

Relations d'échelle pour les précipitations : propriétés des extrêmes à plusieurs échelles spatiales et temporelles.

S. Innocenti¹, A. Mailhot¹, A. Frigon², A. Cannon³

¹.INRS, ².OURANOS, ³.ECCC

Symposium OURANOS

14-16 Novembre 2017

Estimer les extrêmes de précipitation

Problématique aux multiples facettes :



- Impacts importants dépendant de la durée et de la surface.
- Effets des changements climatiques.

Plusieurs échelles d'intérêt

Estimer les extrêmes de précipitation

Problématique aux multiples facettes :



- Impacts importants dépendant de la durée et de la surface.
- Effets des changements climatiques.

Défis de l'analyse :

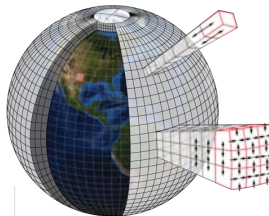
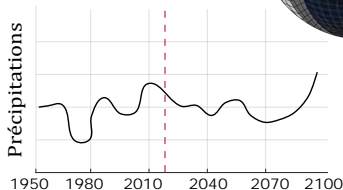
Résolution et couverture des données observées, biais et incertitudes, etc.

Plusieurs échelles d'intérêt

Extrêmes dans les données simulées

Modèles climatiques

Séries simulées pour une longue période
sur une grille régulière couvrant une région



Adapté de K. Canter, AGI

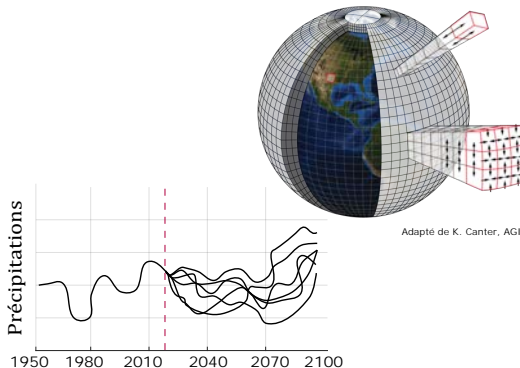
Information climatique sur les événements rares :

- Les résolutions spatiale et temporelle rapprochent celles des applications.
- Projections futures

Extrêmes dans les données simulées

Modèles climatiques \Rightarrow Grands ensembles

Nombreuses Séries simulées pour une longue période sur une grille régulière couvrant une région



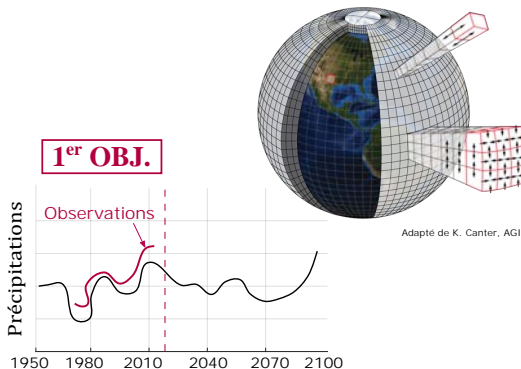
Information climatique sur les événements rares :

- Les résolutions spatiale et temporelle rapprochent celles des applications.
- Projections futures
- Mise en relief du signal climatique.

Extrêmes dans les données simulées

Modèles climatiques \Rightarrow Grands ensembles

Nombreuses Séries simulées pour une longue période sur une grille régulière couvrant une région



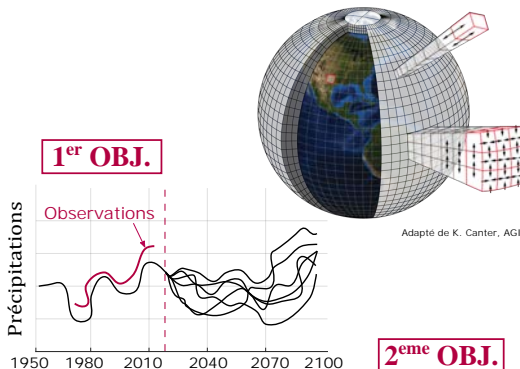
À évaluer :

- 1 La qualité et résolution des extrêmes simulés sont-elles adaptées aux applications ?

