

2025-2026

Étude de l'activité cyclonique dans l'Atlantique Nord via Aladin-Climat

Florent Puy, IENM3



Plan

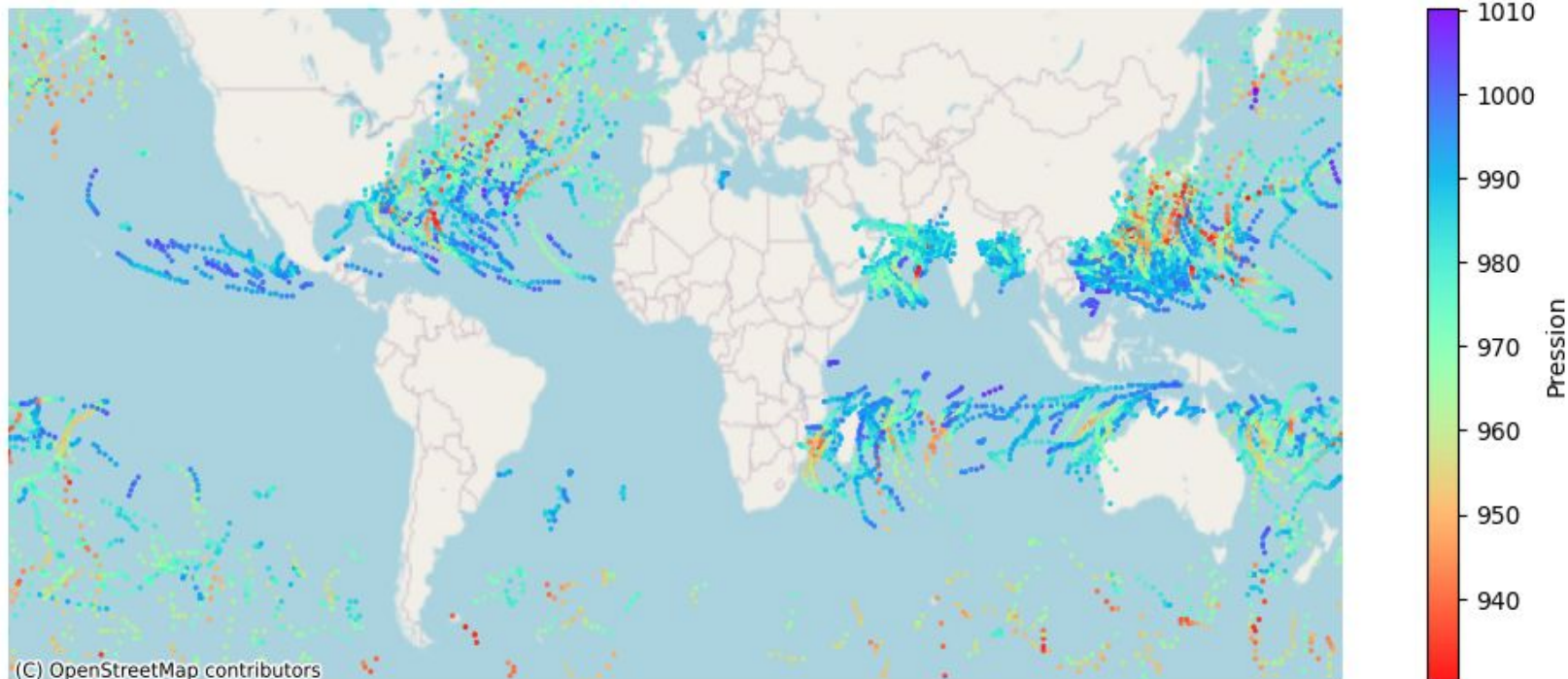
1. Contexte et objectif
2. Simulation de référence : analyse et comparaison
3. Choix du test de sensibilité et résultats attendus
4. Comparaison simulation de sensibilité / simulation de référence
5. Conclusion

Trajectoires de tous les cyclones et tempêtes tropicales de l'Atlantique Nord entre 1950 et 2016 (source NOAA)



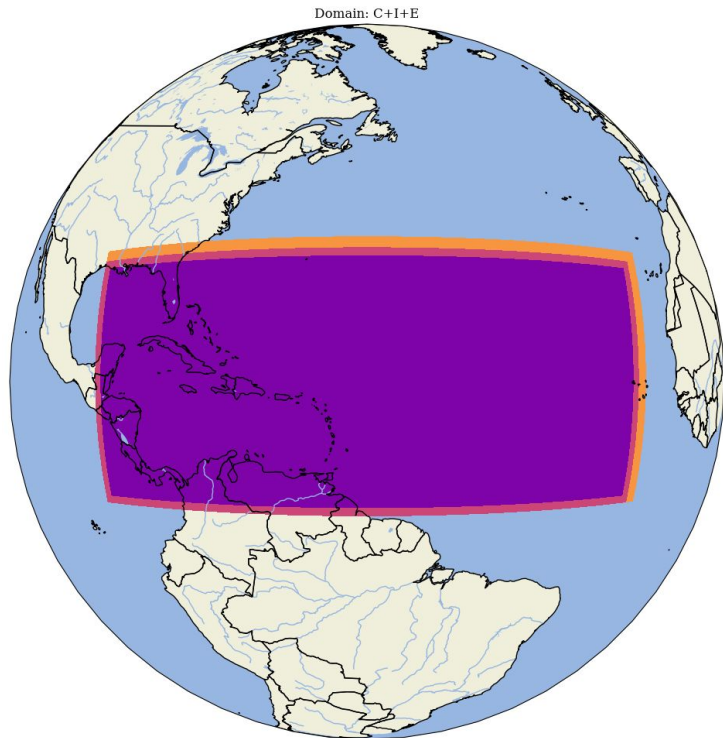
	Tempêtes tropicales nommées	Cyclones Catégories 1 à 5
Moyenne (1981-2010)	12,1	6,4
Moyenne (1991-2020)	14,4	7,2
Record activité maximale	30 (en 2020)	15 (en 2005)
Record faible activité	4 (en 1983)	2 (en 1982)

Trajectoires du modèle forceur global CNRM-CM6-1-HR, 50 km 246 trajectoires, 4042 points entre 2001 et 2010



Configuration spatio-temporelle de l'étude

Domaine modélisé



Simulation ALADIN de 2001 à 2010 (12 km)
forcée par CNRM-CM6 (50 km)
pas de temps de 6 heures

Principaux objectifs

Étudier les cyclones sur les Antilles avec le **modèle régional ALADIN-Climat** (12km)

Réaliser une **simulation de référence de 10 ans** (2001 à 2010) après un an de spin-up

Comparer le **modèle global forceur CNRM-CM6-1-HR** (50 km) et le modèle régional

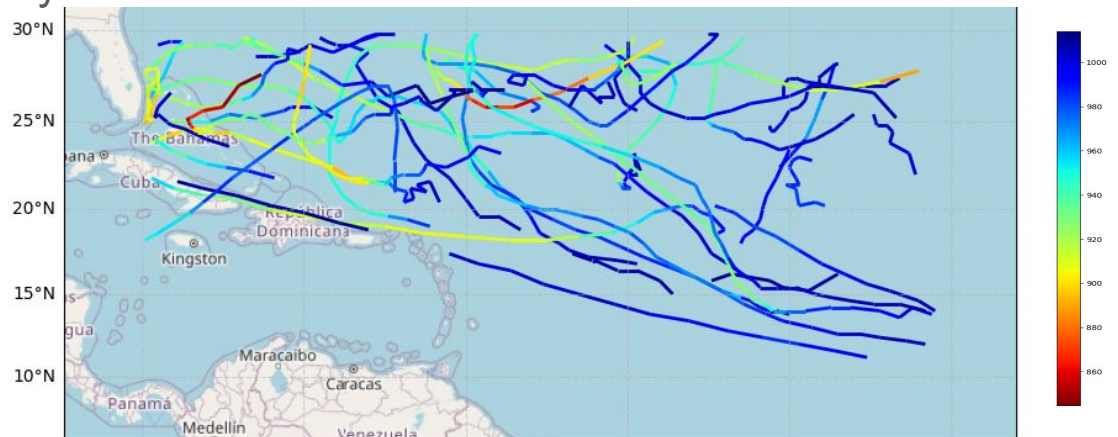
Réaliser une **simulation de sensibilité** et la comparer à la simulation de référence

Plan

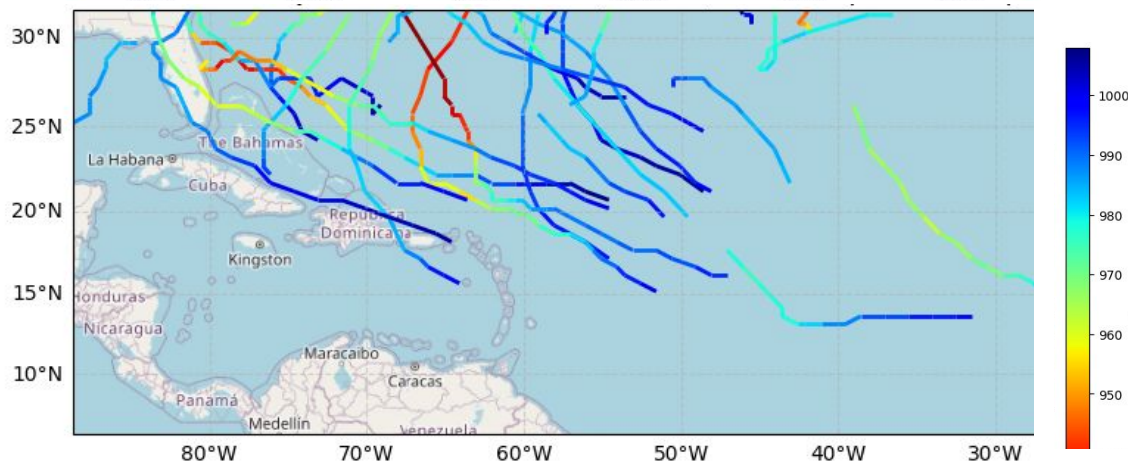
1. Contexte et objectif
2. Simulation de référence : analyse et comparaison
3. Choix du test de sensibilité et résultats attendus
4. Comparaison simulation de sensibilité / simulation de référence
5. Conclusion

