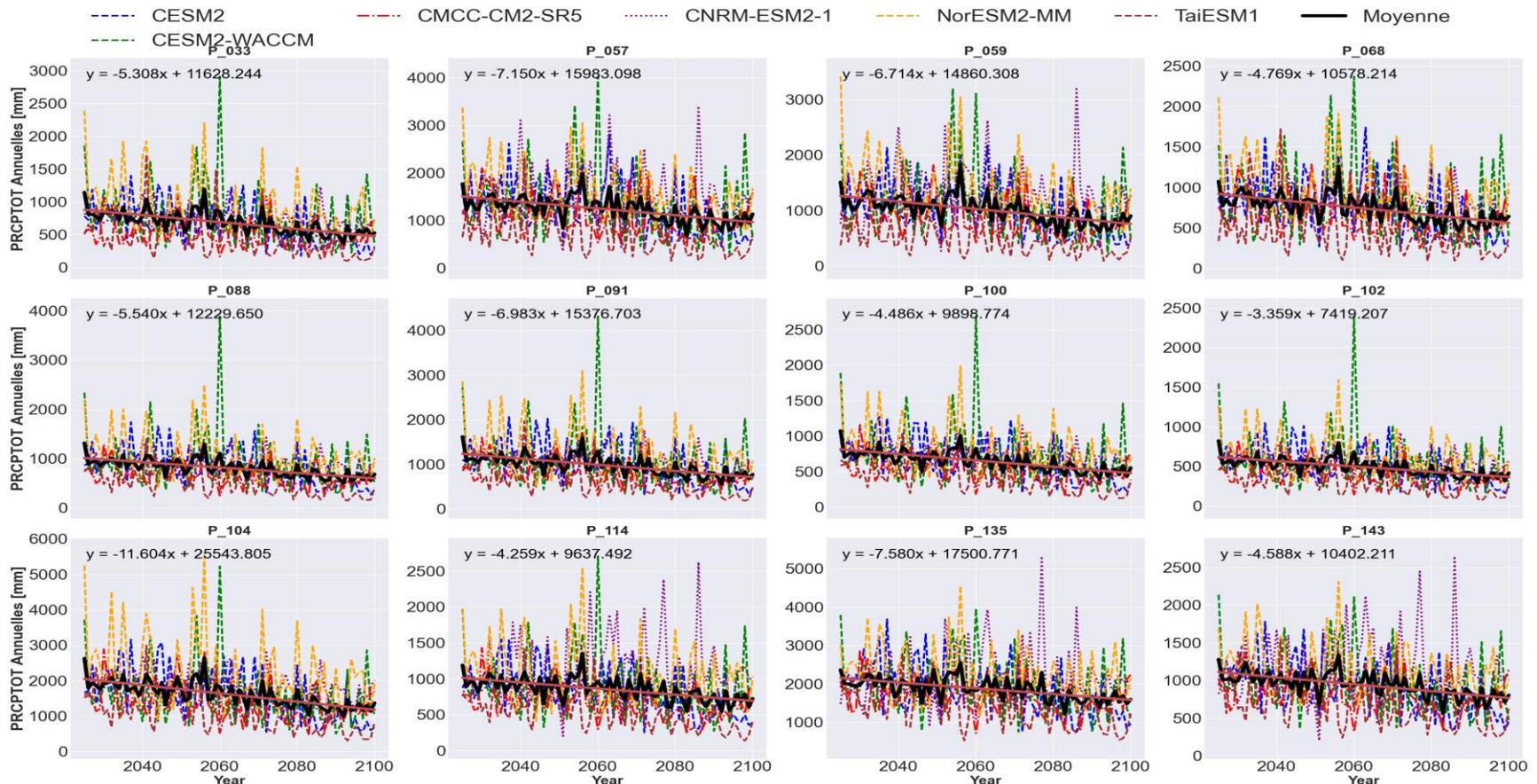
| | | | | | | | | | |
|----------|----------------|----------|-------------|-------|--------------|-------------|-------------|------------|---------|
| P_057 | 55.01 | 47.56 | 55.94 | 82.99 | 37.64 | 67.05 | 53.44 | 54.11 | 35.08 |
| P_033 | 6.92 | 1.34 | 14.26 | 24.54 | 3.42 | 21.82 | 18.45 | 34.39 | 1.71 |
| P_059 | 18.35 | 20.90 | 7.66 | 4.24 | 22.98 | 11.57 | 19.98 | 7.60 | 22.07 |
| P_068 | 1.78 | 1.95 | 18.62 | 31.99 | 3.03 | 14.74 | 0.61 | 23.23 | 2.29 |
| P_088 | 4.64 | 4.63 | 3.45 | 15.27 | 6.42 | 11.43 | 2.43 | 13.16 | 10.47 |
| P_091 | 2.82 | 11.58 | 3.24 | 8.72 | 12.44 | 4.01 | 3.98 | 4.74 | 16.15 |
| P_100 | 21.15 | 25.01 | 15.32 | 7.84 | 23.25 | 12.85 | 18.04 | 0.01 | 27.29 |
| P_102 | 0.15 | 3.17 | 3.70 | 17.03 | 31.05 | 1.68 | 8.86 | 12.11 | 20.59 |
| P_104 | 5.82 | 12.51 | 2.78 | 6.14 | 12.43 | 2.50 | 0.49 | 13.84 | 16.01 |
| P_114 | 9.68 | 0.36 | 15.57 | 26.11 | 2.02 | 5.71 | 20.83 | 47.55 | 0.22 |
| P_135 | 13.02 | 19.29 | 6.35 | 2.51 | 5.29 | 13.84 | 6.96 | 5.82 | 20.15 |
| P_143 | 0.55 | 9.19 | 7.94 | 9.72 | 9.23 | 2.04 | 7.18 | 27.63 | 9.76 |
| Stations | AWI-ESM-1-1-LR | BCC-ESM1 | CESM2-WACCM | CESM2 | CMCC-CM2-SR5 | CNRM-ESM2-1 | FGOALS-f3-L | NorESM2-MM | TaiESM1 |



- (P_057, P_100 et P_114):AWI-ESM-1-1-LR
- (P_057): CESM2
- (P_100 et P_102) : CMMC-CM2-SR5
- Trois modèles sont entièrement corrigés (BCC-ESM1, CESM2-WACCM et TaiESM1)

