

# Sélection de modèles pour piloter les simulations régionales : Et si certains mariages étaient moins heureux que d'autres ?

*Dominic Matte, Dominique Paquin, Jens Christensen, Marie-Pier Labonté, Christopher McCray \**

*Ouranos et l'Université de Copenhague\**

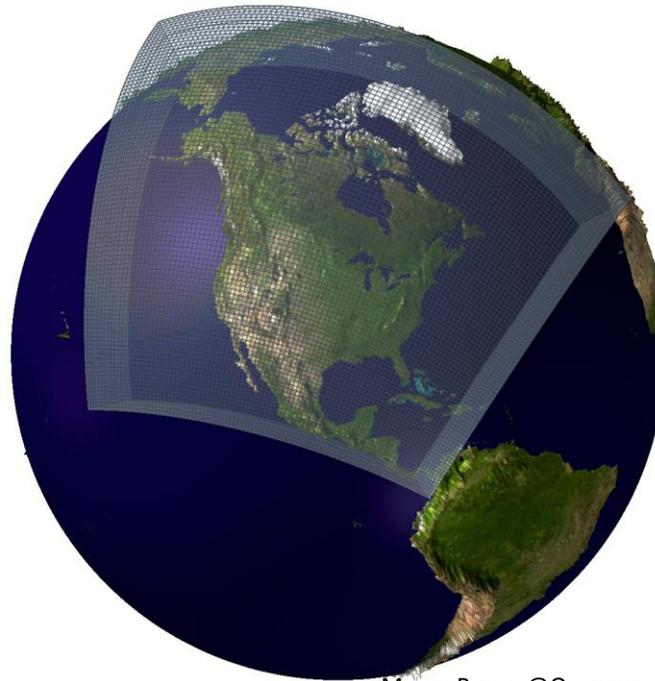
29 janvier 2024

Symposium Ouranos, Montréal



# Introduction à la modélisation régionale du climat

## MRC

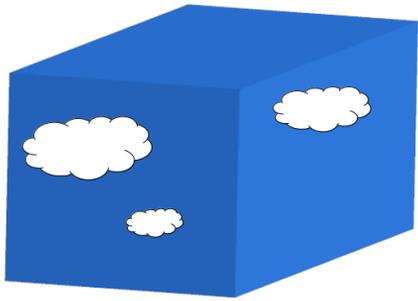


Marco Braun @Ouranos

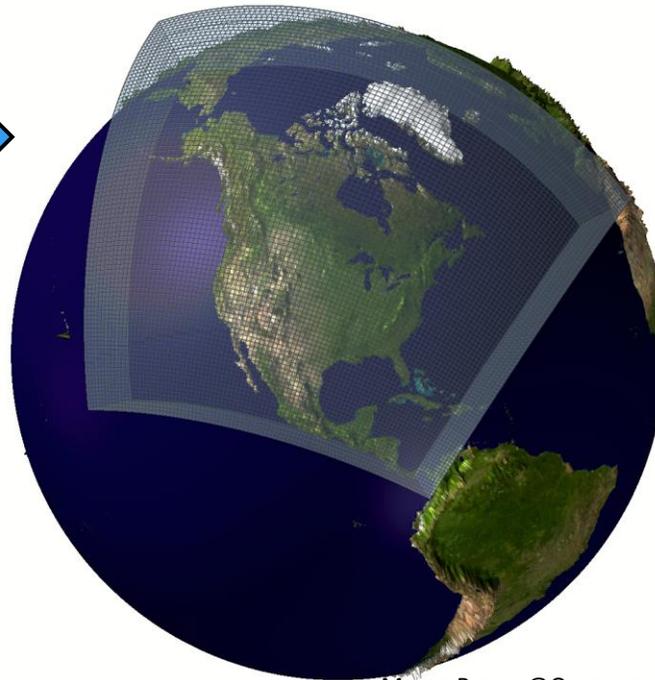
# Introduction à la modélisation régionale du climat

## Pilote

Composante atmosphérique  
Principalement: HU, TA, UU, VV



## MRC



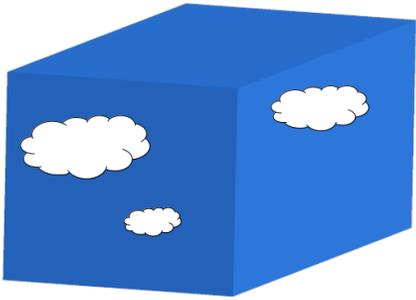
Marco Braun @Ouranos

# Introduction à la modélisation régionale du climat

## Pilote

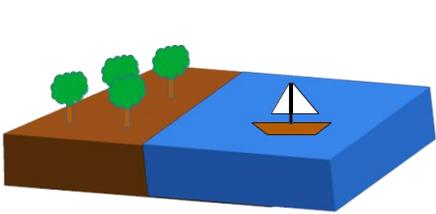
Composante atmosphérique

Principalement: HU, TA, UU, VV

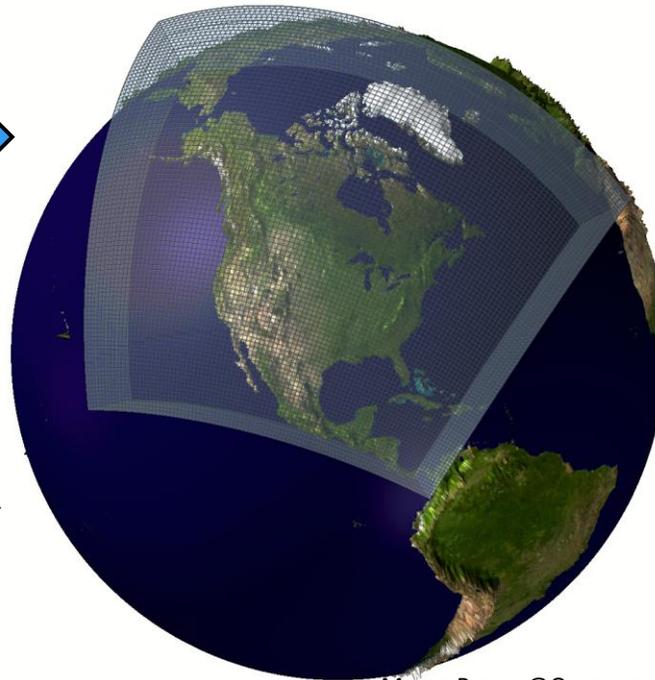


Composante de la surface

Seules les conditions océaniques sont prescrites



## MRC

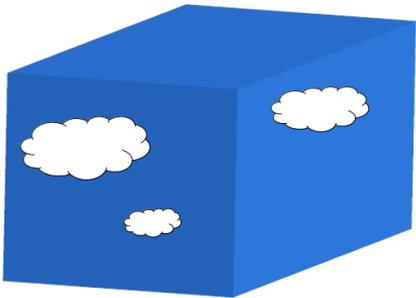


Marco Braun @Ouranos

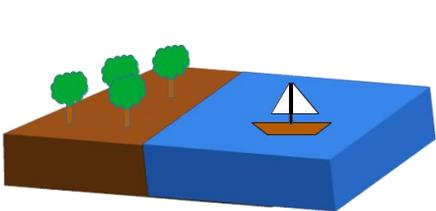
# Introduction à la modélisation régionale du climat