Trajectoires des cyclones simulés - Aladin-Climat et CNRM-CM6

Trajectoires du modèle régional
ALADIN-Climat
41 trajectoires, 727 points

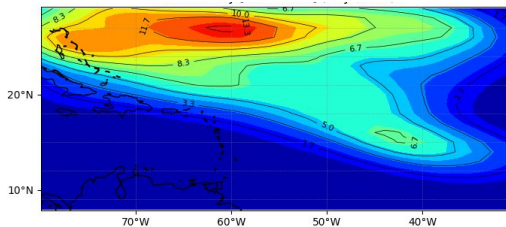


Trajectoires du modèle global
CNRM-CM6-1-HR
21 trajectoires, 425 points

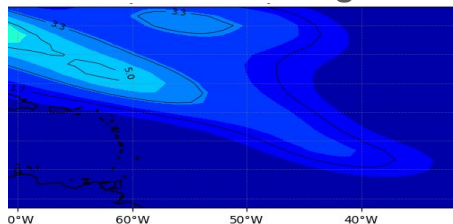


Différence entre Aladin-Climat & CNRM-CM6-1-HR

ALADIN-Climat régional

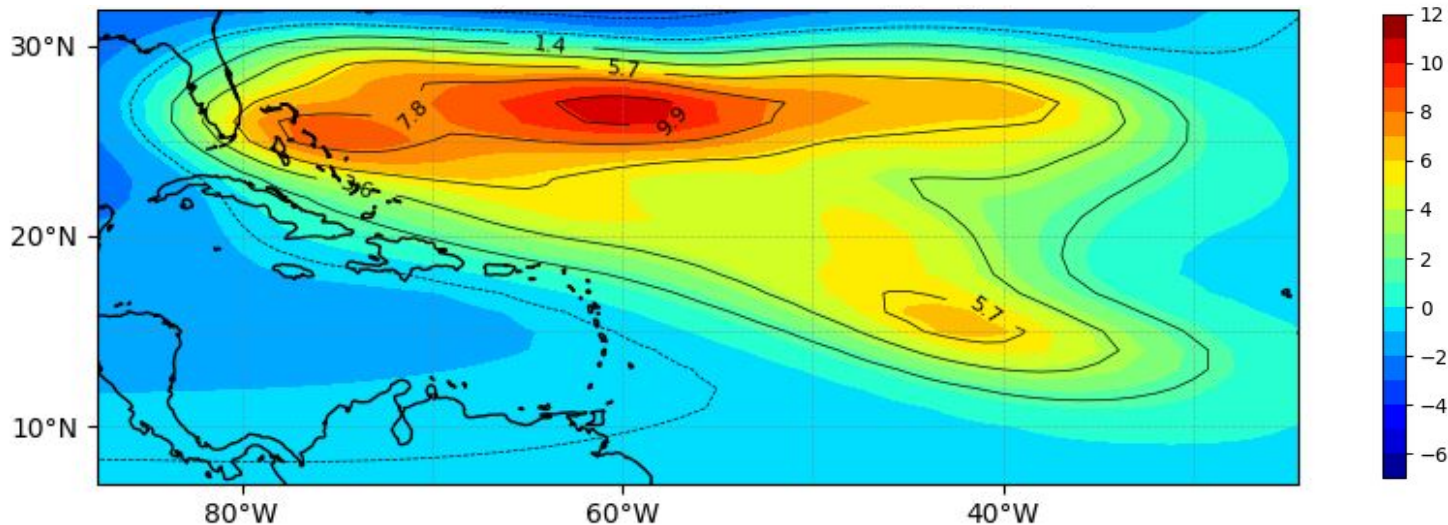


CNRM-CM6-1-HR global

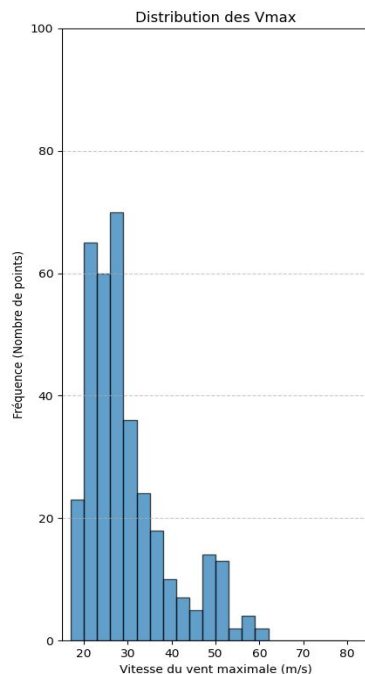


-

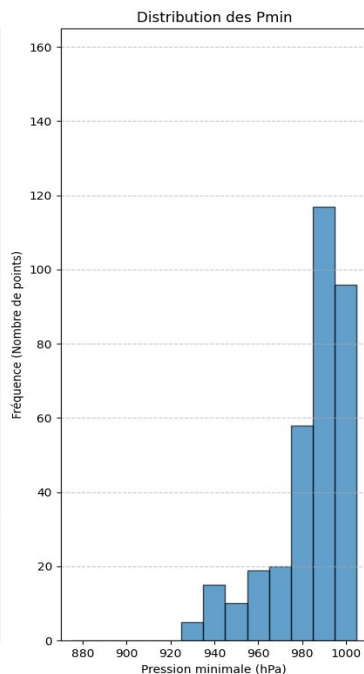
=



Distribution des Vmax (m/s)

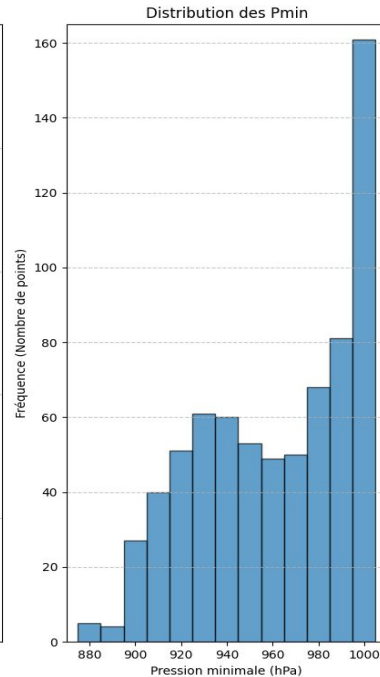
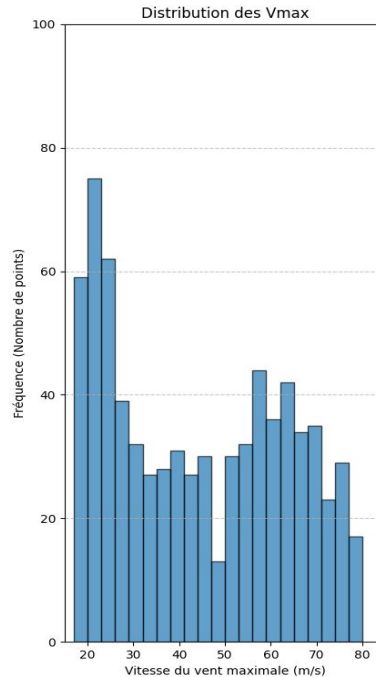


Distribution des Pmin (hPa)



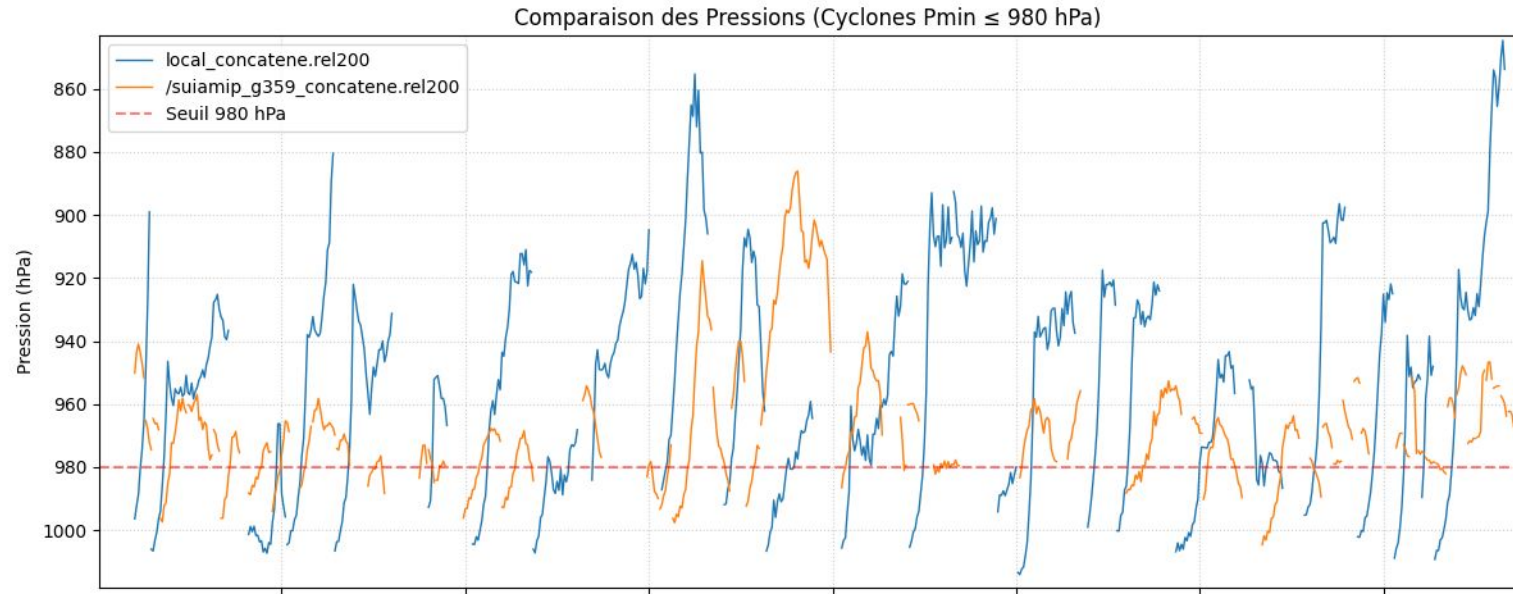
CNRM-CM6-1-HR global forceur,
trajectoires Atlantique Nord

Distribution des Vmax (m/s) Distribution des Pmin (hPa)



ALADIN-Climat régional

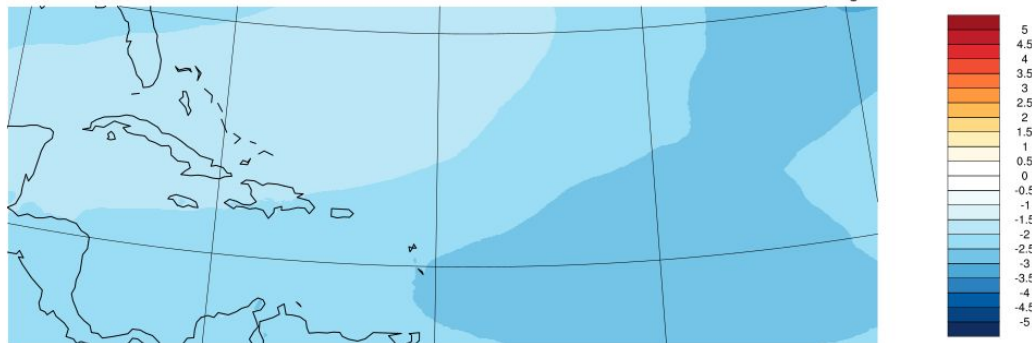
Comparaison des Pmin & Vmax de 2002 entre **ALADIN-Climat régional** et **CRNM-CM6-1-HR global** **forceur**, trajectoires Atlantique Nord



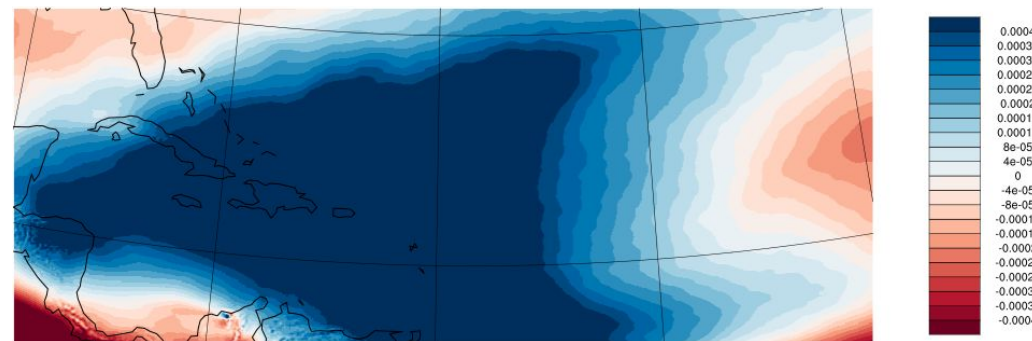
Comparaison d'Aladin-Climat (2001-2010) avec la réanalyse ERA5 (1985-2014)

Différences entre Aladin et ERA5 sur le trimestre juin-juillet-août

Température à 500 hPa (en °C)



Humidité spécifique à 500 hPa (en kg/kg)



Plan

1. Contexte et objectif
2. Simulation de référence : analyse et comparaison
3. Choix du test de sensibilité et résultats attendus
4. Comparaison simulation de sensibilité / simulation de référence
5. Conclusion

Choix du test de sensibilité

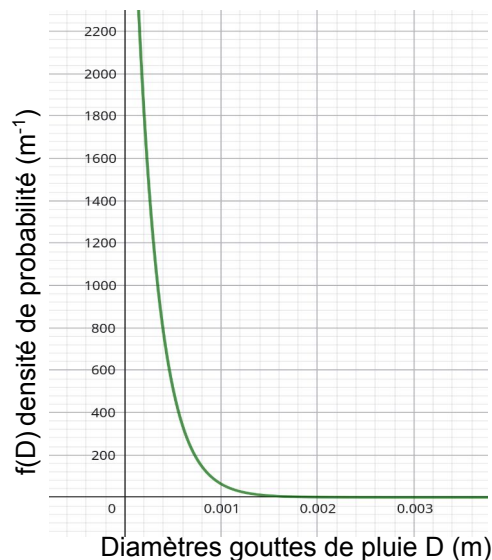
Choix de la **microphysique** comme paramétrisation

Paramètre choisi : N_{0r} en m^{-4} : **Ordonnée à l'origine de N_r**

N_r : distribution des diamètres des gouttes de pluie (en m^{-4})

$$N_{0r} \sim 10^7 m^{-4}$$

$$N_r(D) = N_{0r} \exp(-\lambda_r D) \text{ avec } \lambda_r = \left(\frac{\pi \rho_w N_{0r}}{\rho q_r} \right)^{1/4}$$



$D_{max} \sim 8 \text{ mm}$ dans les tropiques

Proposition de 2 nouvelles simulations et résultats attendus

Formule de l'évaporation :

$$E_x = \frac{4(1 - RH)(1 - CF)N_{0x}}{\rho(\mathcal{K}_x + \mathcal{D}_x)} \times \left[a_x \left(\frac{\rho q_x}{N_{0x}} \right)^{b_x} + c_x \left(\frac{\rho q_x}{N_{0x}} \right)^{d_x} \right]$$

N_{0r} très grand $\Rightarrow E_r \sim K^* \sqrt{N_{0r}}$

$x = r$ (rain) ou s (snow)

$N_{0r} \nearrow \Rightarrow$ taille gouttes $\searrow \Rightarrow$ nombre petites gouttes $\nearrow \Rightarrow$ surface totale gouttes $\nearrow \Rightarrow E_r \nearrow$

$E_r \nearrow \Rightarrow$ pluies et température $\searrow \Rightarrow$ activité du cyclone \searrow **mais RH \nearrow**