Analyse de l'évolution spatio-temporelle de pluie dans les scénarii climatiques corrigés

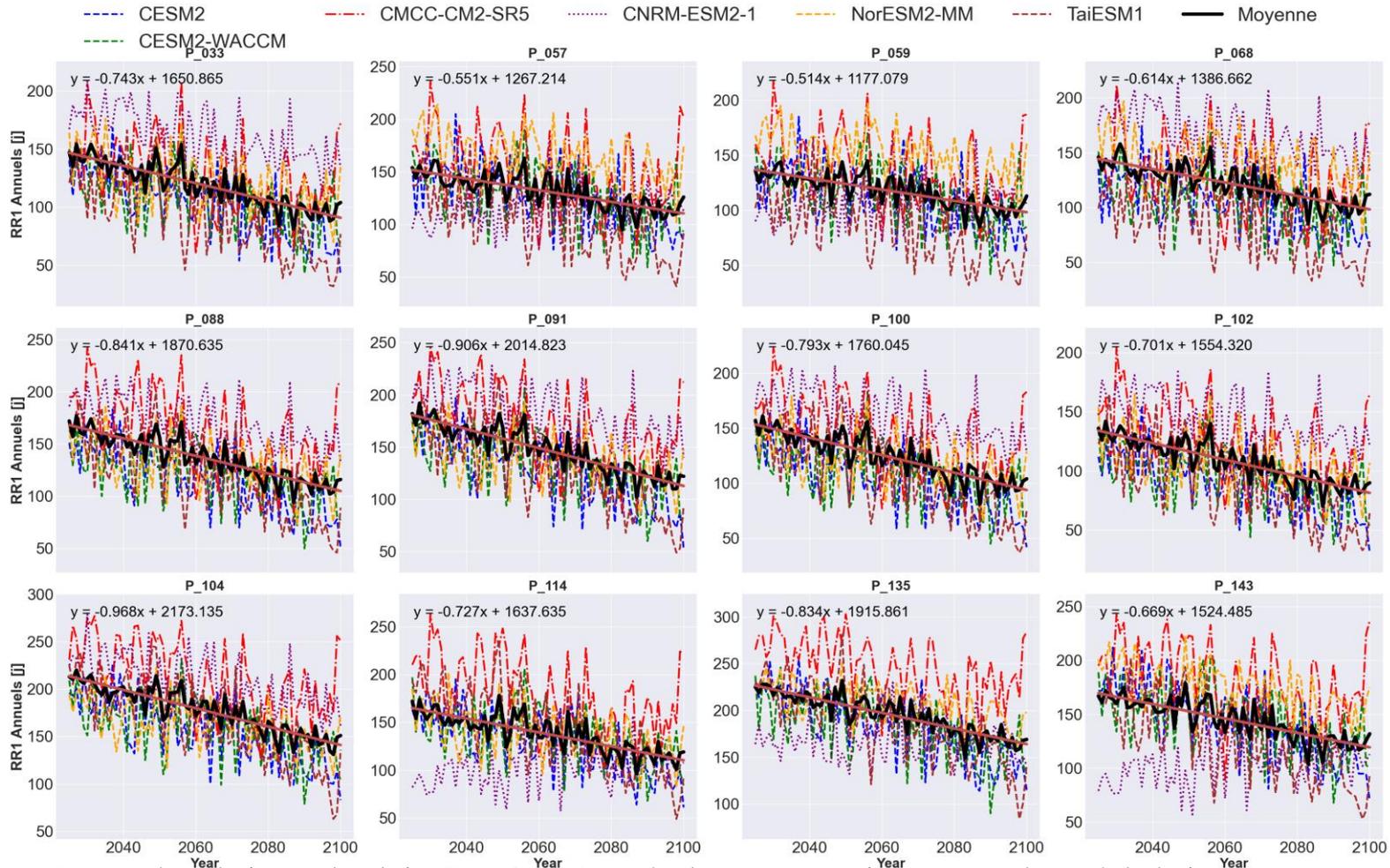
Évolution de la précipitation totale annuelle (PRCPTOT) au cours de la période 2025-2100 (SSP5-8.5)



Une tendance à la baisse dans les précipitations totales annuelles (PRCPTOT) dans toutes les stations

Analyse de l'évolution spatio-temporelle de pluie dans les scénarii climatiques corrigés

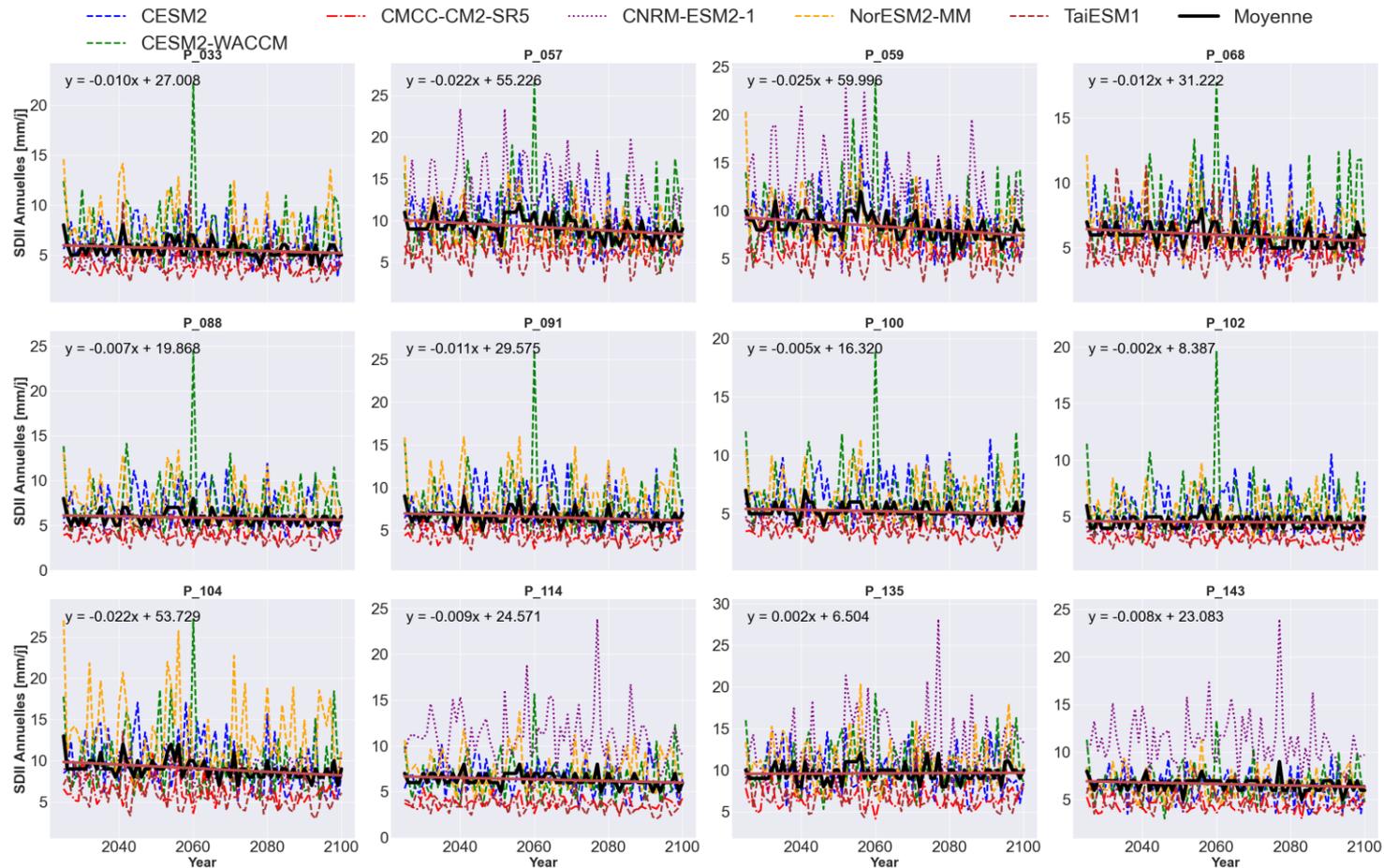
Évolution inter-annuelle du nombre de jours de pluie ($R \geq 1$ mm) sur Haïti au cours de la période 2025-2100