## Pilote

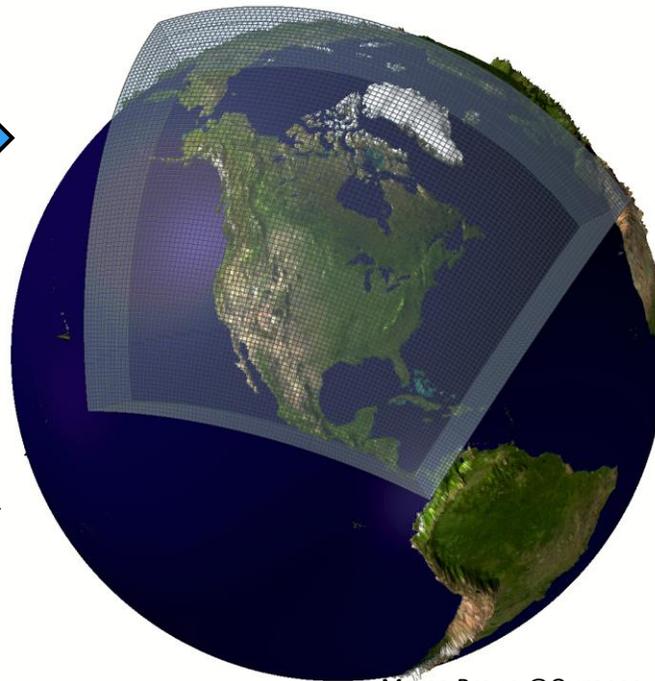
Composante atmosphérique  
Principalement: HU, TA, UU, VV



Composante de la surface  
Seules les conditions océaniques sont prescrites



## MRC



Marco Braun @Ouranos

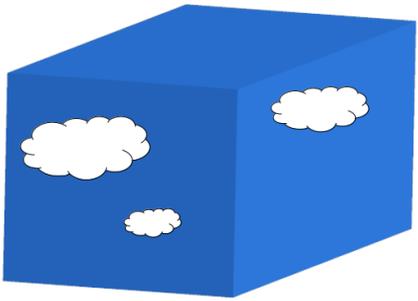
## Solution MRC



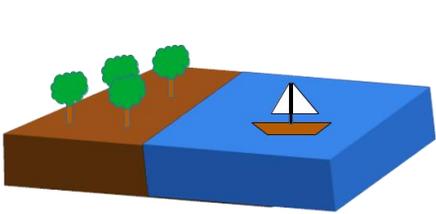
# Introduction à la modélisation régionale du climat

## Pilote

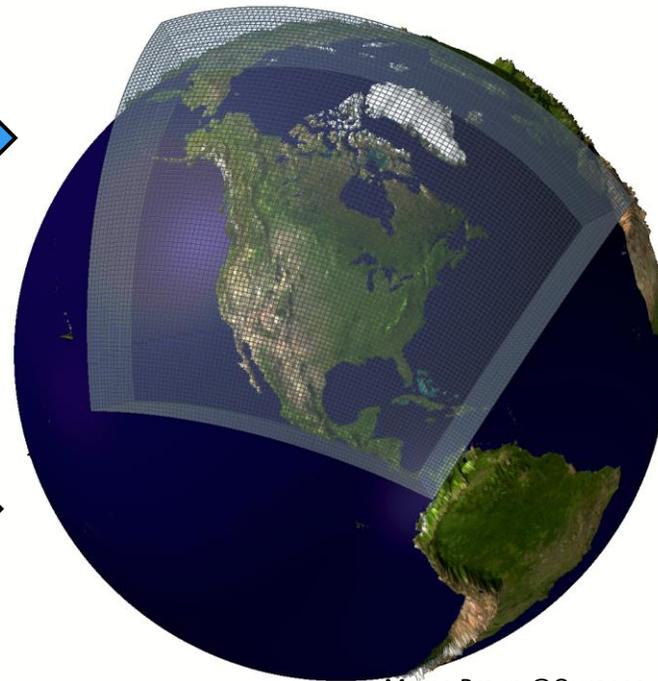
Composante atmosphérique  
Principalement: HU, TA, UU, VV