Extrêmes dans les données simulées

Modèles climatiques \Rightarrow Grands ensembles

Nombreuses Séries simulées pour une longue période sur une grille régulière couvrant une région



À évaluer :

1 La qualité et résolution des extrêmes simulés sont-elles adaptées aux applications ?

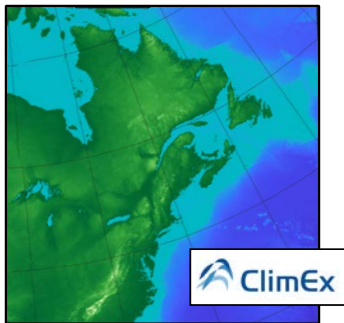
2 Évolution future

Extrêmes à plusieurs échelles

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100, $\approx 12\text{km}$, 1h

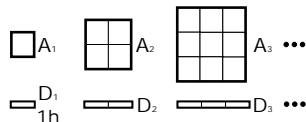
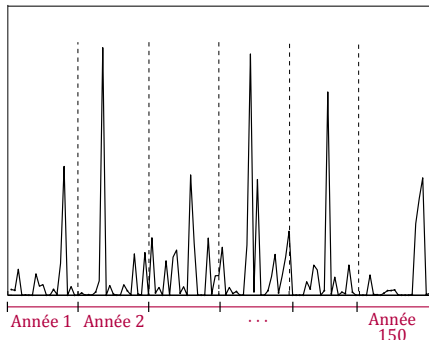
[Martynov et al. 2013, Separovic et al. 2013]



Extrêmes à plusieurs échelles

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100, $\approx 12\text{km}$, 1h

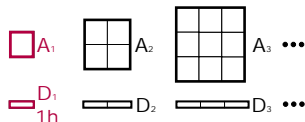
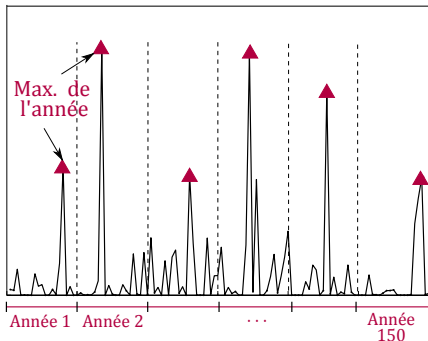


**Séries des Intensités
de précipitations pour (A, D)**

Extrêmes à plusieurs échelles

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100, $\approx 12\text{km}$, 1h

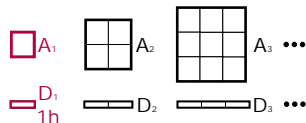
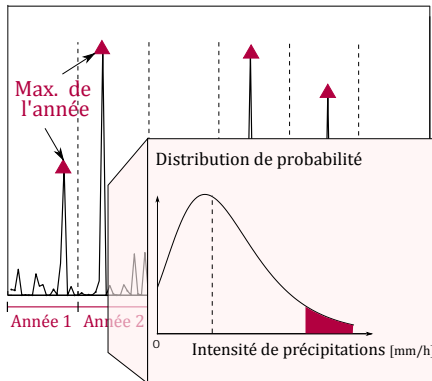


Séries des Intensités
de précipitations pour (A, D)
 \Rightarrow Maxima Annuels (MA)

Extrêmes à plusieurs échelles

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100, $\approx 12\text{km}$, 1h



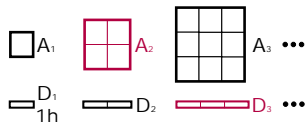
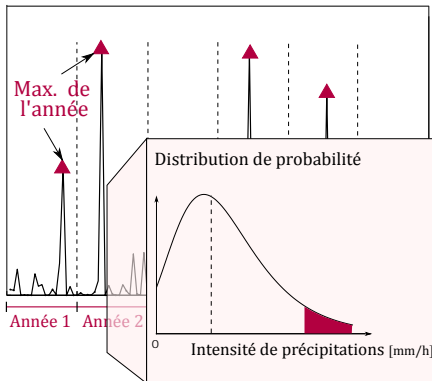
Séries des Intensités de précipitations pour (A, D)
 \Rightarrow Maxima Annuels (MA)

• Propriétés statistiques

Extrêmes à plusieurs échelles

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100, $\approx 12\text{km}$, 1h



Séries des Intensités de précipitations pour (A, D)
 \Rightarrow Maxima Annuels (MA)

- Propriétés statistiques
- Comment ces propriétés statistiques changent avec l'échelle (A, D) ?