Le nombre de jours de pluie ($R \geq 1$ mm) va également connaître une tendance à la baisse sur toutes les stations

Analyse de l'évolution spatio-temporelle de pluie dans les scénarii climatiques corrigés

Évolution inter-annuelle de l'intensité de pluie (SDII) sur Haïti au cours de la période 2025-2100



L'intensité de la pluie (SDII) va également connaître une tendance à la baisse sur toutes les stations à l'exception de la station P_135 située dans le département du Sud qui va toucher par une augmentation de 0.002 mm/ j

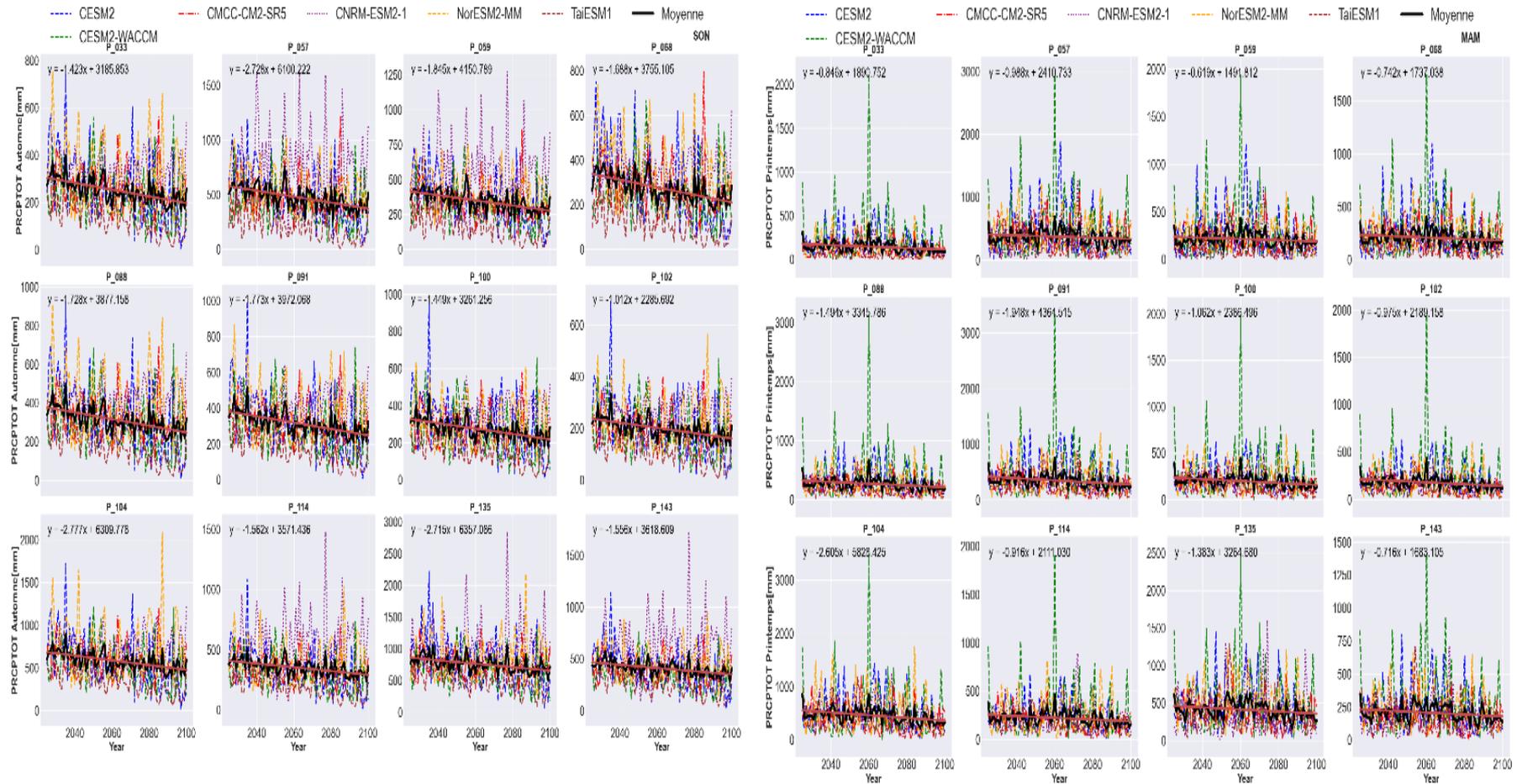
Analyse de l'évolution spatio-temporelle de pluie dans les scénarii climatiques corrigés

| Stations | PRCPTOT (mm/an) | RR1 (j/an) | SDII (mm/j/an) |
|----------|-----------------|------------|----------------|
| P_033 | -5.308 | -0.743 | -0.010 |
| P-057 | -7.150 | -0.551 | -0.022 |
| P_059 | -6.714 | -0.514 | -0.025 |
| P_068 | -4.769 | -0.614 | -0.012 |
| P_088 | -5.540 | -0.841 | -0.007 |
| P_091 | -6.983 | -0.906 | -0.011 |
| P_100 | -4.486 | -0.793 | -0.005 |
| P_102 | -3.359 | -0.701 | -0.002 |
| P_104 | -11.604 | -0.968 | -0.022 |
| P_114 | -4.259 | -0.727 | -0.009 |
| P_135 | -7.580 | -0.834 | 0.002 |
| P_143 | -4.588 | -0.669 | -0.008 |