Composante de la surface  
Seules les conditions océaniques sont prescrites

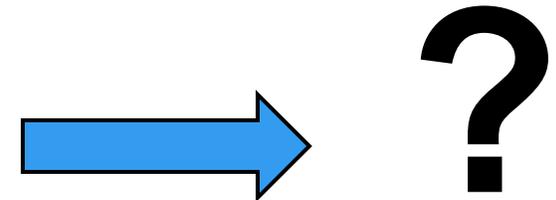


## MRC



Marco Braun @Ouranos

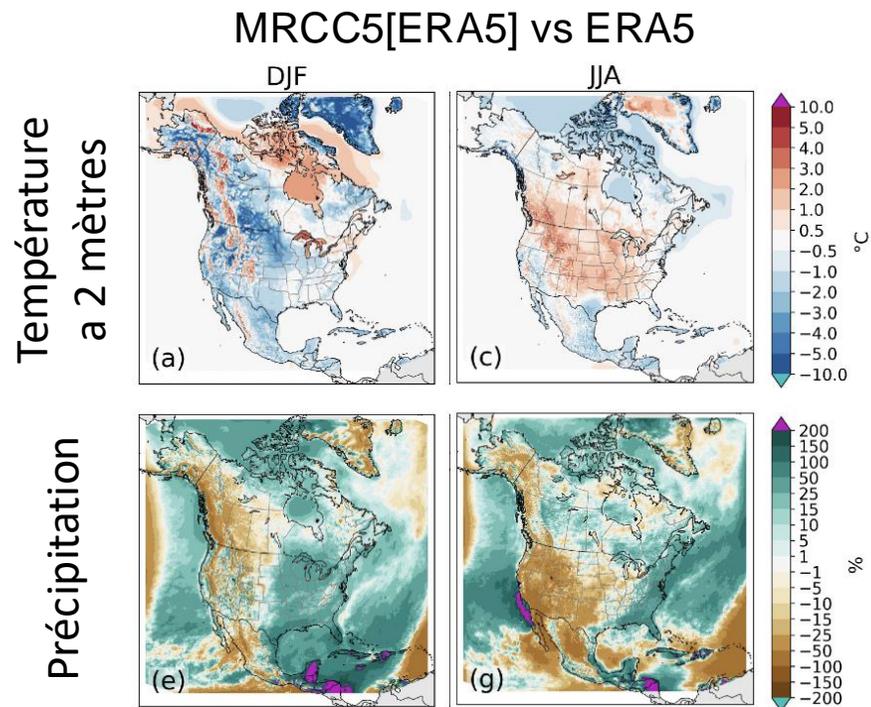
## Solution MRC



**Garbage-in,  
Garbage-out**

# Les types de biais des modèles régionaux du climat

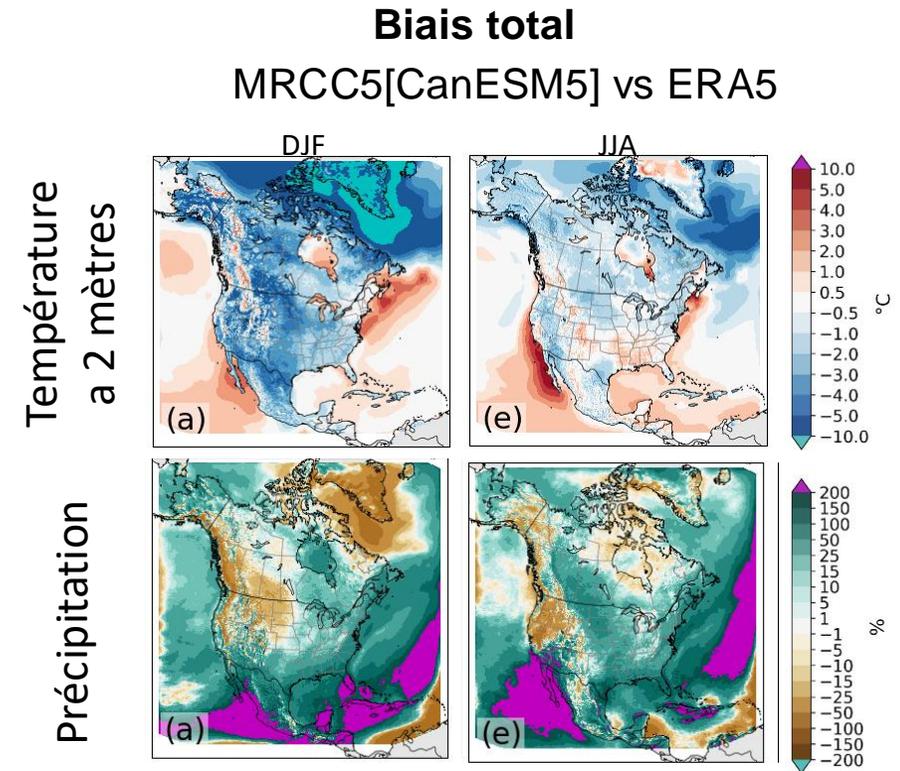
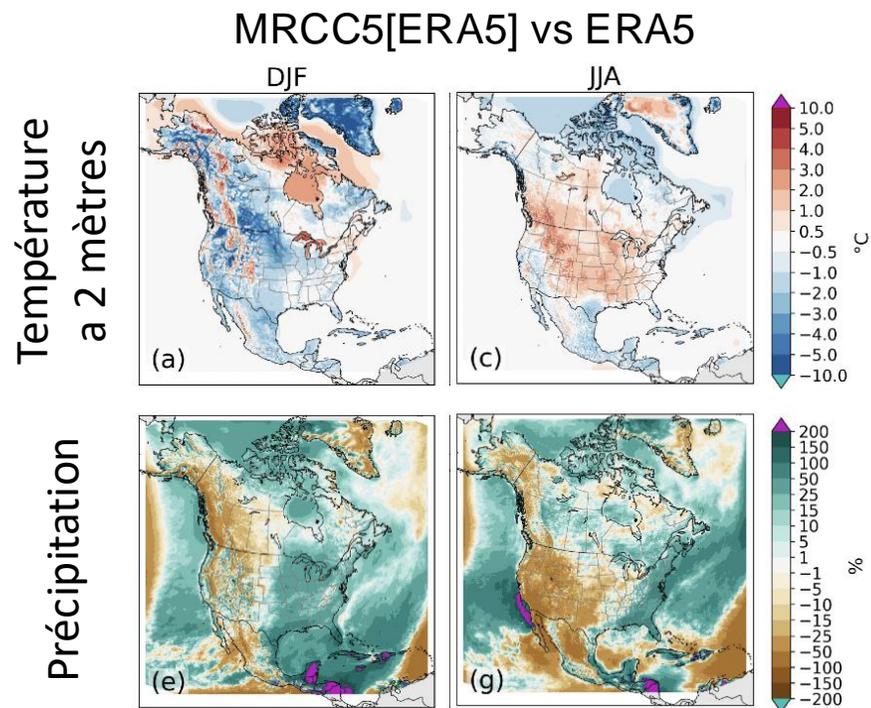
- **Structurel (lorsque piloté par des réanalyses) :**
  - Biais produit par le modèle lui-même.



# Les types de biais des modèles régionaux du climat

- **Structurel (lorsque piloté par des réanalyses) :**
  - Biais produit par le modèle lui-même.

- **Pilote (lorsque piloté par des MCGs):**
  - Biais introduit par le MCG



# Choix des pilotes pour un MRC

## CRITÈRES

### 1. Oui ou non

- a) Disponibilité des données au moment de lancer la simulation
- b) Données pour la période historique et le projet ScenarioMIP.
- c) Les scénarios d'émission disponible (au minimum SSP126, SSP245, and SSP370)

# Choix des pilotes pour un MRC

## CRITÈRES

### 1. Oui ou non

- a) Disponibilité des données au moment de lancer la simulation
- b) Données pour la période historique et le projet ScenarioMIP.
- c) Les scénarios d'émission disponible (au minimum SSP126, SSP245, and SSP370)
- d) Calendrier

# Choix des pilotes pour un MRC

## CRITÈRES

1. Oui ou non
  - a) Disponibilité des données au moment de lancer la simulation
  - b) Données pour la période historique et le projet ScenarioMIP.
  - c) Les scénarios d'émission disponible (au minimum SSP126, SSP245, and SSP370)
  - d) Calendrier
2. Choix subjectif
  - a) Connait-on quelqu'un du centre de modélisation global?

# Choix des pilotes pour un MRC

## CRITÈRES

1. Oui ou non
  - a) Disponibilité des données au moment de lancer la simulation
  - b) Données pour la période historique et le projet ScenarioMIP.
  - c) Les scénarios d'émission disponible (au minimum SSP126, SSP245, and SSP370)
  - d) Calendrier
2. Choix subjectif
  - a) Connait-on quelqu'un du centre de modélisation global?
3. Complétion de la matrice de simulations
  - a) Est-ce que le MCG a été sélectionné par d'autres praticiens.nes?