Proposition de 2 nouvelles simulations : multiplier N_{0r} par 10 ou diviser N_{0r} par 10

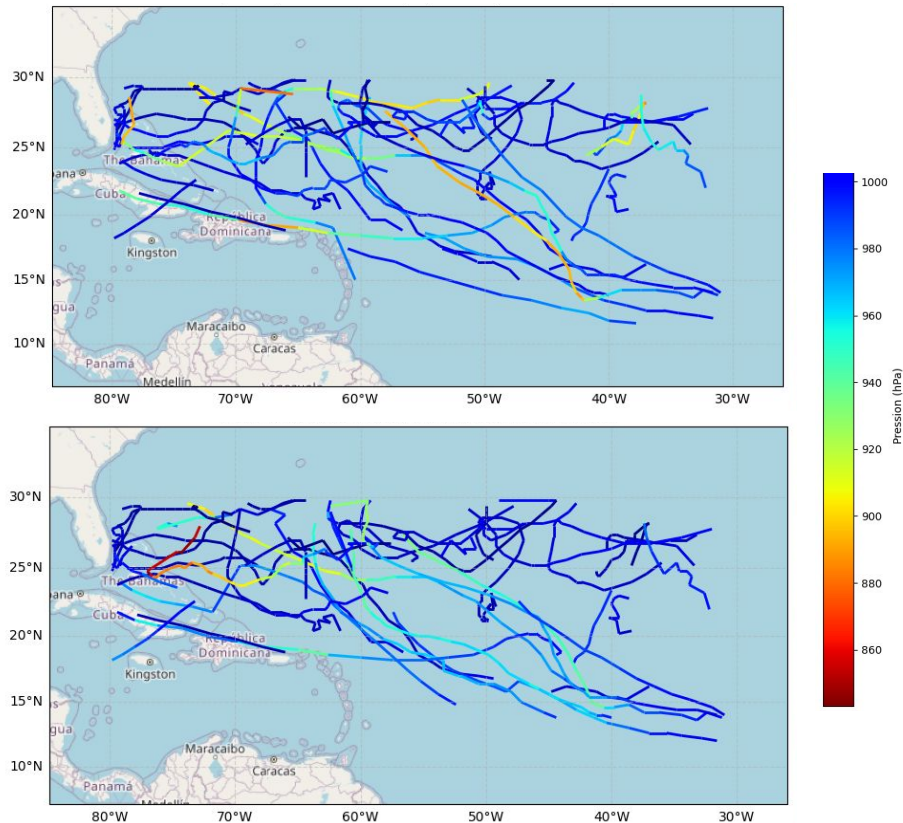
Plan

1. Contexte et objectif
2. Simulation de référence : analyse et comparaison
3. Choix du test de sensibilité et résultats attendus
4. Comparaison simulation de sensibilité / simulation de référence
5. Conclusion

Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

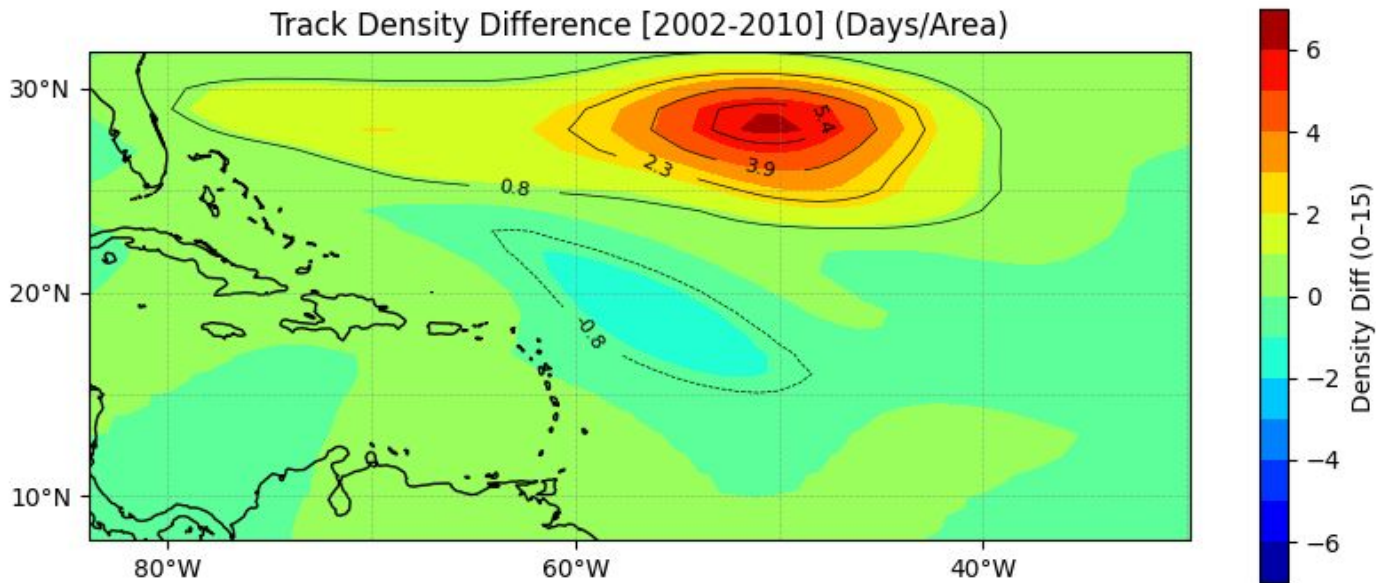
Simulation $N_{or} * 10$
44 trajectoires, 736 segments

Simulation $N_{or} / 10$
41 trajectoires, 719 segments



Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

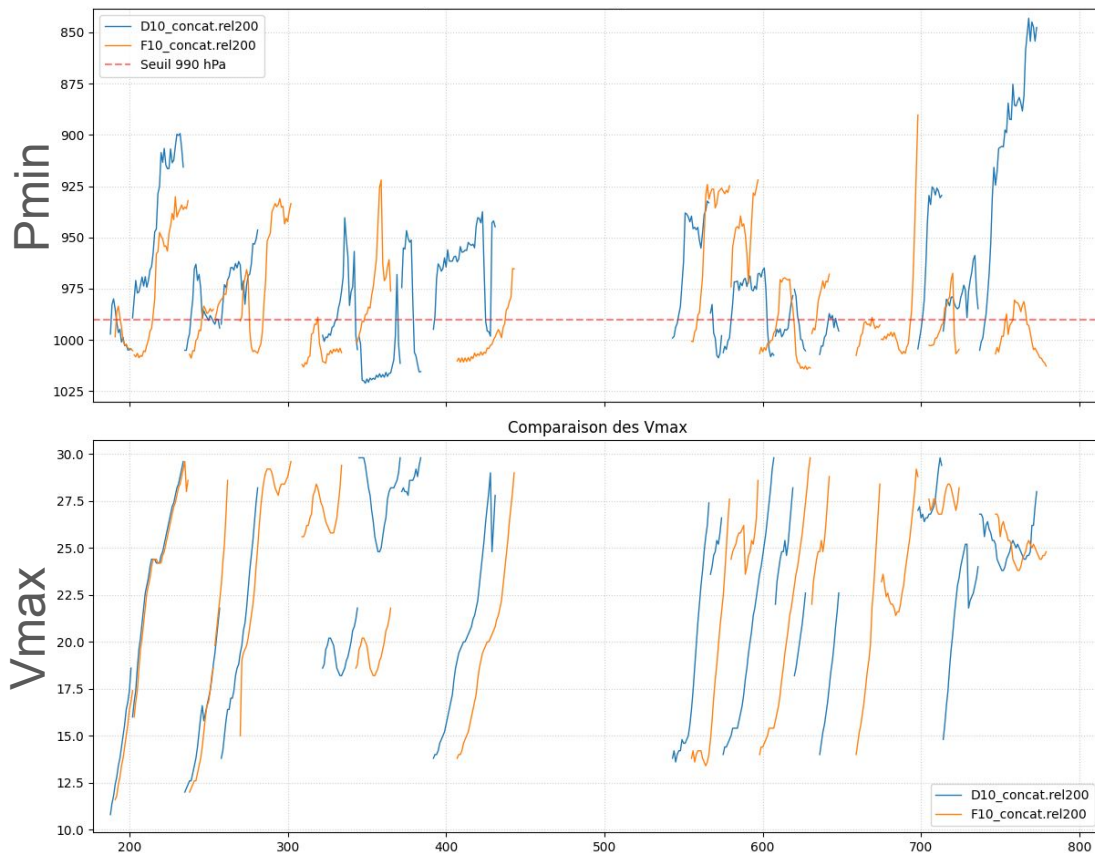
Densités de trajectoires
 $10N_{or} - N_{or}/10$



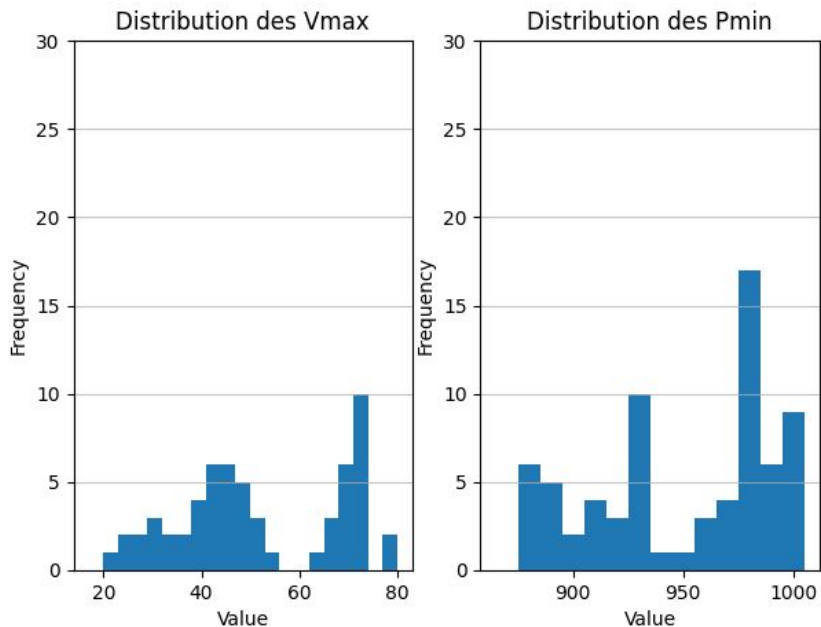
Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Pmin & Vmax de 2002 entre les
simulations de sensibilité