Tendance linéaire des indices de précipitations au cours de la période 2025-2100

Analyse de l'évolution spatio-temporelle de pluie dans les scénarii climatiques corrigés

Évolution interannuelle à l'échelle saisonnière de l'indice de précipitation total (PRCPTOT), au cours de la période 2025-2100



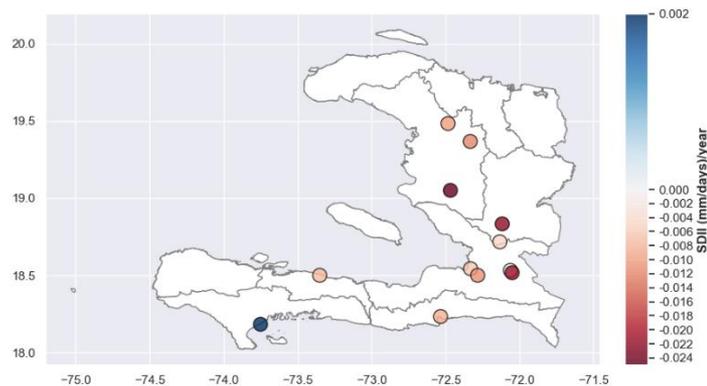
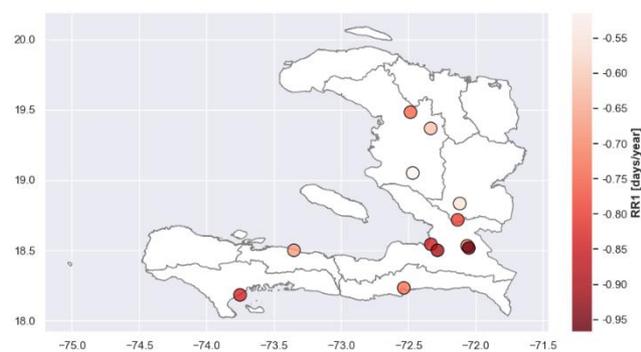
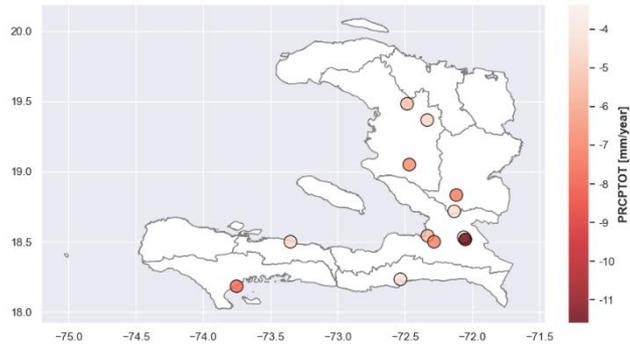
- Tendence à la baisse est attendue sur toutes les stations pendant les saisons pluvieuses : (SON), (MAM)

Analyse de l'évolution spatio-temporelle de pluie dans les scénarii climatiques corrigés

| PRCPTOT (mm/an) | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| Stations | JJA | MAM | SON | DJF |
| P_033 | -3.04 | -0.84 | -1.42 | 0.02 |
| P-057 | -3.53 | -0.98 | -2.72 | 0.15 |
| P_059 | -4.31 | -0.61 | -1.84 | 0.08 |
| P_068 | -2.40 | -0.74 | -1.68 | 0.10 |
| P_088 | -2.33 | -1.49 | -1.72 | 0.02 |
| P_091 | -3.19 | -1.94 | -1.77 | -0.07 |
| P_100 | -1.96 | -1.06 | -1.44 | -0.01 |
| P_102 | -1.40 | -0.97 | -1.01 | 0.03 |
| P_104 | -6.27 | -2.60 | -2.77 | 0.05 |
| P_114 | -1.94 | -0.91 | -1.56 | 0.11 |
| P_135 | -4.18 | -1.33 | -2.71 | 0.68 |
| P_143 | -2.54 | -0.71 | -1.56 | 0.19 |