# Choix des pilotes pour un MRC

## CRITÈRES

1. Oui ou non
  - a) Disponibilité des données au moment de lancer la simulation
  - b) Données pour la période historique et le projet ScenarioMIP.
  - c) Les scénarios d'émission disponible (au minimum SSP126, SSP245, and SSP370)
  - d) Calendrier
2. Choix subjectif
  - a) Connait-on quelqu'un du centre de modélisation global?
3. Complétion de la matrice de simulations
  - a) Est-ce que le MCG a été sélectionné par d'autres praticiens.nes?
4. Sensibilité climatique à l'équilibre
  - a) Étendre l'intervalle ou rester dans l'intervalle recommandée par le GIEC ?
    1. CanESM5 - 5.64
    2. CNRM-ESM2-1 - 4.8
    3. MPI-ESM-1-2-LR - 3.0
    4. NorESM-MM - 2.54

# Choix des pilotes pour un MRC

## CRITÈRES

### 1. Oui ou non

- a) Disponibilité des données au moment de lancer la simulation
- b) Données pour la période historique et le projet ScenarioMIP.
- c) Les scénarios d'émission disponible (au minimum SSP126, SSP245, and SSP370)
- d) Calendrier

### 2. Choix subjectif

- a) Connait-on quelqu'un du centre de modélisation global?

### 3. Complétion de la matrice de simulations

- a) Est-ce que le MCG a été sélectionné par d'autres praticiens.nes?

### 4. Sensibilité climatique à l'équilibre

- a) Étendre l'intervalle ou rester dans l'intervalle recommandée par le GIEC ?
  - 1. CanESM5 - 5.64
  - 2. CNRM-ESM2-1 - 4.8
  - 3. MPI-ESM-1-2-LR - 3.0
  - 4. NorESM-MM - 2.54

### 5. La qualité des pilotes

# Choix des pilotes pour un MRC

## CRITÈRES

1. Oui ou non
  - a) Disponibilité des données au moment de lancer la simulation
  - b) Données pour la période historique et le projet ScenarioMIP.
  - c) Les scénarios d'émission disponible (au minimum SSP126, SSP245, and SSP370)
  - d) Calendrier
2. Choix subjectif
  - a) Connait-on quelqu'un du centre de modélisation global?
3. Complétion de la matrice de simulations
  - a) Est-ce que le MCG a été sélectionné par d'autres praticiens.nes?
4. Sensibilité climatique à l'équilibre
  - a) Étendre l'intervalle ou rester dans l'intervalle recommandée par le GIEC ?
    1. CanESM5 - 5.64
    2. CNRM-ESM2-1 - 4.8
    3. MPI-ESM-1-2-LR - 3.0
    4. NorESM-MM - 2.54
5. La qualité des pilotes
  - a) métriques de performance sur l'Amérique du Nord

# Métriques de performance des MCG sur l'Amérique du Nord

## ☰ Model selection dashboard

### Model selection based on performance criteria

▼ CMIP6 models

- Select all models
- ACCESS-CM2
- ACCESS-ESM1-5
- CESM2
- CMCC-CM2-SR5
- CMCC-ESM2
- CNRM-CM6-1
- CNRM-CM6-1-HR
- CNRM-ESM2-1
- CanESM5-1
- CanESM5-1-EBC
- EC-Earth3
- EC-Earth3-Veg
- IPSL-CM6A-LR
- MIROC-ES2L
- MIROC6
- MPI-ESM1-2-HR
- MPI-ESM1-2-LR
- NorESM2-LM
- NorESM2-MM
- TaiESM1
- UKESM1-0-LL

Labonté, Matte, Paquin, Scinocca and Kharin. Enhanced Driving Data for Regional Climate Models – Regional-scale Impacts. Submitted to

Matte, Leduc, Paquin and Labonté. Reducing Snow Amount Uncertainty in CMIP6 PanCanadian Climate Projections. Submitted to Atmosphere-Ocean

# Métriques de performance des MCG sur l'Amérique du Nord

## ☰ Model selection dashboard

### Model selection based on performance criteria

▼ CMIP6 models

- Select all models
- ACCESS-CM2
- ACCESS-ESM1-5
- CESM2
- CMCC-CM2-SR5
- CMCC-ESM2
- CNRM-CM6-1
- CNRM-CM6-1-HR
- CNRM-ESM2-1
- CanESM5-1
- CanESM5-1-EBC
- EC-Earth3
- EC-Earth3-Veg
- IPSL-CM6A-LR
- MIROC-ES2L
- MIROC6
- MPI-ESM1-2-HR
- MPI-ESM1-2-LR
- NorESM2-LM
- NorESM2-MM
- TaiESM1
- UKESM1-0-LL

Critères de selection basés sur la climatologie annuelle (référence ERA5)

- SST Nord-Atlantique
- HU @ 850-mb
- GZ @ 500-mb
- Activité synoptique
- Étendue maximale annuelle de la glace de mer.

Labonté, Matte, Paquin, Scinocca and Kharin. Enhanced Driving Data for Regional Climate Models – Regional-scale Impacts. Submitted to

Matte, Leduc, Paquin and Labonté. Reducing Snow Amount Uncertainty in CMIP6 PanCanadian Climate Projections. Submitted to Atmosphere-Ocean

# Métriques de performance des MCG sur l'Amérique du Nord

## Model selection dashboard

### Model selection based on performance criteria

▼ CMIP6 models

Select all models

<input checked="" type="checkbox"/> ACCESS-CM2	<input checked="" type="checkbox"/> ACCESS-ESM1-5
<input checked="" type="checkbox"/> CESM2	<input checked="" type="checkbox"/> CMCC-CM2-SR5
<input checked="" type="checkbox"/> CMCC-ESM2	<input checked="" type="checkbox"/> CNRM-CM6-1
<input checked="" type="checkbox"/> CNRM-CM6-1-HR	<input checked="" type="checkbox"/> CNRM-ESM2-1
<input checked="" type="checkbox"/> CanESM5-1	<input checked="" type="checkbox"/> CanESM5-1-EBC
<input checked="" type="checkbox"/> EC-Earth3	<input checked="" type="checkbox"/> EC-Earth3-Veg
<input checked="" type="checkbox"/> IPSL-CM6A-LR	<input checked="" type="checkbox"/> MIROC-ES2L
<input checked="" type="checkbox"/> MIROC6	<input checked="" type="checkbox"/> MPI-ESM1-2-HR
<input checked="" type="checkbox"/> MPI-ESM1-2-LR	<input checked="" type="checkbox"/> NorESM2-LM
<input checked="" type="checkbox"/> NorESM2-MM	<input checked="" type="checkbox"/> TaiESM1
<input checked="" type="checkbox"/> UKESM1-0-LL	

Critères de selection basés sur la climatologie annuelle (référence ERA5)

- SST Nord-Atlantique
- HU @ 850-mb
- GZ @ 500-mb
- Activité synoptique
- Étendue maximale annuelle de la glace de mer.

### Final ranking of models

The mean normalized RMSE is calculated in two steps. First, we normalize the RMSE by the median of all models' RMSE, for each selected criteria. Then, for each model, we take the mean of the normalized RMSE for all the selected criteria. All models are ranked based on that mean normalized RMSE.