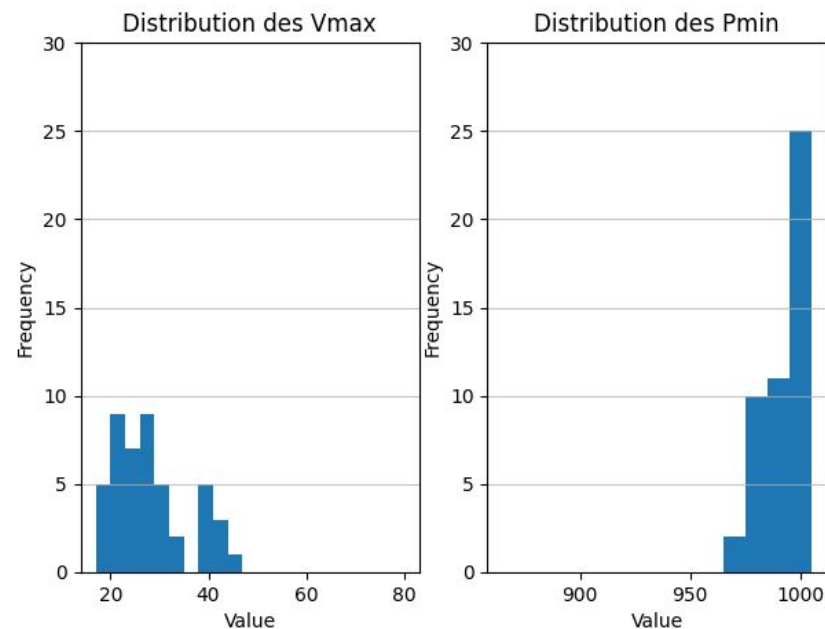
$N_{or}/10$
 $N_{or} * 10$



Résultats & comparaison des simulations de sensibilité



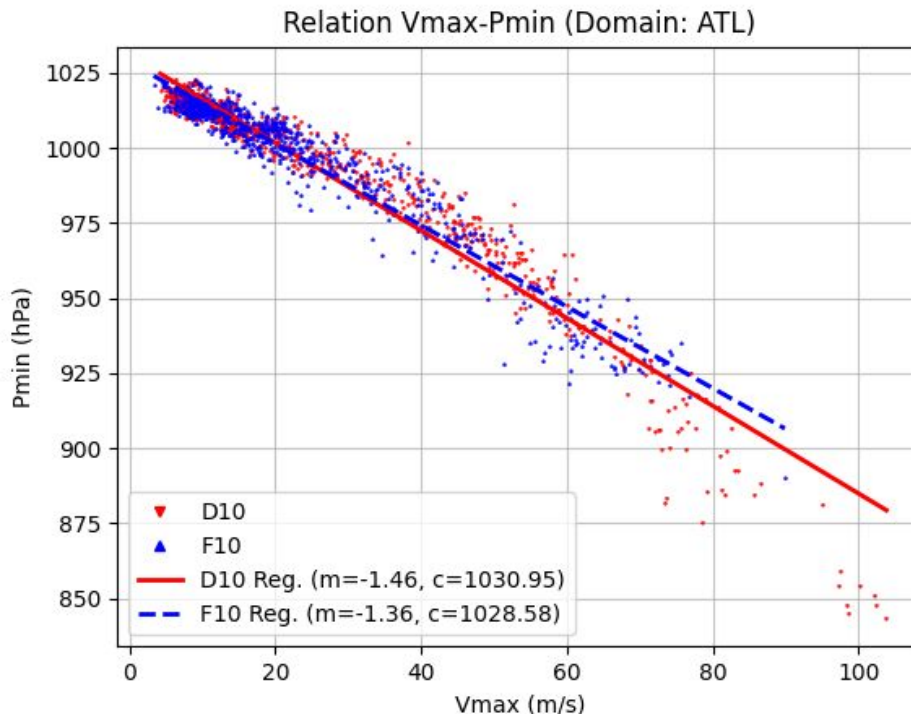
D10



F10

Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

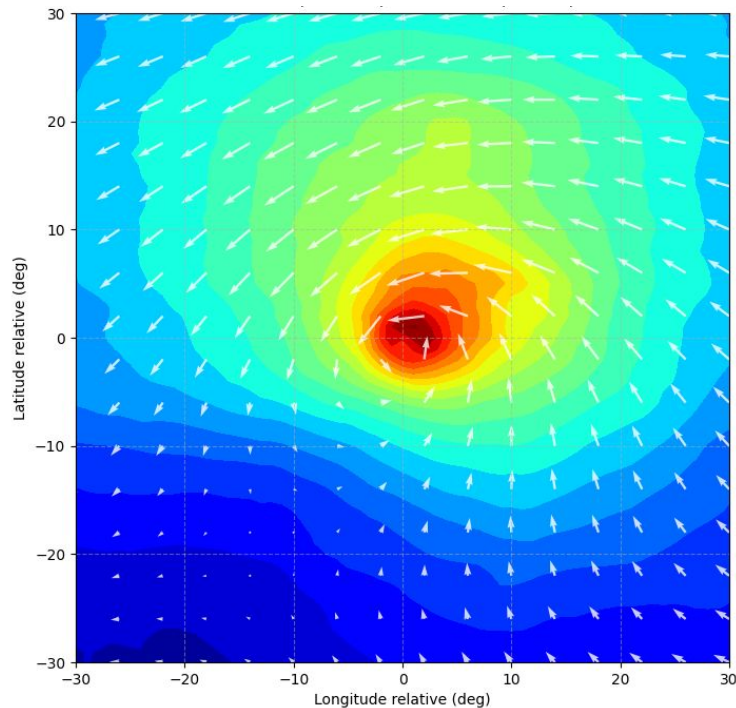
Pmin (hPa) selon Vmax (m/s)
pour les 2 simus de sensibilité



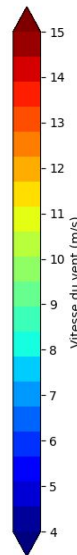
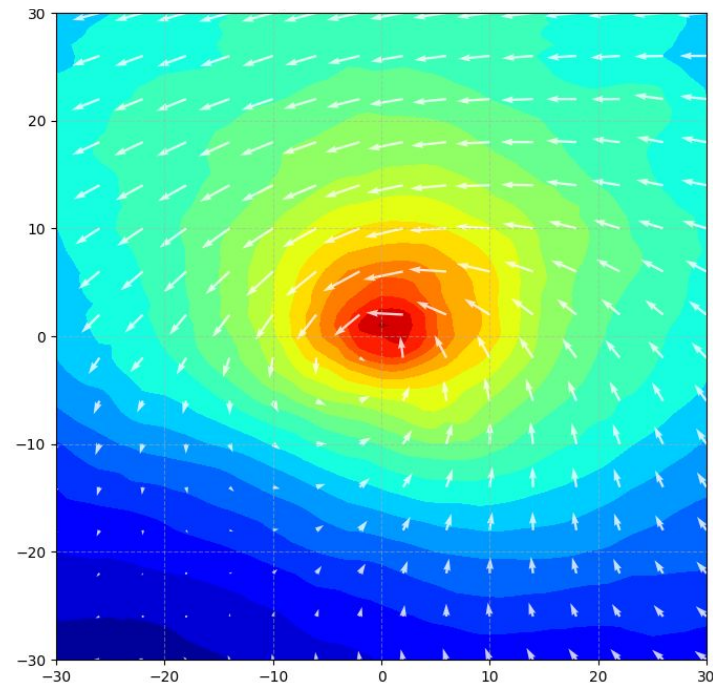
Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Vents de surface en m/s

D10



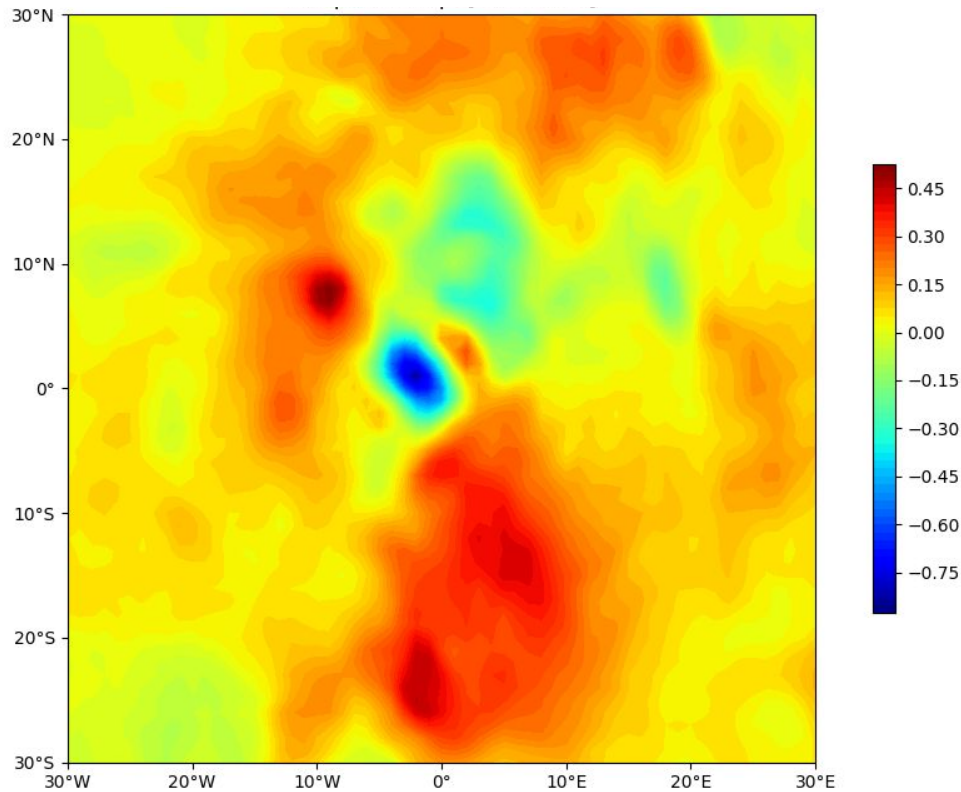
F10



Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Composite de
différences :
F10 - D10

Précipitations de surface
en mm/h



Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Simulation de sensibilité, compo des tranches de T de la surface à 300hPa

Surface

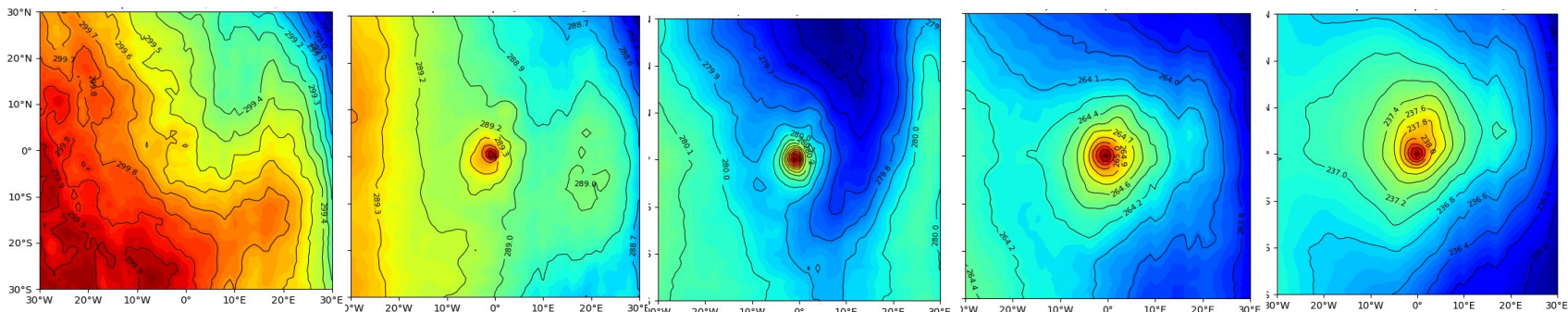
850hPa

700hPa

500hPa

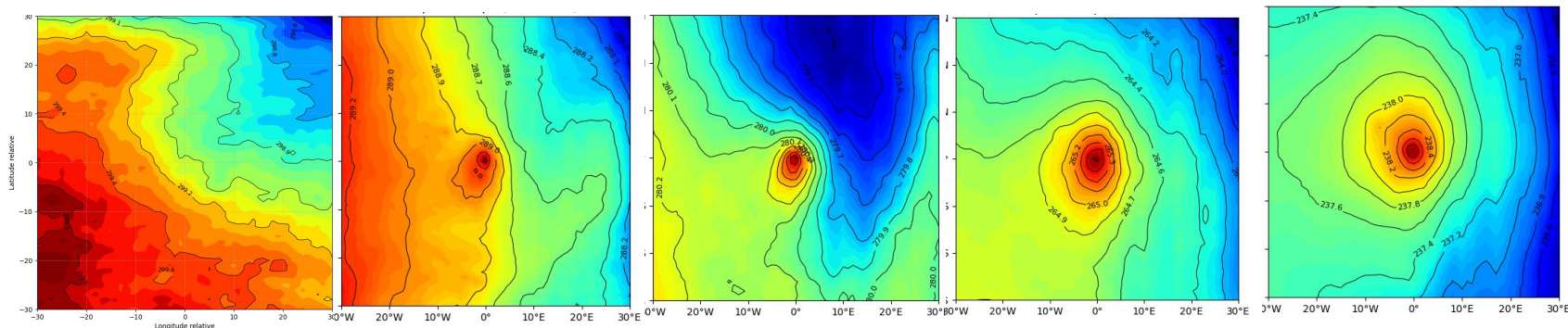
300hPa

D10



F10

échelles
en
annexe



Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Simulation de sensibilité, compo des tranches de RH de la surface à 300hPa