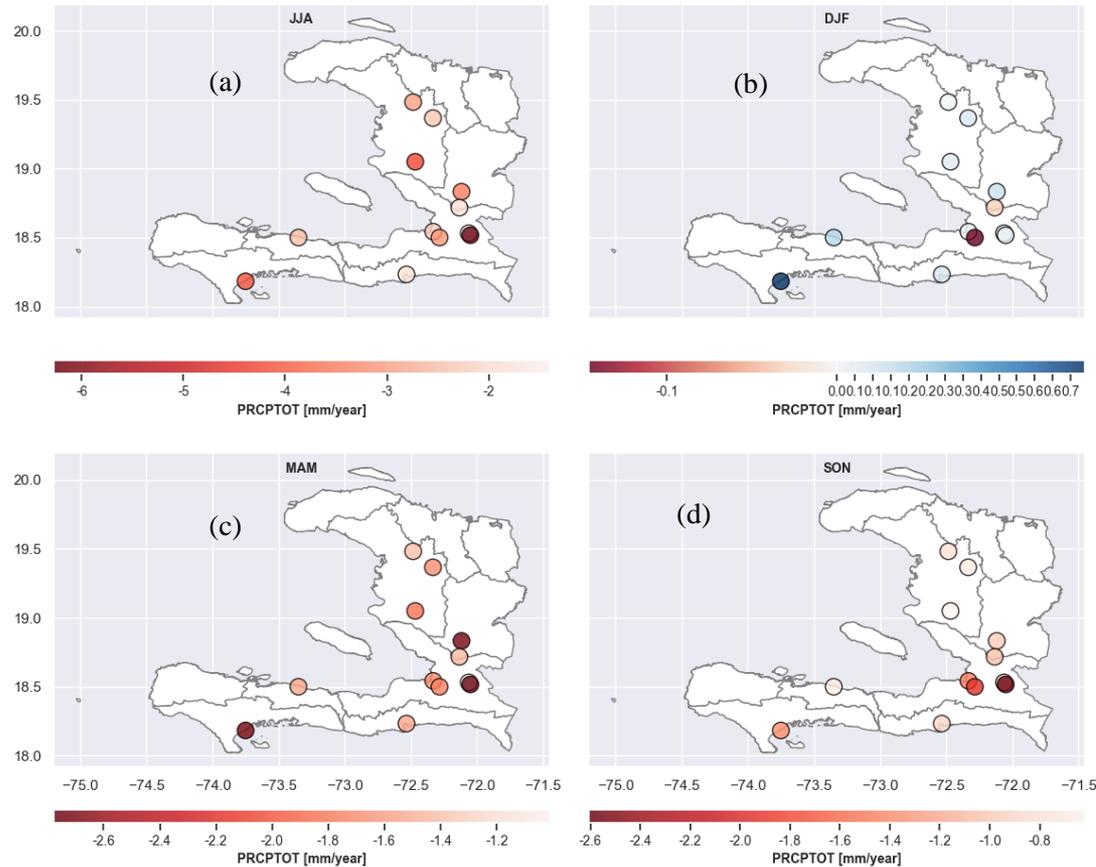
Tendance linéaire à l'échelle saisonnière de l'indice de précipitation au cours de la période 2025-2100

Évolution spatiale à l'échelle annuelle des indices de précipitation (2025-2100)



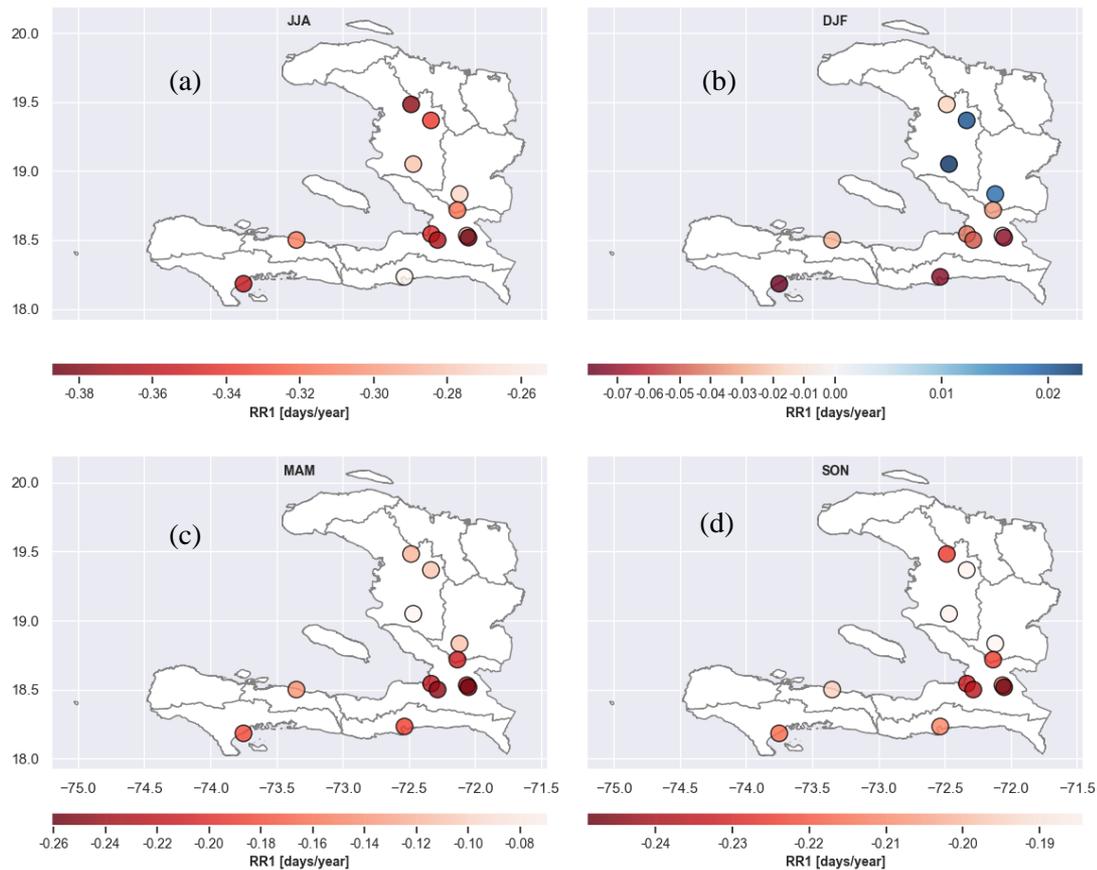
- Tendence à la baisse de 1 mm par a. (PRCPTOT)
- Sera plus marquée dans le département de l'Ouest, Artibonite, Centre et Sud
- Une tendance à la hausse de (0.002mm/days/year) de l'intensité de pluie est attendue dans le sud

Évolution spatiale à l'échelle saisonnière des indices de précipitation (2025-2100)