Extrêmes à plusieurs échelles - Évaluation

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

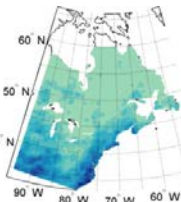
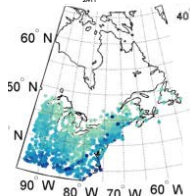
50 simulations du MRCC5
1950 - 2100, $\approx 12\text{km}$, 1h

Satellite - Stations
CMORPH

[CPC, Joyce et al. (2004)]

8 km, 30 min, 1998-2016

55 Median Depth (mm) 125
24h



Stations
Météorologiques

[MDDELCC, ECCC, NOAA]

1h, 15 min, 1950-2013

Obj. 1 : Comparaison avec les données observées

Séries des Intensités de précipitations pour (A, D)

\Rightarrow Maxima Annuels (MA)

- Propriétés statistiques
- Comment ces propriétés statistiques changent avec l'échelle (A, D) ?

Extrêmes à plusieurs échelles - Évaluation

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

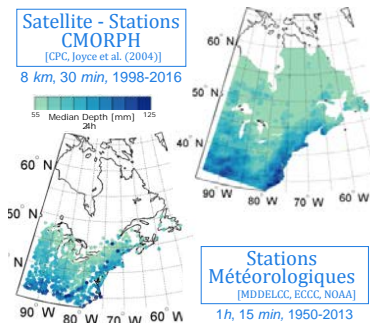
50 simulations du MRCC5
1950 - 2100, $\approx 12\text{km}$, 1h

Satellite - Stations
CMORPH

[CPC, Joyce et al. (2004)]

8 km, 30 min, 1998-2016

55 Median Depth (mm) 125
24h



Stations
Météorologiques

[MDELCC, ECCC, NOAA]

1h, 15 min, 1950-2013

Obj. 1 : Comparaison avec
les données observées

Séries des Intensités
de précipitations pour (A, D)

⇒ Maxima Annuels (MA)

Données sur Grille
MSWEP v2

[Beck et al. 2017]

$\approx 10\text{km}$, 3h, 1979-2016

Données simulées
modèle WRF

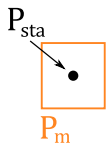
[Liu et al. 2017]

4km, 1h, 2001-2013

Propriétés statistiques des extrêmes

Impact des échelles

Comparaison des quantiles entre les ensembles de données :



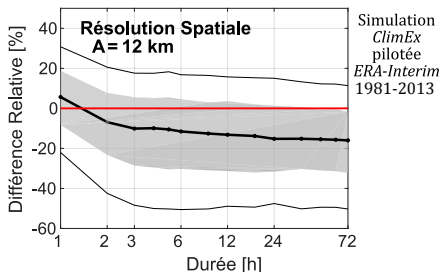
A diagram illustrating the comparison of quantiles. It features a square box with an orange border. Inside the box is a black dot. An arrow points from the label P_{sta} to the dot. Below the box is the label P_m . To the right of the box is a rectangular box containing the formula:

$$\frac{P_{sta} - P_m}{P_{sta}} \times 100$$

Propriétés statistiques des extrêmes


Impact des échelles

Comparaison des quantiles entre les ensembles de données :



La différence dépend de la durée :

- Positive pour les D courtes
 $P_{sta} > P_m$
- Négative pour les D longues
 $P_{sta} < P_m$

P_{sta}

 P_m

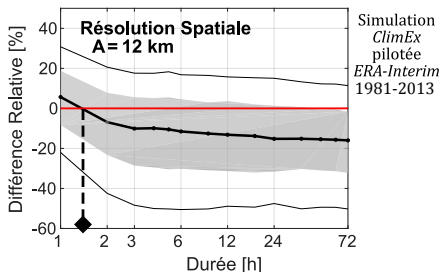
$$\frac{P_{sta} - P_m}{P_{sta}} \times 100$$

**Période de retour
25 ans**

Propriétés statistiques des extrêmes

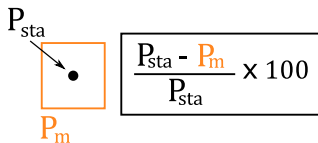
Impact des échelles

Comparaison des quantiles entre les ensembles de données :