Surface

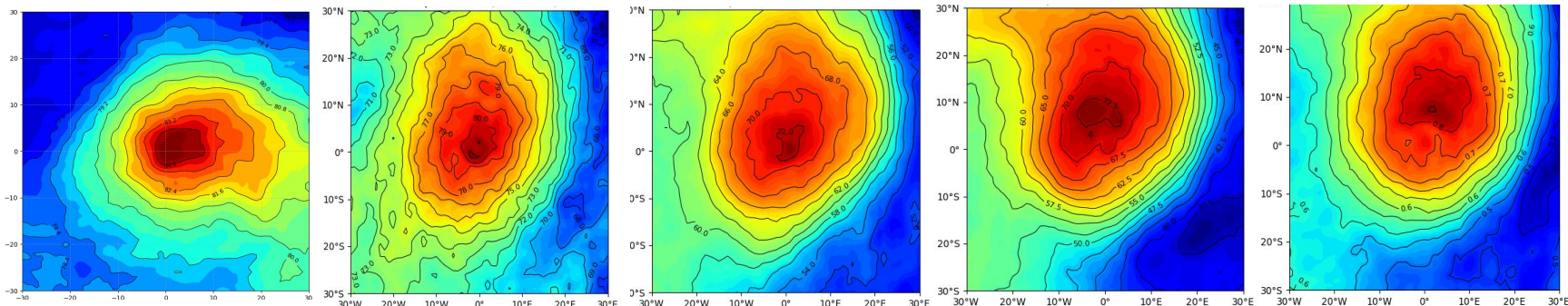
850hPa

700hPa

500hPa

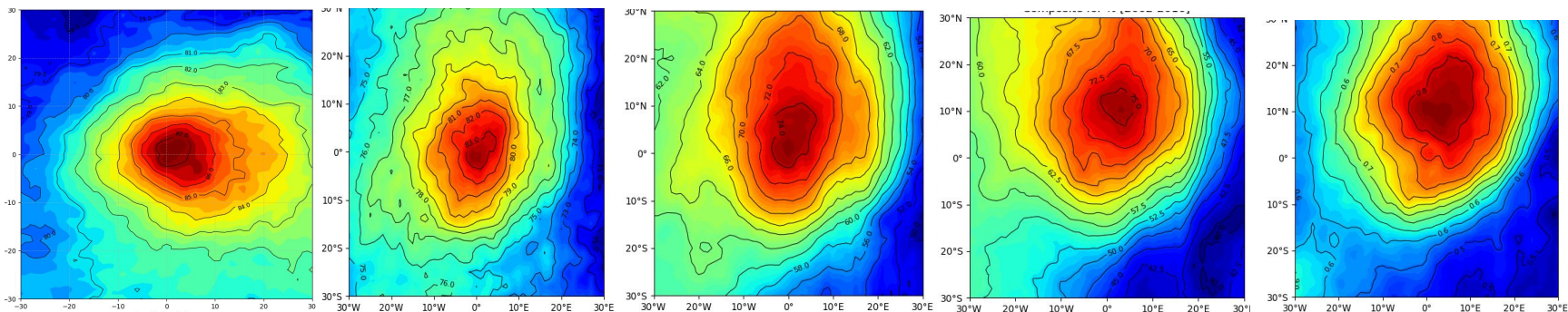
300hPa

D10



F10

échelles
en
annexe

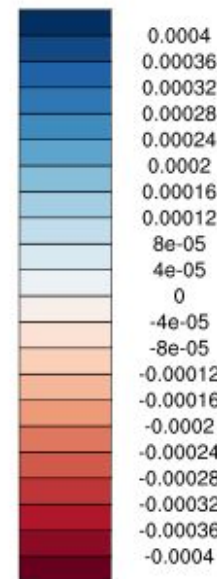
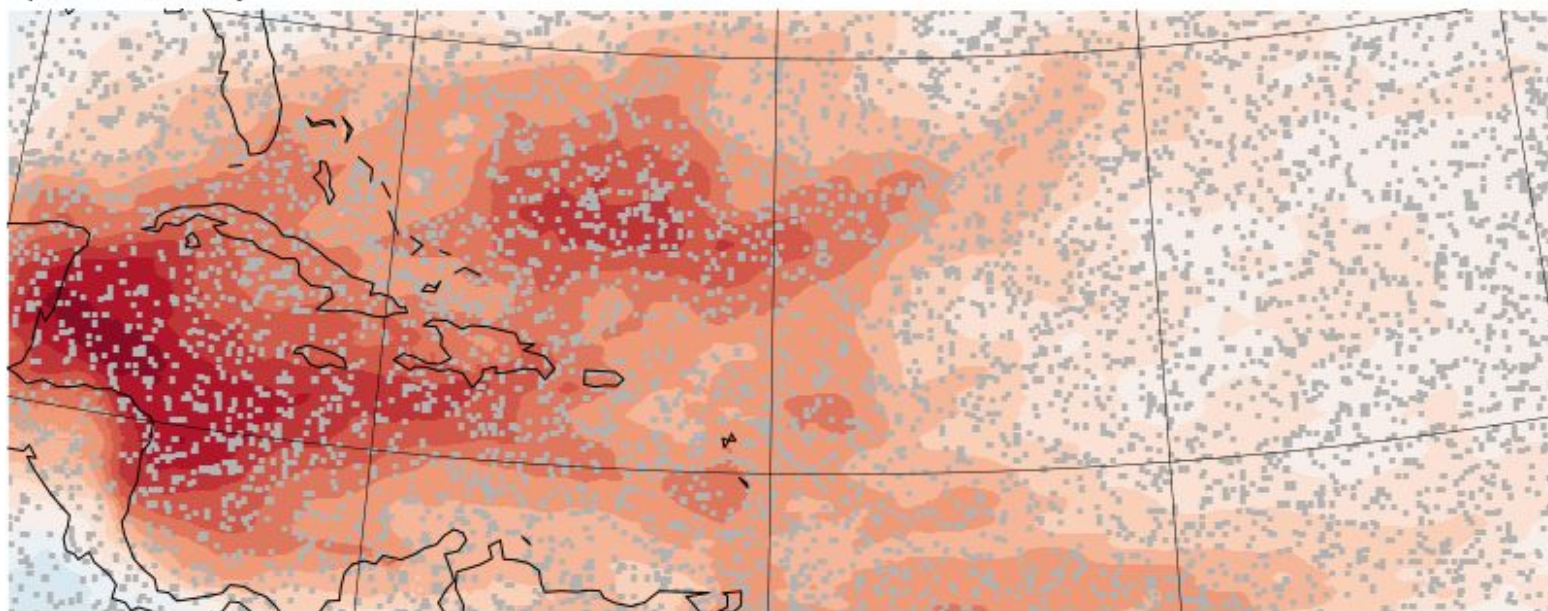


Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Différence d'humidité spécifique à 500 hPa (en kg/kg) entre D10 et F10 sur le trimestre juin-juillet-août

ALADIN(200101-201012) - ALADIN F10(200101-201012)
hus 500hPa JJA

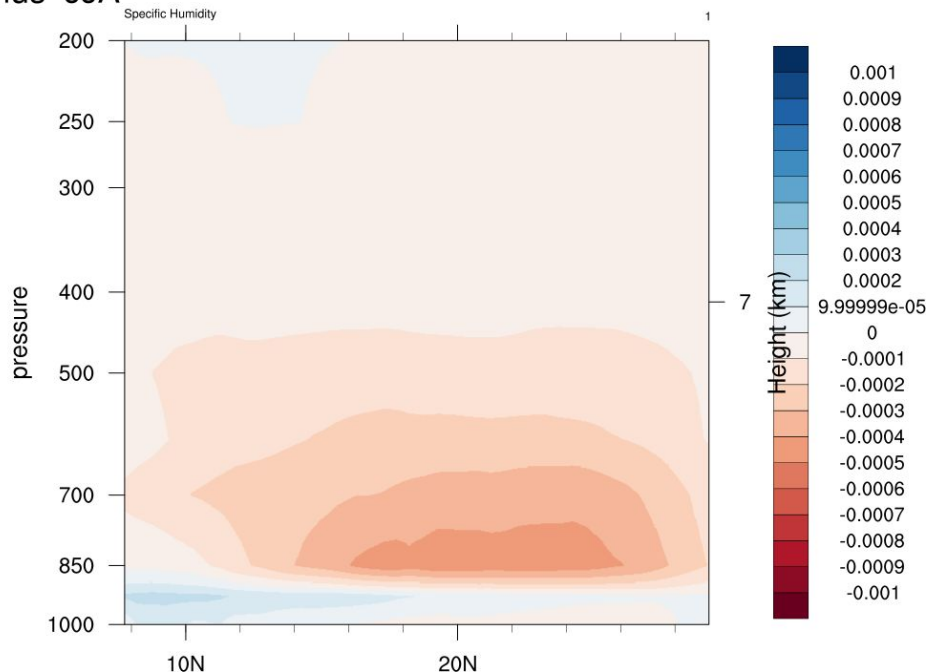
Specific Humidity



Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Différence d'humidité spécifique sur la verticale (en kg/kg) entre D10 et F10 sur le trimestre juin-juillet-août

ALADIN(200101-201012) - ALADIN F10(200101-201012)
hus JJA



Plan

1. Contexte et objectif
2. Simulation de référence : analyse et comparaison
3. Choix du test de sensibilité et résultats attendus
4. Comparaison simulation de sensibilité / simulation de référence
5. Conclusion

Comparaison hypothèses de départ et résultats observés

Hypothèses de départ : $N_{0r} \nearrow \Rightarrow E_r \nearrow \Rightarrow$ pluies et température $\searrow \Rightarrow$ activité cyclonique \searrow

Hypothèses de départ : simulation F10 \Rightarrow activité cyclonique \searrow

Résultats observés :