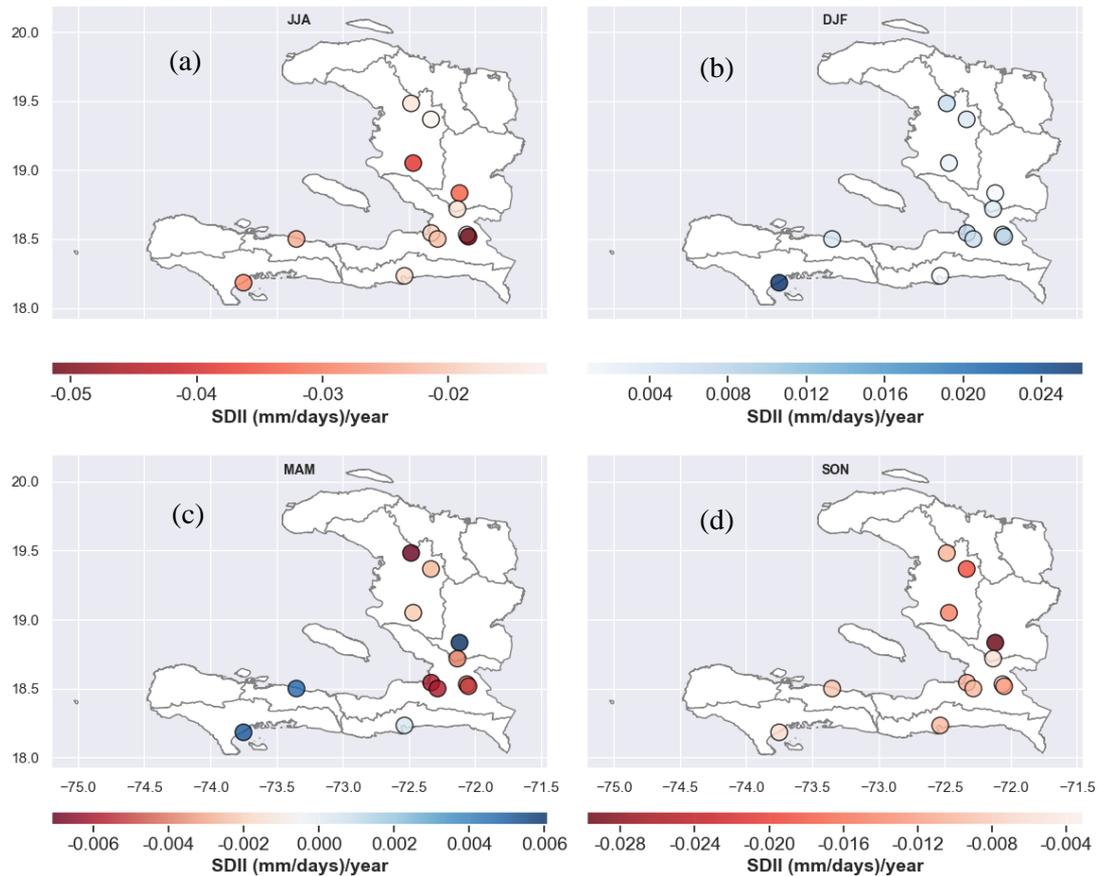
- PRCPTOT vont connaître une tendance à la baisse respectivement en été (JJA), printemps (MAM) et automne (SON)
- L'Ouest, l'Artibonite du Sud seront les plus touchés par cette tendance en été (JJA) et au printemps (MAM)

Évolution spatiale à l'échelle saisonnière des indices de précipitation (2025-2100)



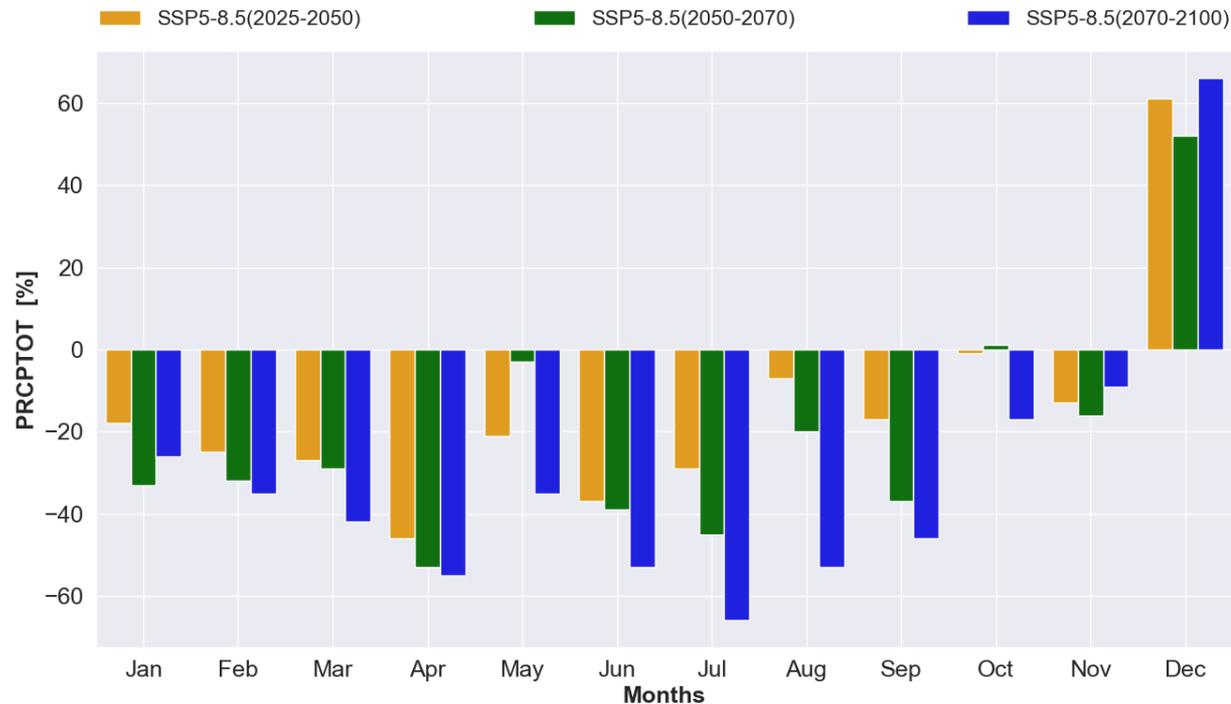
- Tendance à la hausse dans le département de l'Artibonite et du Centre en hiver (DJF)
- Tendance à la baisse dans les autres départements pour les autres saisons
- dans le département de l'Ouest, de l'Artibonite et du Sud, la baisse sera particulièrement plus prononcée pendant l'été

Évolution spatiale à l'échelle saisonnière des indices de précipitation (2025-2100)