Model	Mean normalized RMSE	Rank
CanESM5-1-EBC	0.604818	1
EC-Earth3-Veg	0.771386	2
NorESM2-MM	0.832358	3
UKESM1-0-LL	0.857939	4
TaiESM1	0.890359	5
CESM2	0.913678	6
EC-Earth3	0.956347	7
MPI-ESM1-2-LR	0.960466	8
MPI-ESM1-2-HR	0.966633	9
ACCESS-CM2	1.022702	10
CNRM-ESM2-1	1.062636	11
ACCESS-ESM1-5	1.06706	12
CMCC-ESM2	1.104527	13
NorESM2-LM	1.144585	14
CNRM-CM6-1	1.175265	15
MIROC6	1.184522	16
CMCC-CM2-SR5	1.213138	17
CanESM5-1	1.22575	18
IPSL-CM6A-LR	1.265673	19
CNRM-CM6-1-HR	1.374568	20
MIROC-ES2L	1.583845	21

Labonté, Matte, Paquin, Scinocca and Kharin. Enhanced Driving Data for Regional Climate Models – Regional-scale Impacts. Submitted to

Matte, Leduc, Paquin and Labonté. Reducing Snow Amount Uncertainty in CMIP6 PanCanadian Climate Projections. Submitted to Atmosphere-Ocean

# Métriques de performance des MCG sur l'Amérique du Nord

## Model selection dashboard

### Model selection based on performance criteria

▼ CMIP6 models

Select all models

<input checked="" type="checkbox"/> ACCESS-CM2	<input checked="" type="checkbox"/> ACCESS-ESM1-5
<input checked="" type="checkbox"/> CESM2	<input checked="" type="checkbox"/> CMCC-CM2-SR5
<input checked="" type="checkbox"/> CMCC-ESM2	<input checked="" type="checkbox"/> CNRM-CM6-1
<input checked="" type="checkbox"/> CNRM-CM6-1-HR	<input checked="" type="checkbox"/> CNRM-ESM2-1
<input checked="" type="checkbox"/> CanESM5-1	<input checked="" type="checkbox"/> CanESM5-1-EBC
<input checked="" type="checkbox"/> EC-Earth3	<input checked="" type="checkbox"/> EC-Earth3-Veg
<input checked="" type="checkbox"/> IPSL-CM6A-LR	<input checked="" type="checkbox"/> MIROC-ES2L
<input checked="" type="checkbox"/> MIROC6	<input checked="" type="checkbox"/> MPI-ESM1-2-HR
<input checked="" type="checkbox"/> MPI-ESM1-2-LR	<input checked="" type="checkbox"/> NorESM2-LM
<input checked="" type="checkbox"/> NorESM2-MM	<input checked="" type="checkbox"/> TaiESM1
<input checked="" type="checkbox"/> UKESM1-0-LL	

Critères de selection basés sur la climatologie annuelle (référence ERA5)

- SST Nord-Atlantique
- HU @ 850-mb
- GZ @ 500-mb
- Activité synoptique
- Étendue maximale annuelle de la glace de mer.

### Final ranking of models

The mean normalized RMSE is calculated in two steps. First, we normalize the RMSE by the median of all models' RMSE, for each selected criteria. Then, for each model, we take the mean of the normalized RMSE for all the selected criteria. All models are ranked based on that mean normalized RMSE.

Model	Mean normalized RMSE	Rank
CanESM5-1-EBC	0.604818	1
EC-Earth3-Veg	0.771386	2
NorESM2-MM	0.832358	3
UKESM1-0-LL	0.857939	4
TaiESM1	0.890359	5
CESM2	0.913678	6
EC-Earth3	0.956347	7
MPI-ESM1-2-LR	0.960466	8
MPI-ESM1-2-HR	0.966633	9
ACCESS-CM2	1.022702	10
CNRM-ESM2-1	1.062636	11
ACCESS-ESM1-5	1.06706	12
CMCC-ESM2	1.104527	13
NorESM2-LM	1.144585	14
CNRM-CM6-1	1.175265	15
MIROC6	1.184522	16
CMCC-CM2-SR5	1.213138	17
CanESM5-1	1.22575	18
IPSL-CM6A-LR	1.265673	19
CNRM-CM6-1-HR	1.374568	20
MIROC-ES2L	1.583845	21

← CanESM5.1

Labonté, Matte, Paquin, Scinocca and Kharin. Enhanced Driving Data for Regional Climate Models – Regional-scale Impacts. Submitted to

Matte, Leduc, Paquin and Labonté. Reducing Snow Amount Uncertainty in CMIP6 PanCanadian Climate Projections. Submitted to Atmosphere-Ocean

# Métriques de performance des MCG sur l'Amérique du Nord

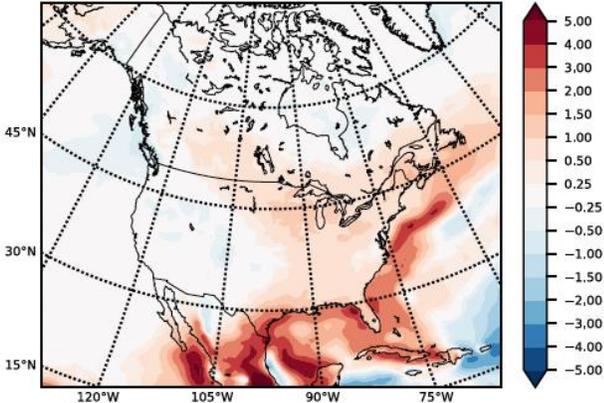
## BIAIS DE PRÉCIPITATION

Même physique  
CanESM5.1

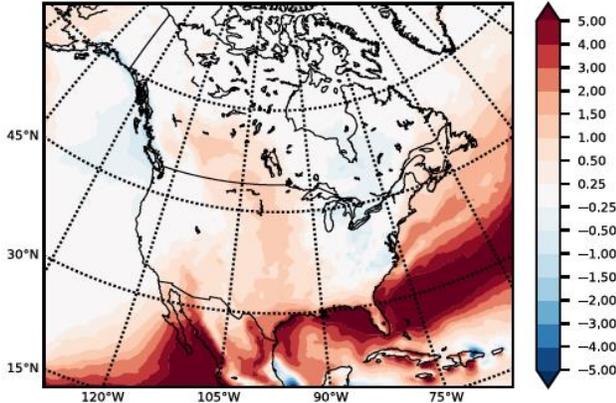
CanRCM5

CRCM5

JJA CanRCM5 raw-eval pr(mm/day) RMSE=1.093 (1.011)



JJA CRCM5 raw-eval pr(mm/day) RMSE=2.064 (1.077)



J.F. Scinocca, V.V. Kharin, D. Matte, Y. Jiao, M. Labonté, M. Qian, D. Paquin, A. Akingunola, M. Lazare Climatological Bias Correction of Regional Climate Model Driving Data. Part I: Continental Scale Impacts. To be submitted