Plus de cyclones **en global** dans F10 que dans D10

mais cyclones plus intenses **en local** dans D10 que dans F10

Hypothèses de départ vérifiées en local mais pas en global

2025-2026

Merci pour votre attention

Florent Puy, IENM3



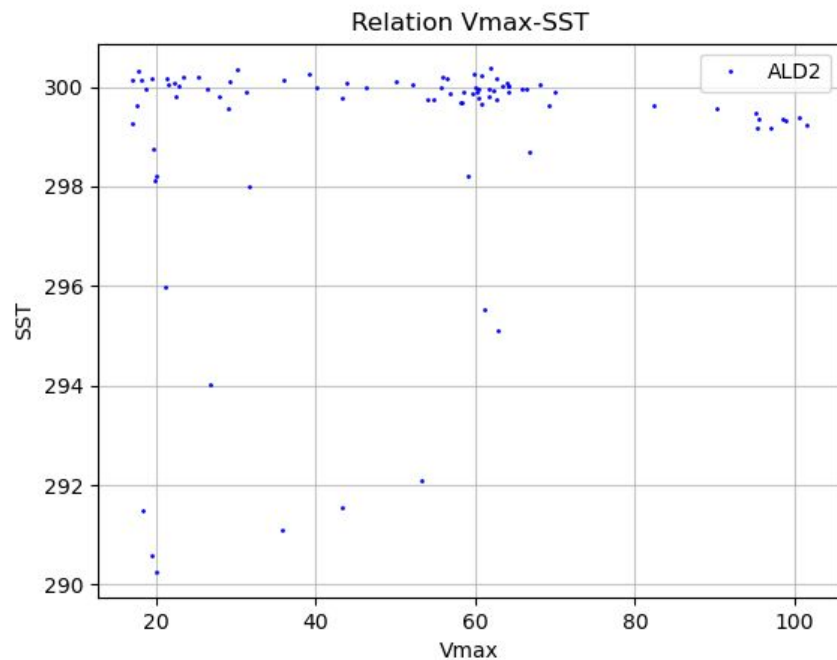
2025-2026

Annexe

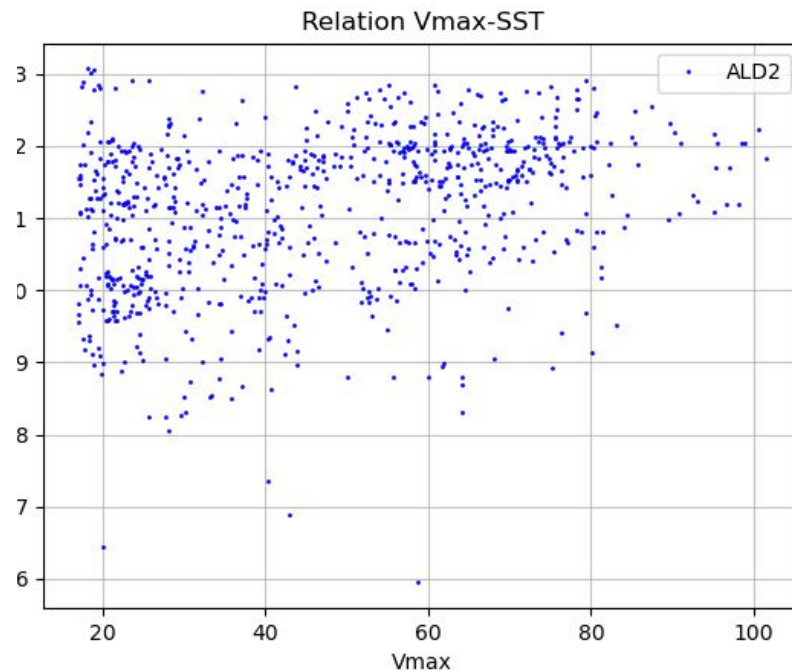
Florent Puy, IENM3

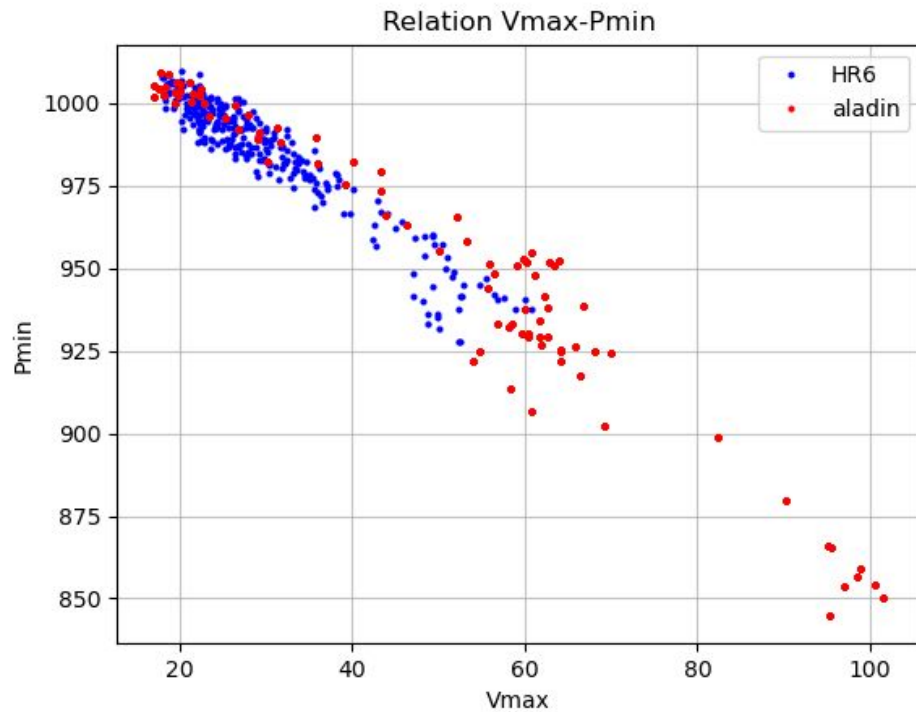


1 an

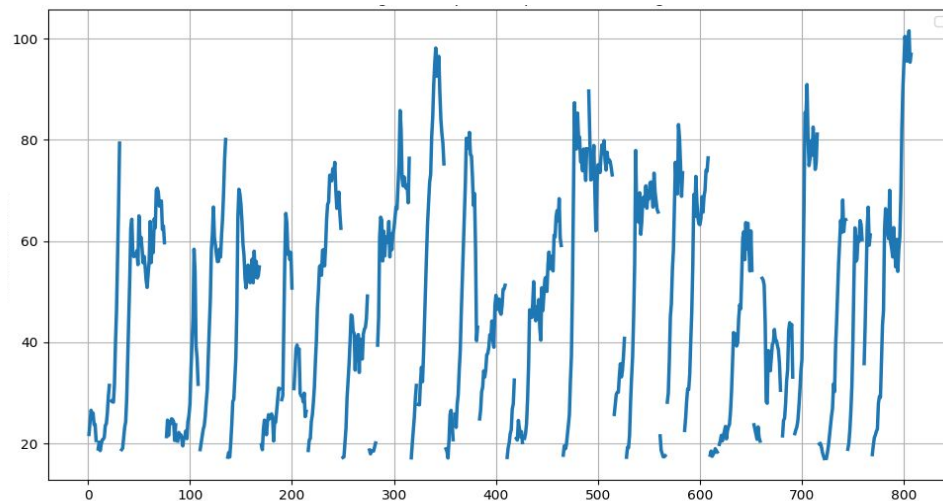


9 ans

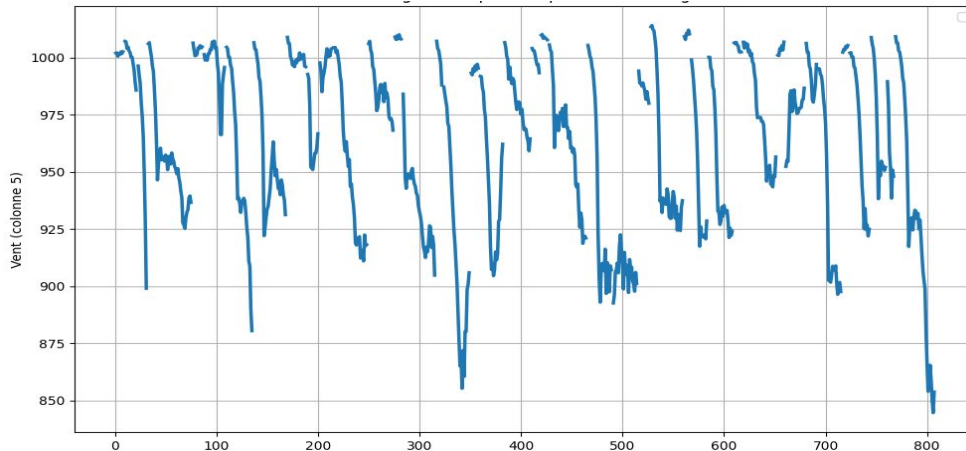




Vents maximums des cyclones

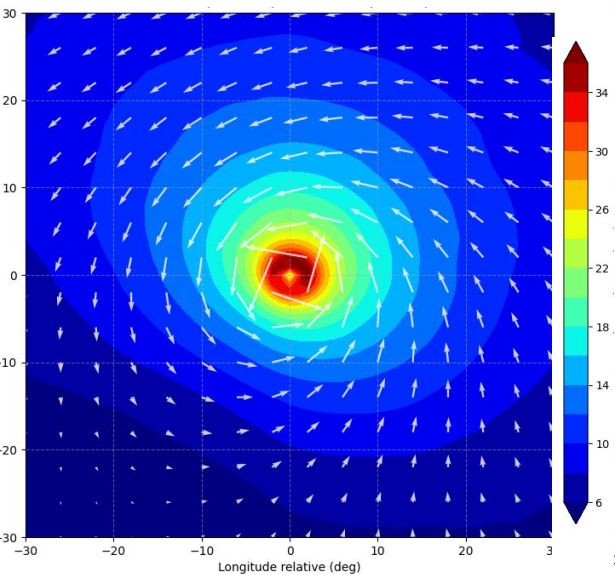


Pression minimales des cyclones

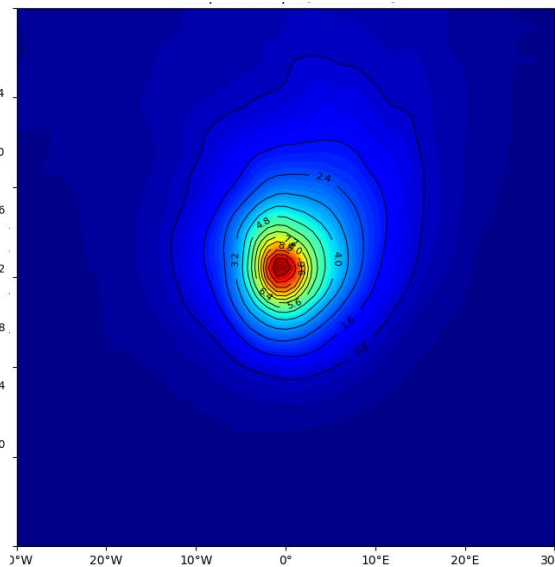


Images composites de Aladin-Climat - référence :

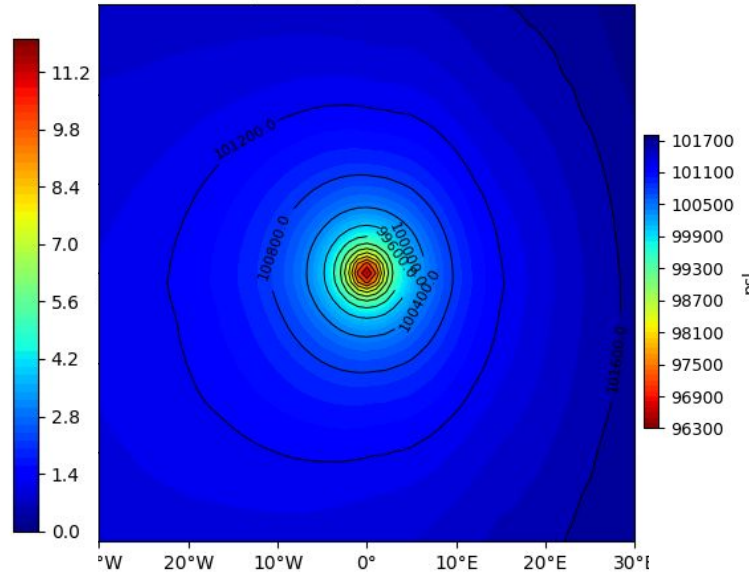
Vents de surface (m/s)



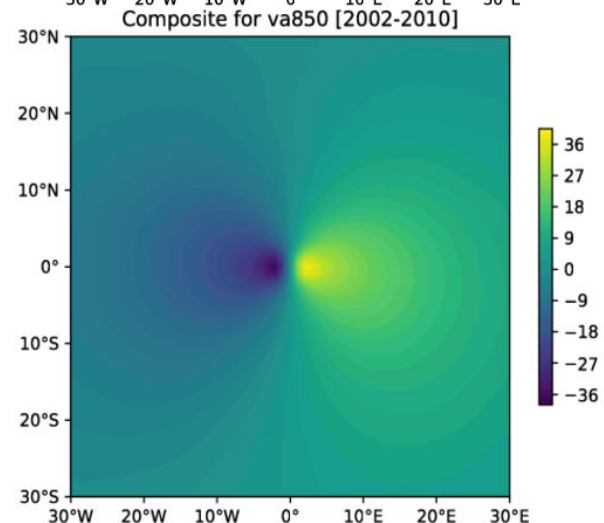
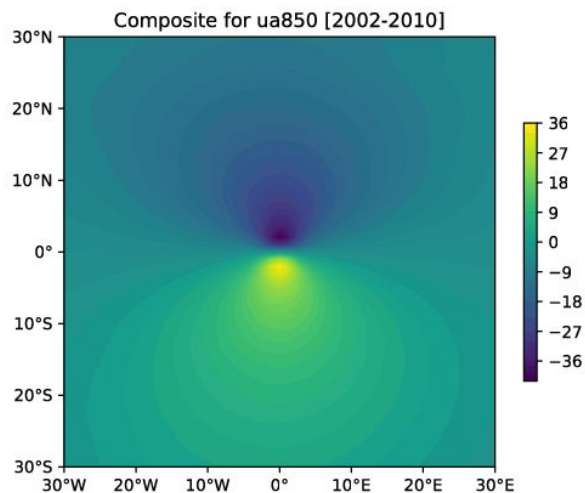
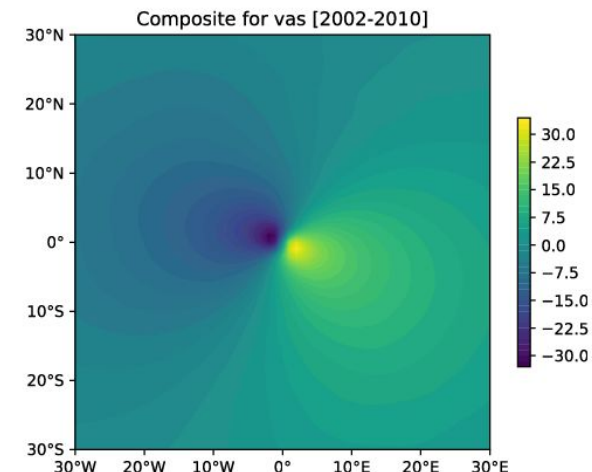
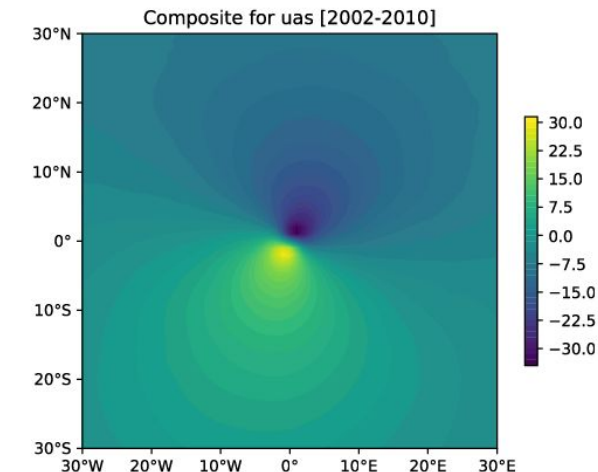
Précipitations (mm/h)