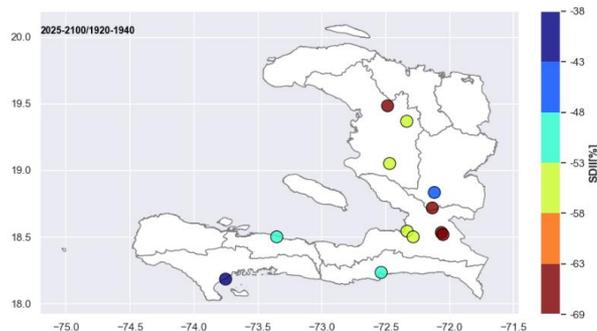
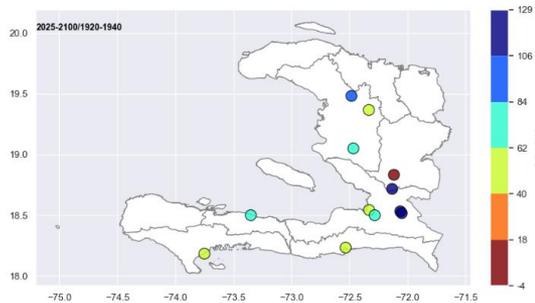
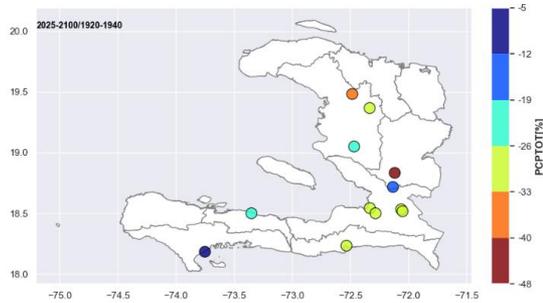
- Tendance à la hausse sur tous les départements en hiver (DJF) et sera plus marquée dans le département du Sud
- Au printemps, une hausse de la tendance de l'intensité de pluie est attendue dans le département du Sud, Sud-est, Nippes et du Centre
- En été (JJA) ainsi qu'en automne (SON) tous les départements connaîtront une tendance à la baisse de l'intensité de pluie saisonnière

Changement à l'échelle mensuelle de l'indice de précipitation totale (PRCPTOT) par rapport à une période de référence (1920-1940)



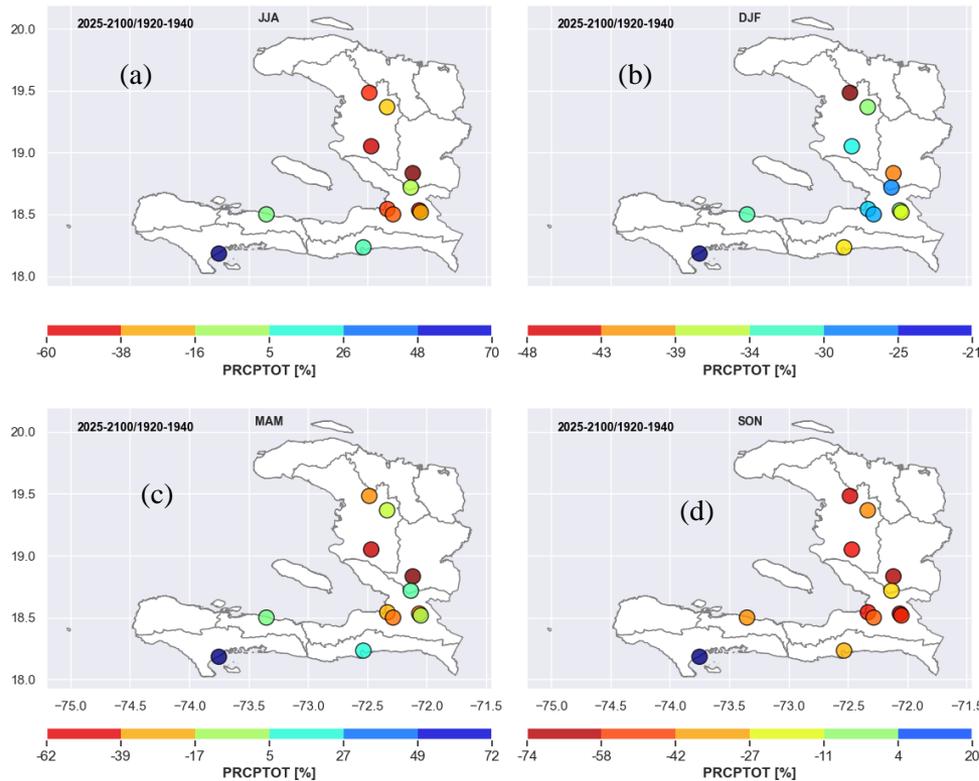
- Les précipitations mensuelles vont diminuer à partir de janvier jusqu'à novembre
- Plus marquées en juillet (66 %) pour la fin du siècle (2070-2100)
- 45 %, 53 % respectivement avril pour les périodes 2025-2050 et 2050-2070
- augmentation de l'ordre de 61% , 52% et 66% respectivement en décembre pour les périodes 2025-2050, 2050-2070 et 2070-2100

Changement moyen annuels des indices de précipitation pour la période 2025-2100 par rapport à une période de référence (1920-1940)



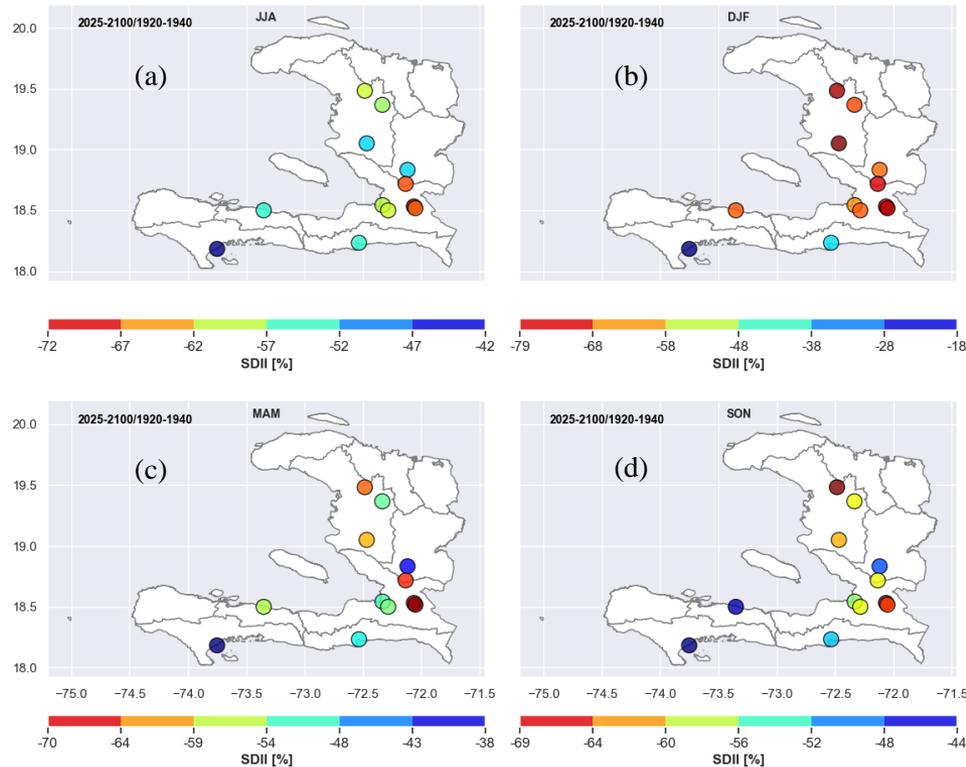
- Diminution des cumuls annuels de pluie sur tous les départements comprise entre 5 et 48 %
- Le Centre sera plus touché avec une baisse estimée à 48 %, tandis que le département du Sud, sera le moins touché avec une valeur de 5 %
- La diminution de l'intensité sera le plus prononcée dans le département de l'Ouest et l'Artibonite avec de valeurs variant entre 63 et 69 %