Fig 7. The Driving Bias Influence on JJA precipitation  Ouranos

# Métriques de performance des MCG sur l'Amérique du Nord

## Model selection dashboard

### Model selection based on performance criteria

CMIP6 models

Select all models

<input checked="" type="checkbox"/> ACCESS-CM2	<input checked="" type="checkbox"/> ACCESS-ESM1-5
<input checked="" type="checkbox"/> CESM2	<input checked="" type="checkbox"/> CMCC-CM2-SR5
<input checked="" type="checkbox"/> CMCC-ESM2	<input checked="" type="checkbox"/> CNRM-CM6-1
<input checked="" type="checkbox"/> CNRM-CM6-1-HR	<input checked="" type="checkbox"/> CNRM-ESM2-1
<input checked="" type="checkbox"/> CanESM5-1	<input checked="" type="checkbox"/> CanESM5-1-EBC
<input checked="" type="checkbox"/> EC-Earth3	<input checked="" type="checkbox"/> EC-Earth3-Veg
<input checked="" type="checkbox"/> IPSL-CM6A-LR	<input checked="" type="checkbox"/> MIROC-ES2L
<input checked="" type="checkbox"/> MIROC6	<input checked="" type="checkbox"/> MPI-ESM1-2-HR
<input checked="" type="checkbox"/> MPI-ESM1-2-LR	<input checked="" type="checkbox"/> NorESM2-LM
<input checked="" type="checkbox"/> NorESM2-MM	<input checked="" type="checkbox"/> TaiESM1
<input checked="" type="checkbox"/> UKESM1-0-LL	

Critères de selection basés sur la climatologie annuelle (référence ERA5)

- SST Nord-Atlantique
- HU @ 850-mb
- GZ @ 500-mb
- Activité synoptique
- Étendue maximale annuelle de la glace de mer.

### Final ranking of models

The mean normalized RMSE is calculated in two steps. First, we normalize the RMSE by the median of all models' RMSE, for each selected criteria. Then, for each model, we take the mean of the normalized RMSE for all the selected criteria. All models are ranked based on that mean normalized RMSE.

Model	Mean normalized RMSE	Rank
CanESM5-1-EBC	0.604818	1
EC-Earth3-Veg	0.771386	2
NorESM2-MM	0.832358	3
UKESM1-0-LL	0.857939	4
TaiESM1	0.890359	5
CESM2	0.913678	6
EC-Earth3	0.956347	7
MPI-ESM1-2-LR	0.960466	8
MPI-ESM1-2-HR	0.966633	9
ACCESS-CM2	1.022702	10
CNRM-ESM2-1	1.062636	11
ACCESS-ESM1-5	1.06706	12
CMCC-ESM2	1.104527	13
NorESM2-LM	1.144585	14
CNRM-CM6-1	1.175265	15
MIROC6	1.184522	16
CMCC-CM2-SR5	1.213138	17
CanESM5-1	1.22575	18
IPSL-CM6A-LR	1.265673	19
CNRM-CM6-1-HR	1.374568	20
MIROC-ES2L	1.583845	21

CanESM5.1-empirical bias correction

CanESM5.1

Labonté, Matte, Paquin, Scinocca and Kharin. Enhanced Driving Data for Regional Climate Models – Regional-scale Impacts. Submitted to

Matte, Leduc, Paquin and Labonté. Reducing Snow Amount Uncertainty in CMIP6 PanCanadian Climate Projections. Submitted to Atmosphere-Ocean

# Métriques de performance des MCG sur l'Amérique du Nord

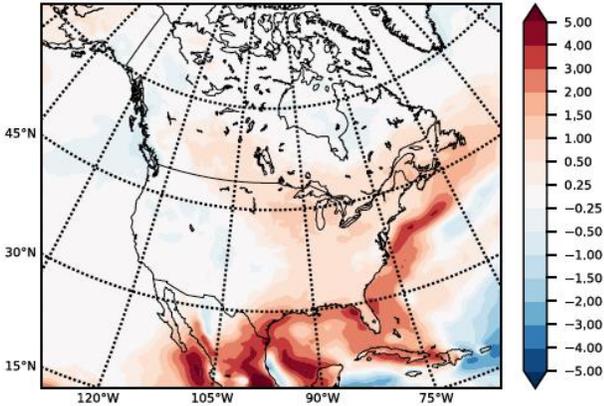
## BIAIS DE PRÉCIPITATION

Même physique  
 CanESM5.1

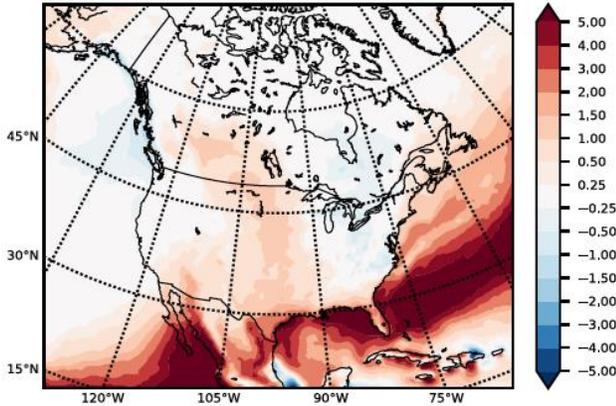
CanRCM5

CRCM5

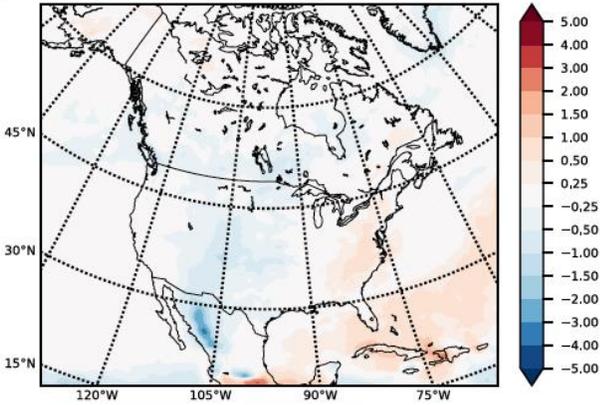
JJA CanRCM5 raw-eval pr(mm/day) RMSE=1.093 (1.011)



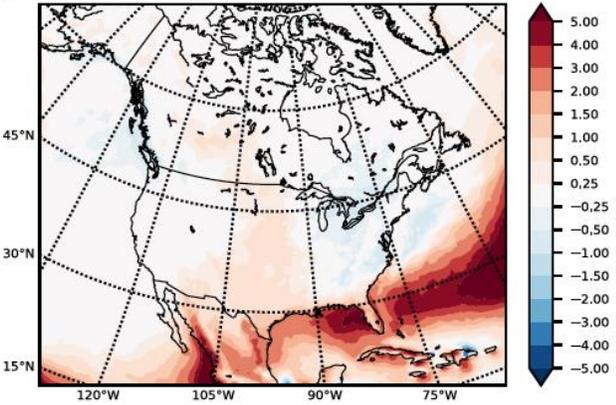
JJA CRCM5 raw-eval pr(mm/day) RMSE=2.064 (1.077)



JJA CanRCM5 full-eval pr(mm/day) RMSE=0.366 (0.406)



JJA CRCM5 full-eval pr(mm/day) RMSE=1.389 (0.706)



CanESM5.1-empirical bias correction

J.F. Scinocca, V.V. Kharin, D. Matte, Y. Jiao, M. Labonté, M. Qian, D. Paquin, A. Akingunola, M. Lazare Climatological Bias Correction of Regional Climate Model Driving Data. Part I: Continental Scale Impacts. To be submitted

Fig 7. The Driving Bias Influence on JJA precipitation

# Conclusion

- Amérique du Nord
  - Très grand domaine, ne pardonne pas
  - Petite communauté (diffère d'Euro-Cordex par exemple)
- *"Garbage in, garbage out"* ... pas aussi simple!