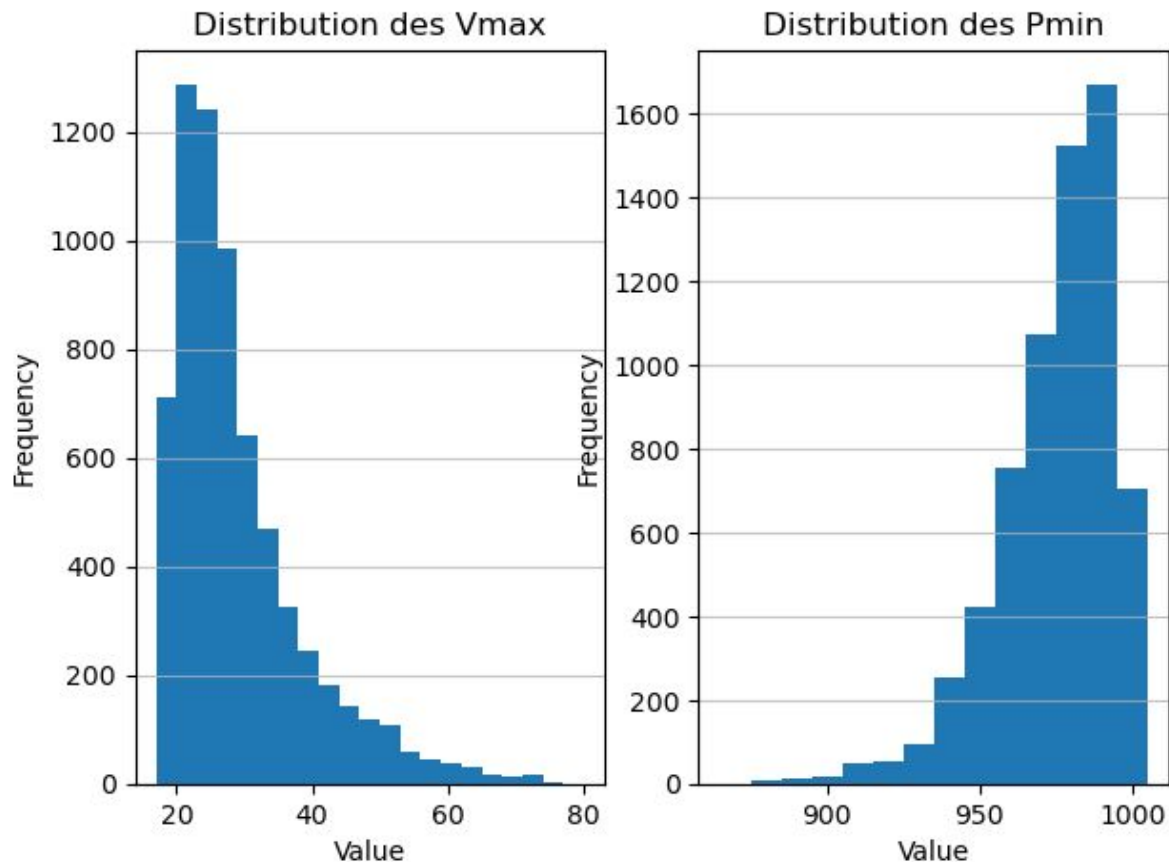


Pression de surface (Pa)



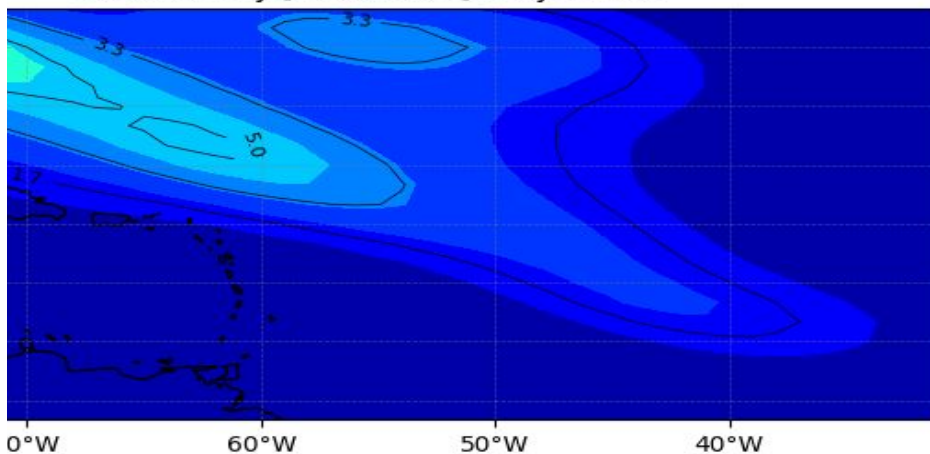
Images composites de vent de surface et à 850hPa



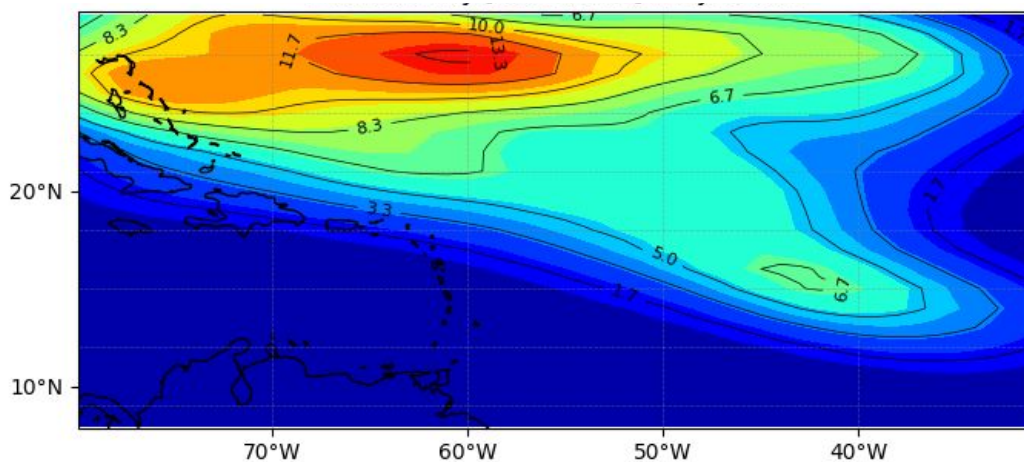


CNRM-CM6-1-HR global forceur, monde entier

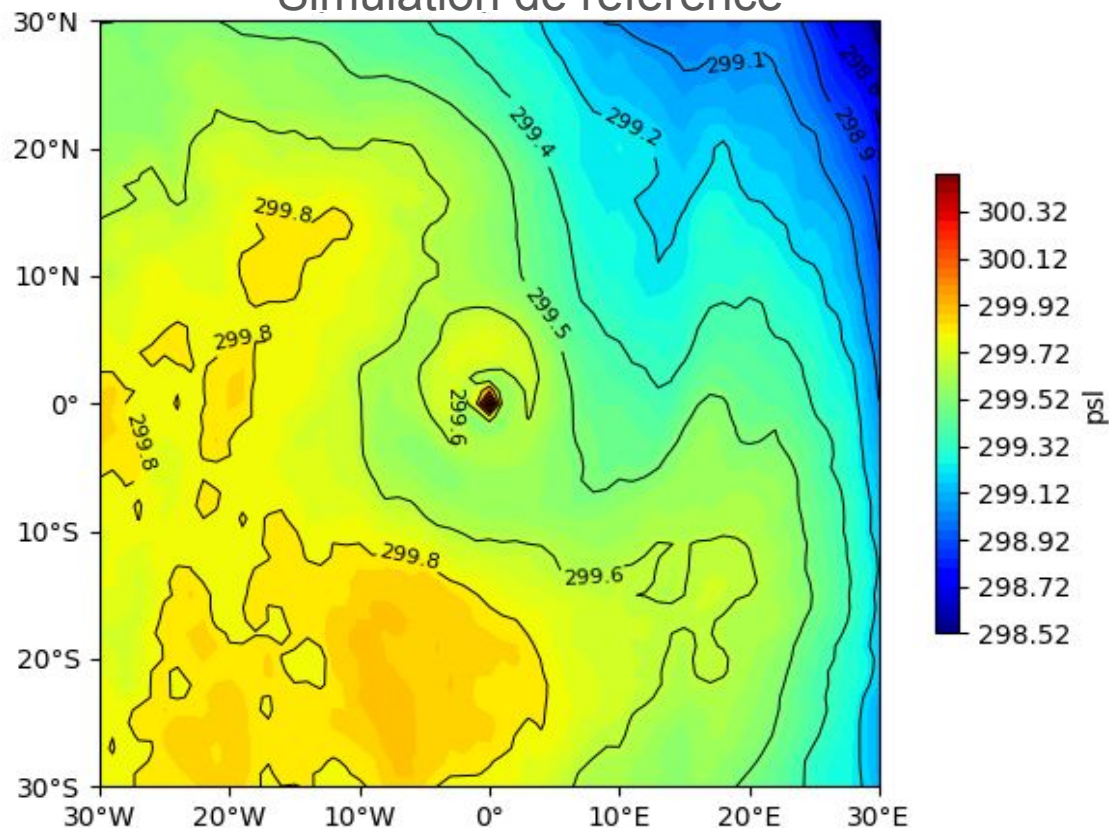
modèle forceur global CNRM-CM6-1-HR



modèle régional ALADIN-Climat

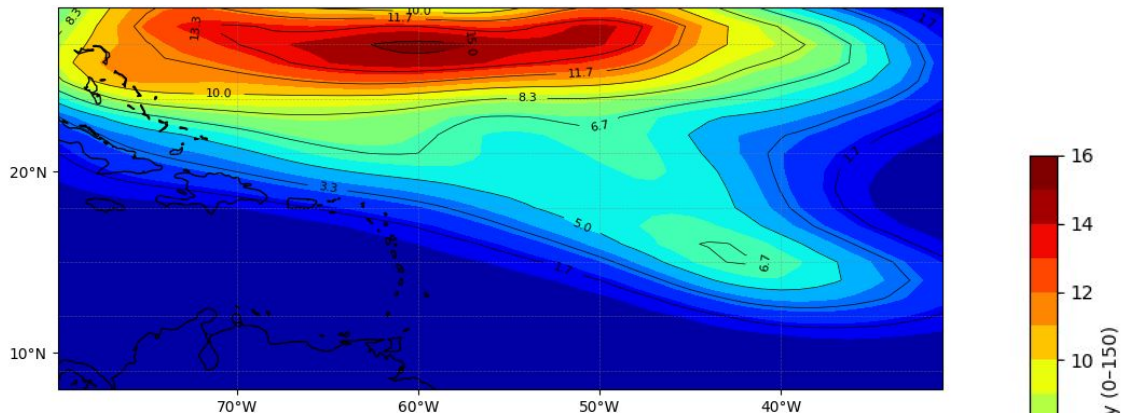


Images composites de températures de surface Simulation de référence

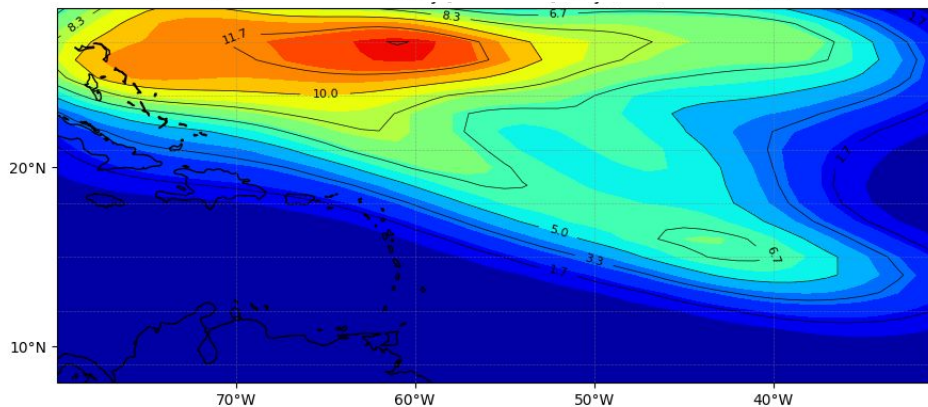


Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Simulation $N_{or} * 10$



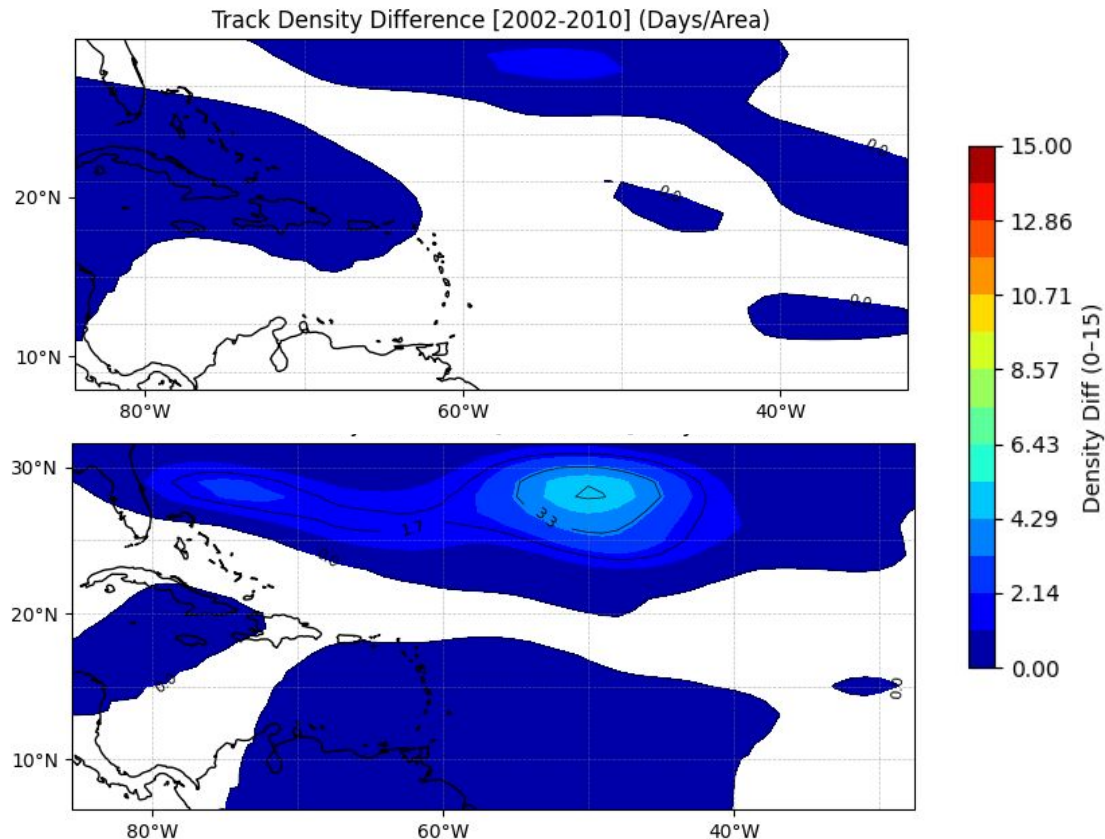
Simulation $N_{or} / 10$



Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Simulation $N_{or} * 10 - \text{ref}$