La différence dépend de la durée :

- Positive pour les D courtes
 $D < d^\blacklozenge \quad P_{sta} > P_m$
- Négative pour les D longues
 $D > d^\blacklozenge \quad P_{sta} < P_m$

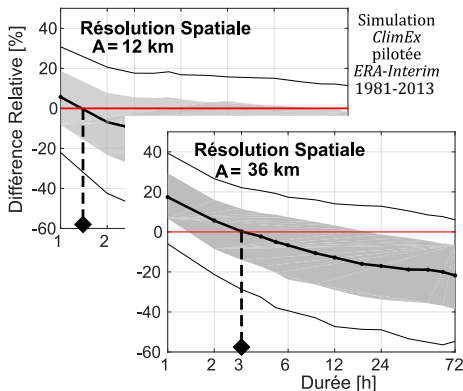


**Période de retour
25 ans**

Propriétés statistiques des extrêmes

Impact des échelles

Comparaison des quantiles entre les ensembles de données :



La différence dépend de la durée :

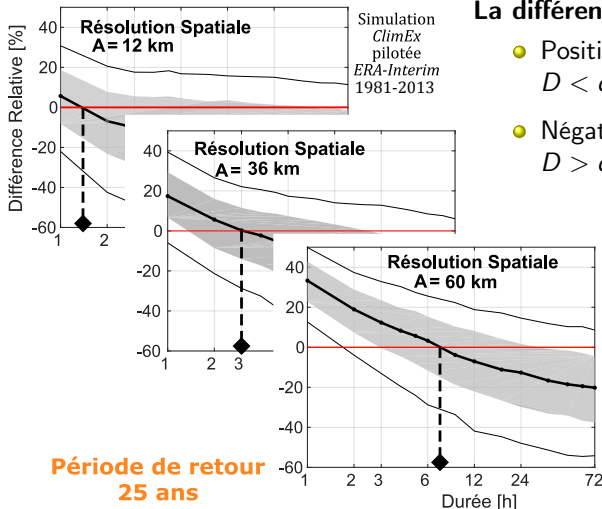
- Positive pour les D courtes
 $D < d^\diamond$ $P_{sta} > P_m$
- Négative pour les D longues
 $D > d^\diamond$ $P_{sta} < P_m$

Période de retour
25 ans

Propriétés statistiques des extrêmes

Impact des échelles

Comparaison des quantiles entre les ensembles de données :



La différence dépend de la durée :

- Positive pour les D courtes
 $D < d^{\blacklozenge} \quad P_{sta} > P_m$
- Négative pour les D longues
 $D > d^{\blacklozenge} \quad P_{sta} < P_m$

Relation avec D et A

Cruciale pour l'utilisation des données

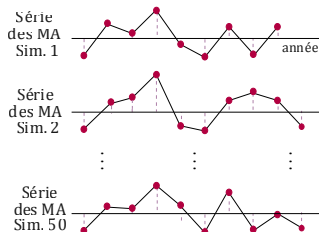
Stratégies de correction de *bias*, de descente d'échelle, etc
[p. ex. Haerter et al. 2015]

Extrêmes à plusieurs échelles - Évolution future

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100

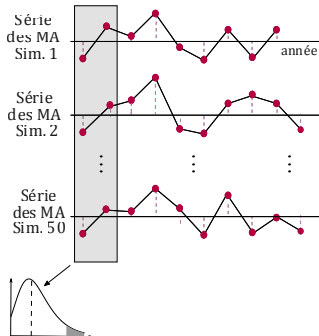
Obj. 2 : Impacts des
changements climatiques ?



Extrêmes à plusieurs échelles - Évolution future

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100



Obj. 2 : Impacts des changements climatiques ?

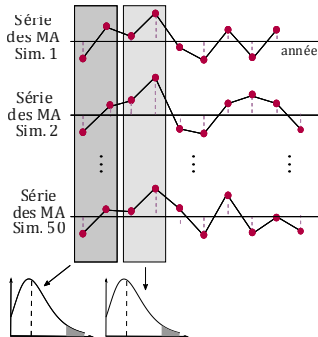
Combiner les MA des 50 simulations

sur des courtes périodes
p.ex. 3 ans

Extrêmes à plusieurs échelles - Évolution future

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100



Obj. 2 : Impacts des changements climatiques ?