Merci

# Conclusion

- Amérique du Nord
  - Très grand domaine, ne pardonne pas
  - Petite communauté (diffère d'Euro-Cordex par exemple)
- *"Garbage in, garbage out"* ... pas aussi simple!

« ...les critères de sélection pourraient compromettre les performances régionales. En fait, ce que je retiens de cette étude, c'est que vous ne pouvez sélectionner qu'après les avoir tous réalisés ! »

**Jens Hesselbjerg Christensen, communication personnelle**

Madsen et al., 2017: Inflated Uncertainty in Multimodel-Based Regional Climate Projections, *Geophys. Res. Lett.* **44**, 11,606–11,613 doi: 10.1002/2017GL075627

# Conclusion

- Amérique du Nord
  - Très grand domaine, ne pardonne pas
  - Petite communauté (diffère d'Euro-Cordex par exemple)
- *"Garbage in, garbage out"* ... pas aussi simple!

« ...les critères de sélection pourraient compromettre les performances régionales. En fait, ce que je retiens de cette étude, c'est que vous ne pouvez sélectionner qu'après les avoir tous réalisés ! »

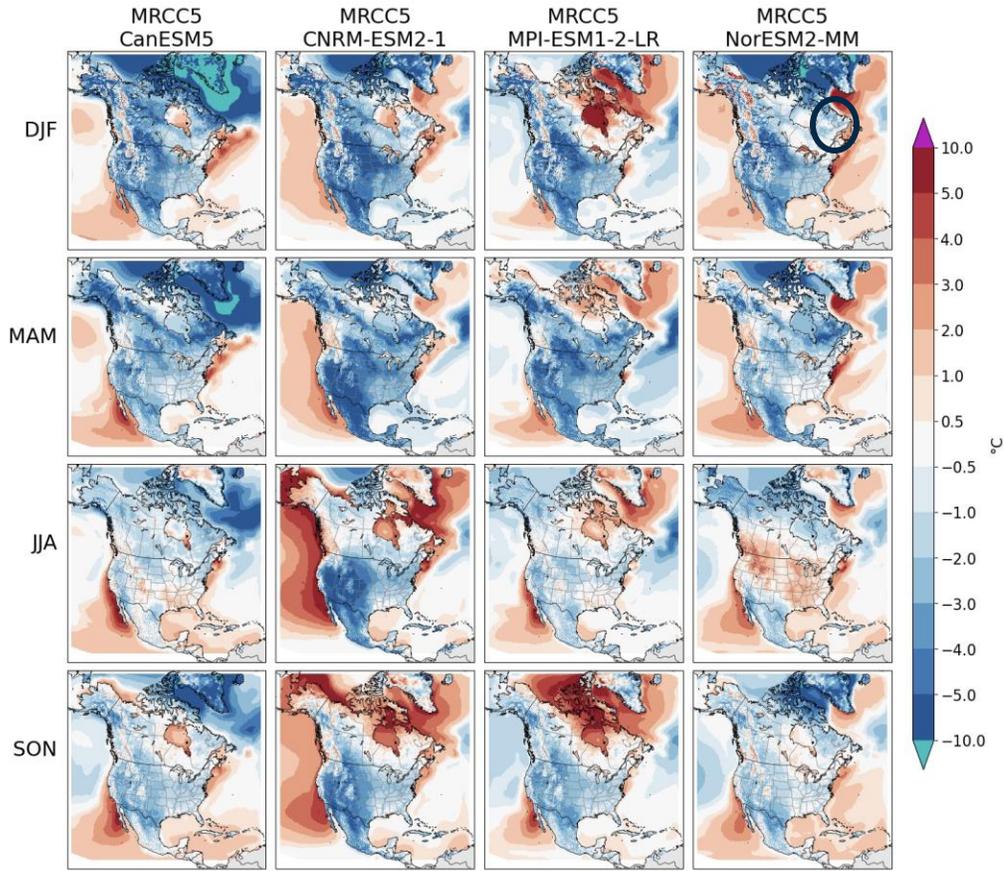
**Jens Hesselbjerg Christensen, communication personnelle**

Madsen et al., 2017: Inflated Uncertainty in Multimodel-Based Regional Climate Projections, *Geophys. Res. Lett.* **44**, 11,606–11,613 doi: 10.1002/2017GL075627

# Merci

# Choix des pilotes pour un MRC

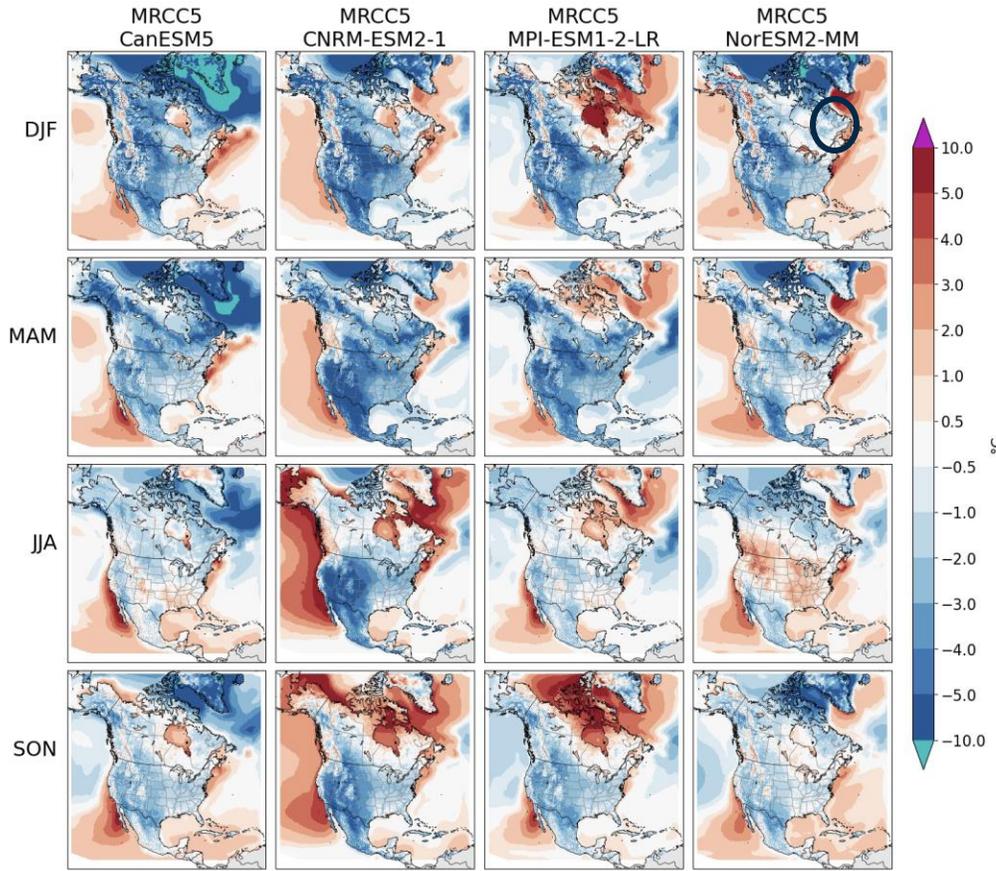
## Biais structurel + provenant des pilotes (MCG)