Simulation $N_{or} / 10 - \text{ref}$

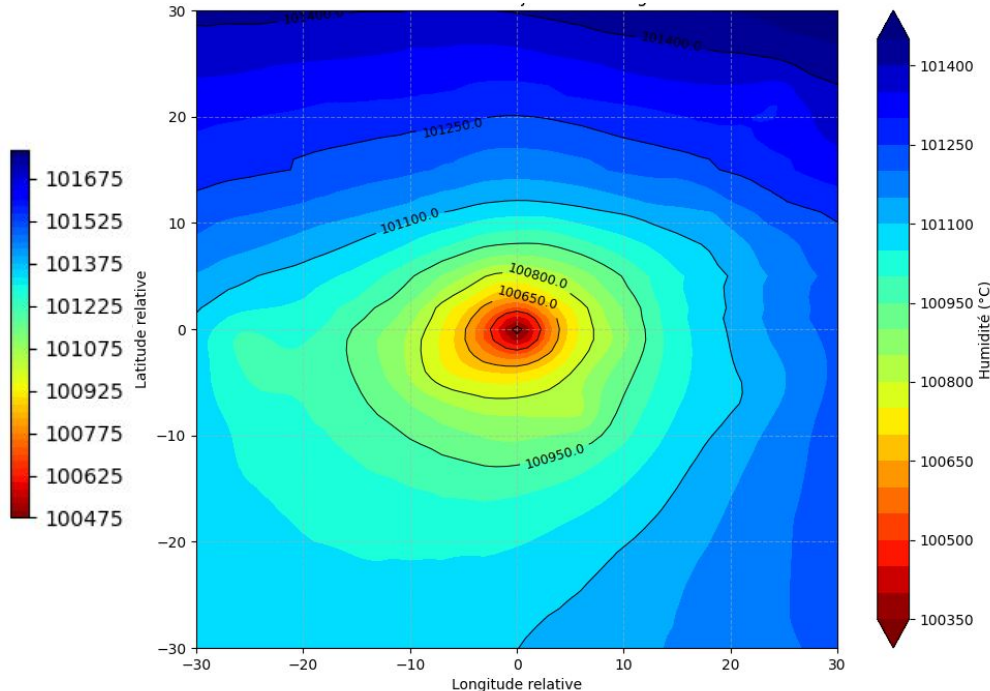
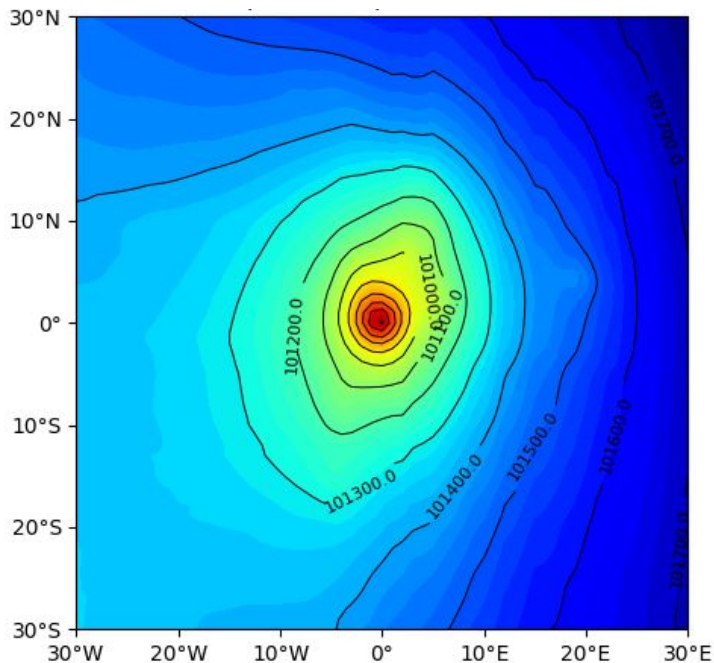


Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Simulation de sensibilité $N_{or} * 10$:

pression de surface en Pa

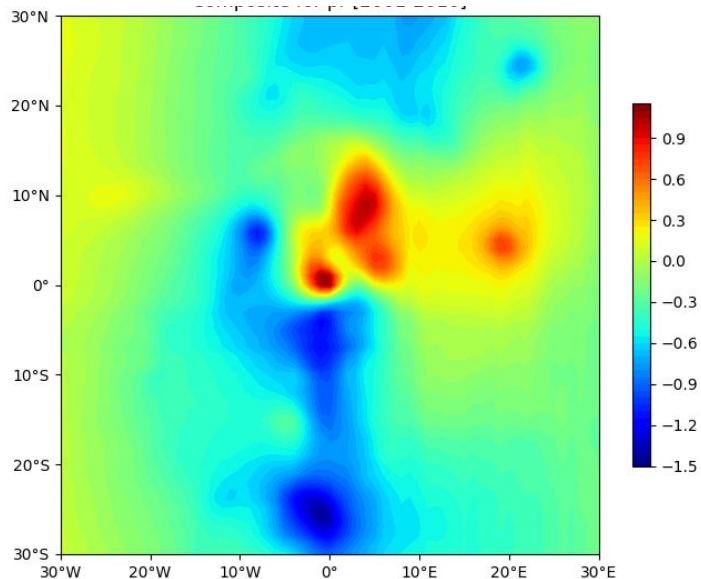
Pression de surface en Pa



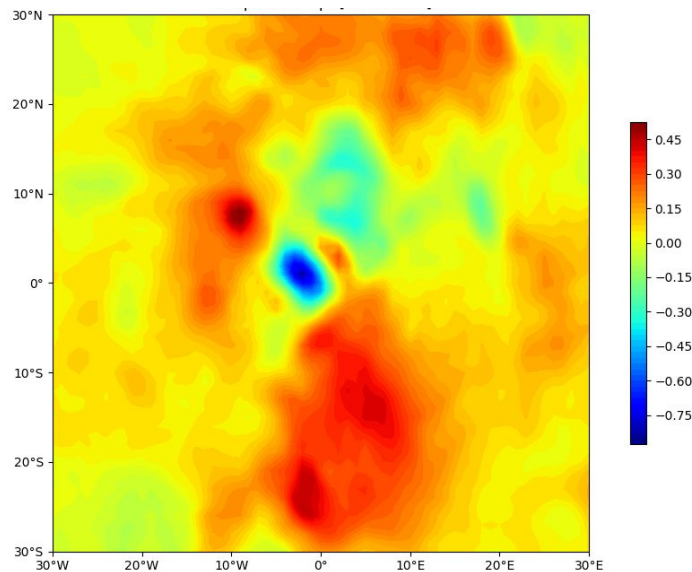
Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Simulation de sensibilité composites de différences F10 - D10 :

Pression de surface (hPa)



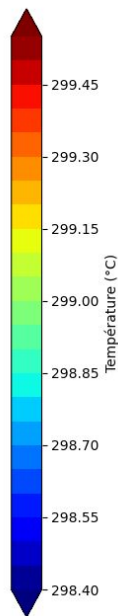
Précipitations de surface en mm/h



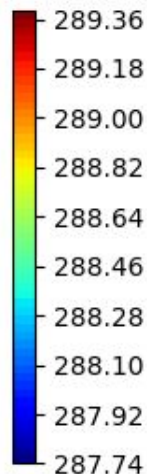
Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Échelles des figures composites de température

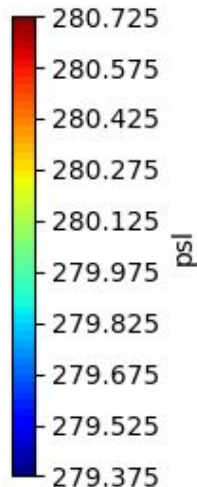
Surface



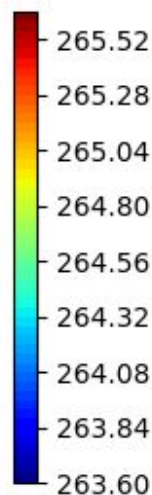
850hPa



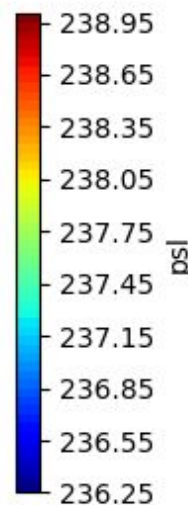
700hPa



500hPa



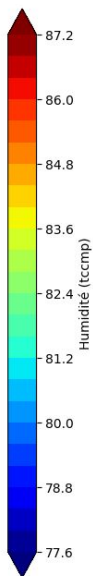
300hPa



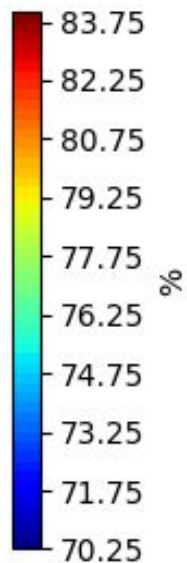
Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Échelles des figures composites d'humidité relative

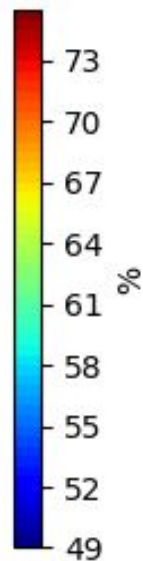
Surface



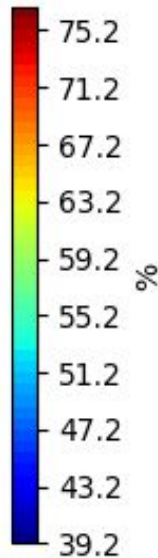
850hPa



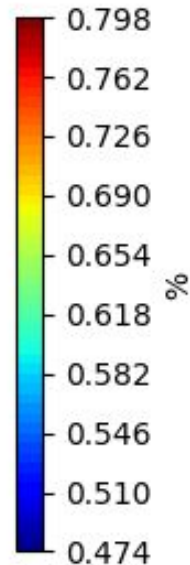
700hPa



500hPa



300hPa



Nombre de tempêtes tropicales (relaxation 10) vues par Aladin-Climat entre 2001 et 2010 Simulation de référence

Années	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Nombre	0	8	8	2	5	7	2	4	2	8

Soit une moyenne de 4,6 tempêtes tropicales par an

Un peu de théorie

$$N_r(D) = N_{0r} \exp(-\lambda_r D) \quad \text{avec} \quad \lambda_r = \left(\frac{\pi \rho_w N_{0r}}{\rho q_r} \right)^{1/4} \sim 4200 \text{ m}^{-1}$$

$\rho \sim 1 \text{ kg/m}^3$: **masse volumique de l'air**

$\rho_w \sim 1000 \text{ kg/m}^3$: **masse volumique de l'eau**

$q_r \sim 0,1 \text{ g/kg} = 10^{-4} \text{ kg/kg}$: **contenu spécifique en pluie** : masse des gouttes d'eau précipitantes sur la masse d'air humide (air sec, vapeur d'eau, condensats liquides ou solides)

$$\int N_r(D) dD \sim 2380 \text{ m}^{-3} \text{ avec } D \text{ variant de } 0 \text{ à } +\infty$$

Lien entre N_{0r} et l'évaporation des pluies E_r

$$E_x = \frac{4(1 - RH)(1 - CF)N_{0x}}{\rho(\mathcal{K}_x + \mathcal{D}_x)} \times \left[a_x \left(\frac{\rho q_x}{N_{0x}} \right)^{b_x} + c_x \left(\frac{\rho q_x}{N_{0x}} \right)^{d_x} \right]$$

x = r (rain) ou s (snow) : dans notre cas c'est r

N_{0r} , q_r et ρ sont les mêmes grandeurs que précédemment

a_r , b_r , c_r et d_r sont des constantes positives avec $b_r = 1/2$ et $d_r = 17/24$

RH : humidité relative (entre 0 et 1) et **CF** : fraction nuageuse (entre 0 et 1)

\mathcal{K}_x : conduction thermique de l'air humide, \mathcal{D}_x : diffusion de la vapeur d'eau dans l'air

Résultats & comparaison des simulations de sensibilité

Différence d'humidité relative en surface (en %) entre D10 et F10 sur le trimestre juin-juillet-août

ALADIN(200101-201012) - ALADIN F10(200101-201012)
hurs JJA

Near-Surface Relative Humidity

%