Changement moyen saisonniers des indices de précipitations pour la période 2025-2100 par rapport à une période de référence (1920-1940)



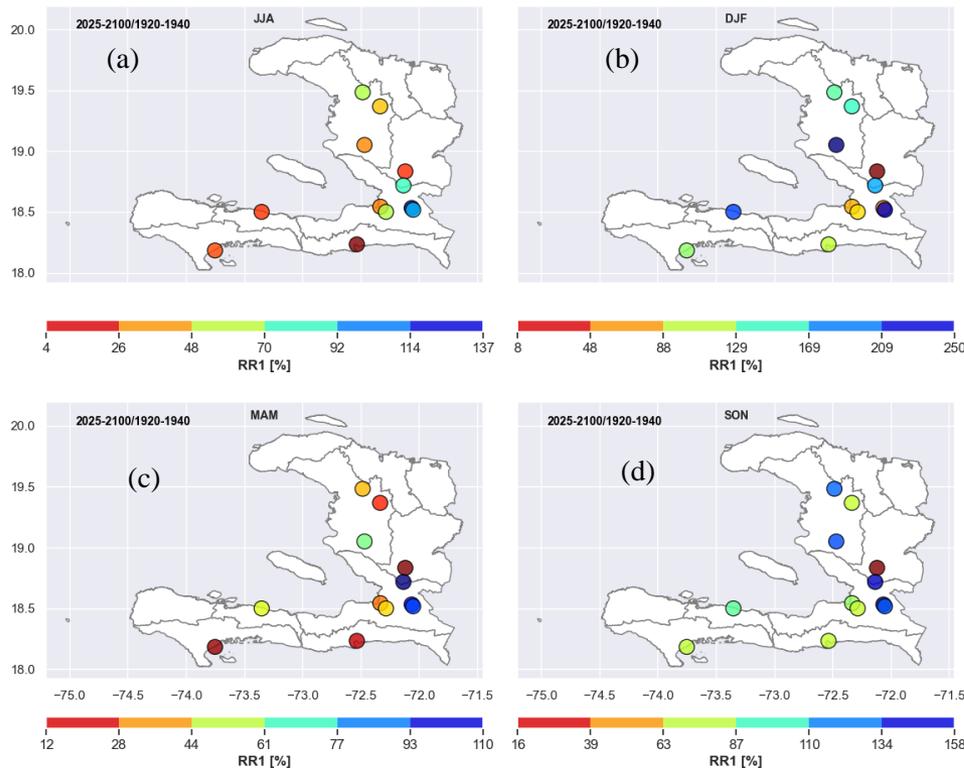
- Baisse des précipitations en hiver pour la période 2025-2100 sur toutes les stations
- Cette baisse est estimée entre 21 et 48 % par rapport à la période de référence (1920-1940)
- Des augmentations des précipitations sont attendues dans le département Sud-est et les Nippes pendant la saison d'été (JJA), printemps (MAM)

Changement moyen saisonniers des indices de précipitations pour la période 2025-2100 par rapport à une période de référence (1920-1940)



- L'intensité de pluie moyenne sera caractérisée par une diminution sur toutes les saisons.
- Cette diminution sera entre (42 et 72%) en été
- (18 et 79%) en hiver (DJF)
- (38 et 70%) au printemps (MAM)
- (44 et 69%) en automne (SON)

Changement moyen saisonniers des indices de précipitations pour la période 2025-2100 par rapport à une période de référence (1920-1940)



- Le nombre de jours de pluie connaîtra une augmentation dans l'ensemble des saisons.
- Le département de l'Ouest sera caractérisé par le plus grand nombre de jours de pluie saisonnières.
- (114 et 137 jrs) en été.
- (93 et 110 jrs) au printemps
- (209 et 250 jrs) en hiver
- (134 et 158) en automne

Conclusions du mémoire

- Evaluation de la performance des modèles climatiques globaux sur Haïti au cours de la période historique 1920-1940:
- L'analyse de la capacité des GCMs CMIP6 à reproduire les séries de précipitations des données observées à l'échelle mensuelle, saisonnière et annuelle a montré que les modèles climatiques globaux (GCMs) CMIP6 présentent des écarts par rapport aux observations
- Malgré ces écarts entre les données observées et simulées, la plupart des modèles reproduisent le cycle annuel des données In situ pour le pays

Conclusions du mémoire

- Evaluation de la performance des méthodes de correction des biais
- Deux méthodes de correction des biais ont été évaluées afin de trouver la meilleure méthode pour corriger les biais dans les scénarii climatiques (CMIP6) du GIEC à l'horizon 2100 sur Haïti. Les résultats ont montré que :
- Les corrections des biais dans les modèles dépendent de la position spatiale des stations et du modèle considéré
- Ces deux méthodes corrigent bien les biais journaliers dans les modèles. Mais une légère supériorité est révélée pour la méthode mise à l'échelle linéaire par rapport à celle quantile mapping

Limites

- Incertitude dans les scénarii climatiques (CMIP6) du GIEC
- Séries des données In situ trop courts (21 ans)

Perspectives

- Utilisation des séries plus longues pour corriger les sorties brutes des modèles climatiques globaux
- Caractériser et quantifier les sources d'incertitude dans les scénarii climatiques (CMIP6) du GIEC pour Haïti

Merci !