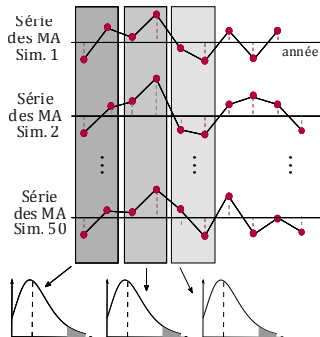
Combiner les MA des 50 simulations

sur des courtes périodes
p.ex. 3 ans

Extrêmes à plusieurs échelles - Évolution future

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100



Obj. 2 : Impacts des
changements climatiques ?

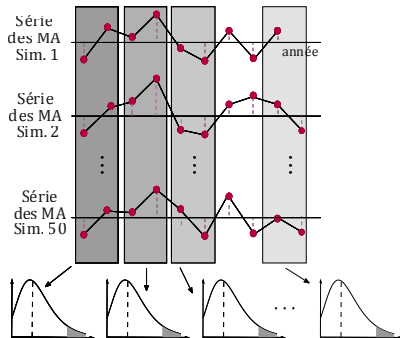
Combiner les MA des 50
simulations

sur des courtes périodes
p.ex. 3 ans

Extrêmes à plusieurs échelles - Évolution future

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100



Obj. 2 : Impacts des changements climatiques ?

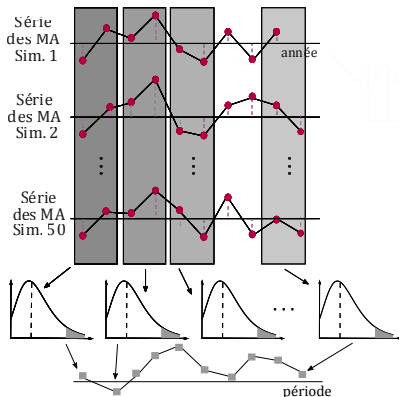
Combiner les MA des 50 simulations

sur des courtes périodes
p.ex. 3 ans

Extrêmes à plusieurs échelles - Évolution future

Grand ensemble ClimEx pour estimer les extrêmes de précipitation à plusieurs échelles spatiales A et temporelles D .

50 simulations du MRCC5
1950 - 2100



Obj. 2 : Impacts des changements climatiques ?

Combiner les MA des 50 simulations

sur des courtes périodes
p.ex. 3 ans

Séries temporelles des statistiques de MA
[p. ex. séries des quantiles]

Évolution temporelle des extrêmes

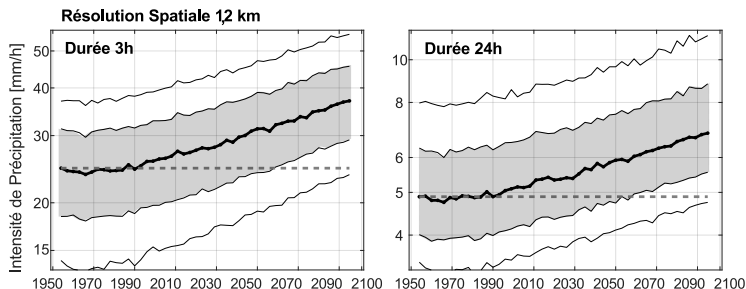
1950 - 2100 : 50 périodes de 3 ans, chacune de 150 MA

⇒ 50 estimations du quantile de période de retour 100 ans

Évolution temporelle des extrêmes

1950 - 2100 : 50 périodes de 3 ans, chacune de 150 MA

⇒ 50 estimations du quantile de période de retour 100 ans

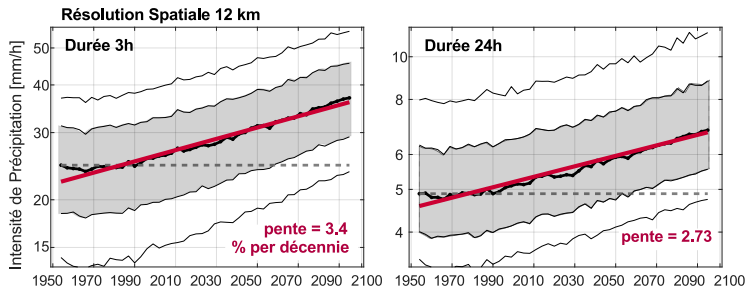


- Augmentations pour la plus part des points de grille et quantiles.