CRCM5-CMIP6 1971-2000 vs ERA5

# Choix des pilotes pour un MRC

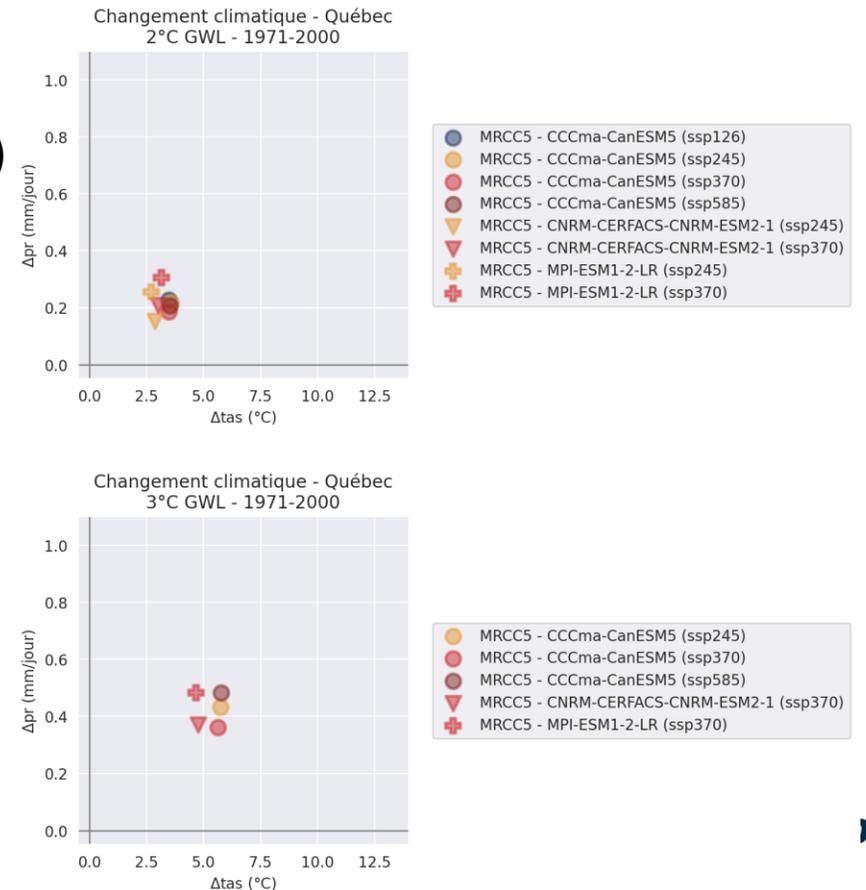
## Biais structurel + provenant des pilotes (MCG)



CRCM5-CMIP6 1971-2000 vs ERA5

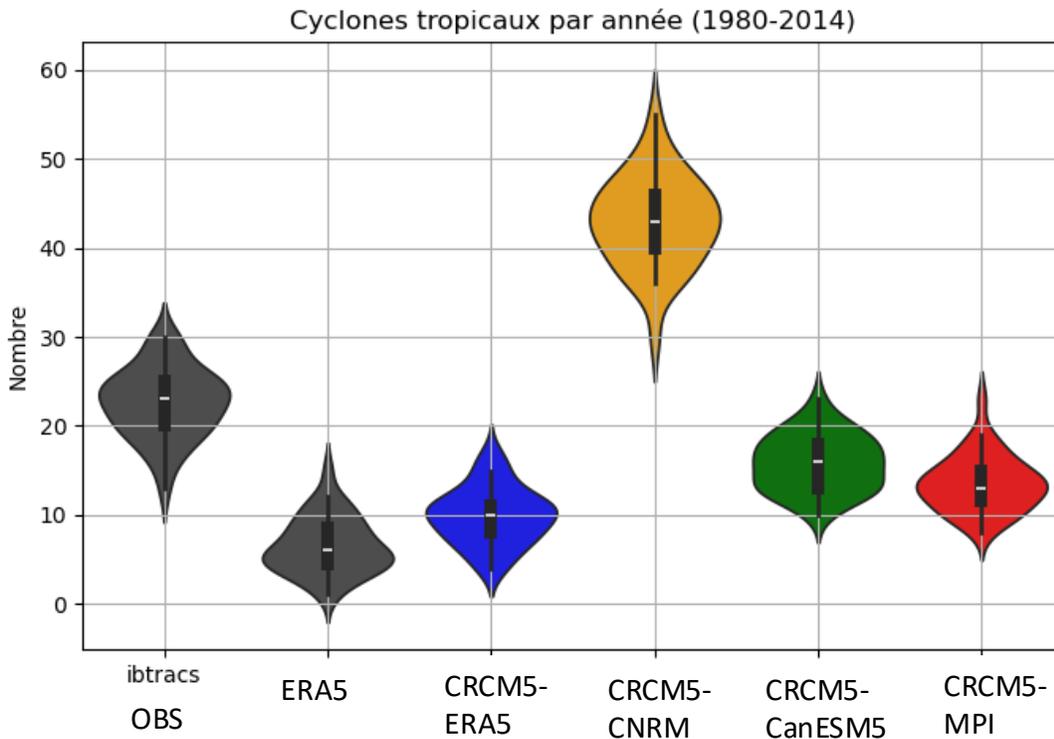
Signal de changement climatique (pr et tas) sur la province de Québec à différents niveaux de réchauffement global

## Les biais des MCG influencent-ils le signal du changement climatique ?



# Choix des pilotes pour un MRC

## CYCLONES TROPICAUX



- CNRM-ESM2-1
  - a été sélectionné par EURO-CORDEX comme l'un des modèles les plus performants sur l'Europe.
  - Dans notre sélection de quatre GCMs, il s'agit du modèle avec la plus haute résolution (~100 km).
- Mais.... CRCM5-CNRM-ESM2-1
  - Fort biais dans la cyclogenèse estivale au-dessus de l'Atlantique central.
  - Fort biais dans les précipitations estivales.
- Solution pour éliminer ce biais :
  - Fort pilotage spectral
  - Étendre la frontière est

# Choix des pilotes pour un MRC

## Évolution de la disponibilité des CMIPs\* selon ESGF