Évolution temporelle des extrêmes

1950 - 2100 : 50 périodes de 3 ans, chacune de 150 MA

⇒ 50 estimations du quantile de période de retour 100 ans



- Augmentations pour la plus part des points de grille et quantiles.
 - Forte dépendance avec la durée D mais moins claire avec A .
- ⇒ Évolution des **relations d'échelle** et des **systèmes météo.** .

Conclusions

ClimEx pour les extrêmes à plusieurs échelles A et D :

- Comparaison des estimations avec les données aux stations
 - ◇ Faibles différences pour les courtes durées D .
 - ◇ Variation avec D et A : Relations d'échelle et d^\diamond de transition.

Conclusions

ClimEx pour les extrêmes à plusieurs échelles A et D :

- Comparaison des estimations avec les données aux stations
 - ◇ Faibles différences pour les courtes durées D .
 - ◇ Variation avec D et A : Relations d'échelle et d^* de transition.
- **Grand ensemble *ClimEx*** \Rightarrow Étudier les impacts des changements climatiques sur les extrêmes à petite échelle :
 - ◇ Augmentations importantes sur l'ensemble du territoire, surtout sur les courtes durées.
 - ◇ Évolution des relations d'échelle dans le temps \rightarrow nature des systèmes météorologiques générant les extrêmes.

Conclusions

ClimEx pour les extrêmes à plusieurs échelles A et D :

- Comparaison des estimations avec les données aux stations
 - ◇ Faibles différences pour les courtes durées D .
 - ◇ Variation avec D et A : Relations d'échelle et d^\diamond de transition.
- **Grand ensemble *ClimEx*** \Rightarrow Étudier les impacts des changements climatiques sur les extrêmes à petite échelle :
 - ◇ Augmentations importantes sur l'ensemble du territoire, surtout sur les courtes durées.
 - ◇ Évolution des relations d'échelle dans le temps \rightarrow nature des systèmes météorologiques générant les extrêmes.

À intégrer : description analytique des lois d'échelle

\Rightarrow Post-traitement des données pour les applications
[p. ex. correction biais]

Merci pour votre attention

Références

- <http://www.climex-project.org/>
- Beck et al. [2017], “MSWEP”, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*
- Joyce et al. [2004], “CMORPH”, *Journal of Hydrometeorology*
- Haerter et al. [2015], “Statistical precipitation bias correction of gridded model data using point measurements”, *Geophysical Research Letters*
- Martynov et al. [2013], “Reanalysis-driven climate simulation over CORDEX North America domain using the Canadian Regional Climate Model, version 5”, *Climate Dynamics*
- Liu et al. [2017], “Continental-scale convection-permitting modeling of the current and future climate of North America”, *Climate Dynamics*
- Šeparović et al. [2013], “Present climate and climate change over North America as simulated by the fifth-generation Canadian regional climate model”, *Climate Dynamics*

Annexes

Plus de résultats

Évolution temporelle des extrêmes

Méthode

Régression Log-Lin entre les statistiques [e.g., quantiles] Q_t et les années Y_t : [Estimateur de Thai-Sen]

$$\ln(Q_t) = \alpha + \beta Y_t + \epsilon_t \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$\beta \times 100 \approx$ **Changement % annuel de $E[Q]$.**

Ex. Si $\beta = 0.003 \Rightarrow \beta \times 100 = 0.3 \Rightarrow$

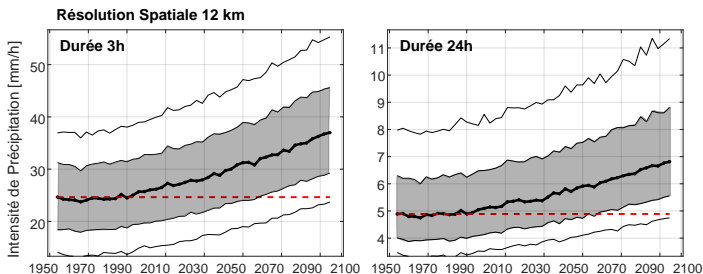
La statique Q montre une augmentation annuelle moyenne de 0.3%

\Rightarrow **Augmentation attendue en 10 ans $\approx 3\%$.**

Évolution temporelle des extrêmes

1950 - 2100 : 50 périodes de 3 ans, chacune de 150 AM

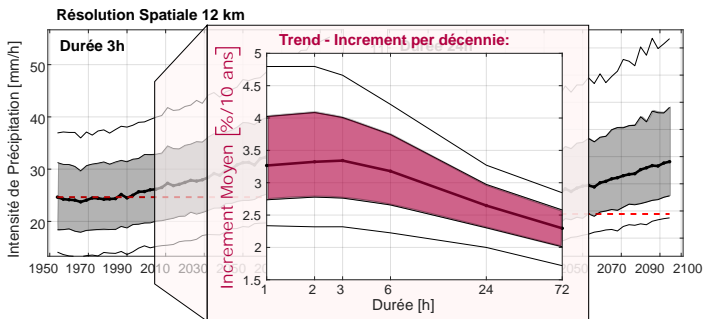
⇒ 50 estimations du quantile de période de retour 100 ans



Évolution temporelle des extrêmes

1950 - 2100 : 50 périodes de 3 ans, chacune de 150 AM

⇒ 50 estimations du quantile de période de retour 100 ans



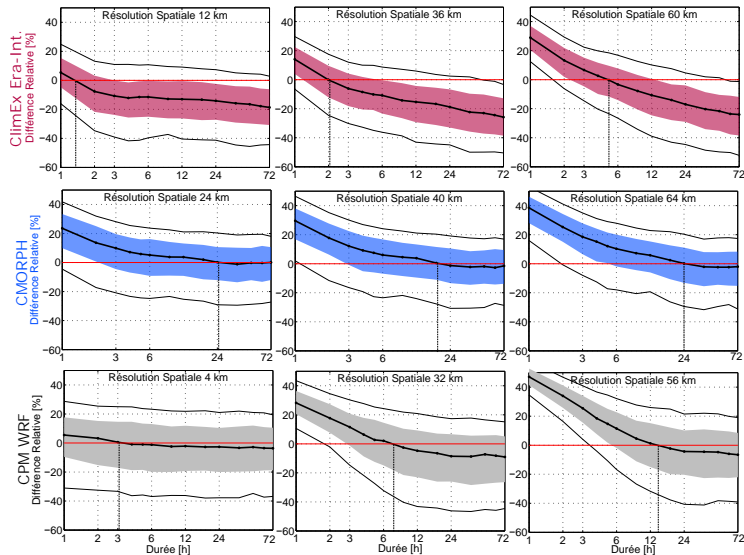
- Forte dépendance avec la durée D **mais** moins évident avec A .
⇒ Évolution des **relation d'échelle** et de la **nature des extrêmes**.

Annexes

Comparaison des estimation aux stations et des ensembles sur grille

Différences avec les quantiles aux stations

Différence relative $(Q_{sta} - Q_m)/Q_{sta}$ - Période de retour 10 ans

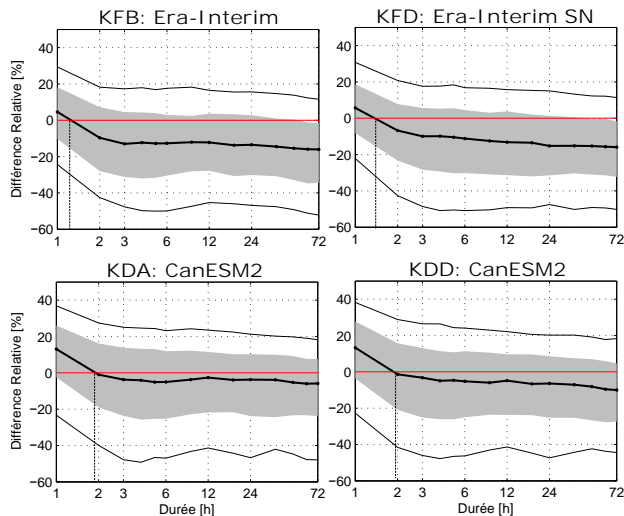


Différences avec les quantiles aux stations

Différence relative $(Q_{sta} - Q_{clim})/Q_{sta}$ - ClimEx, période de retour 25 ans

Période de retour 25 ans

Résolution Spatiale 12 km



Différences avec les quantiles aux stations

Ratio entre les quantile $Q_{sta}/Q_{sta} - \text{ClimEx}$, période de retour 25 ans

