

# Données climatiques

Acquisition, Interprétation et  
Manipulation

Trevor James Smith

Spécialiste Plateformes climatiques, données et opérations  
Sciences du climat et services climatiques

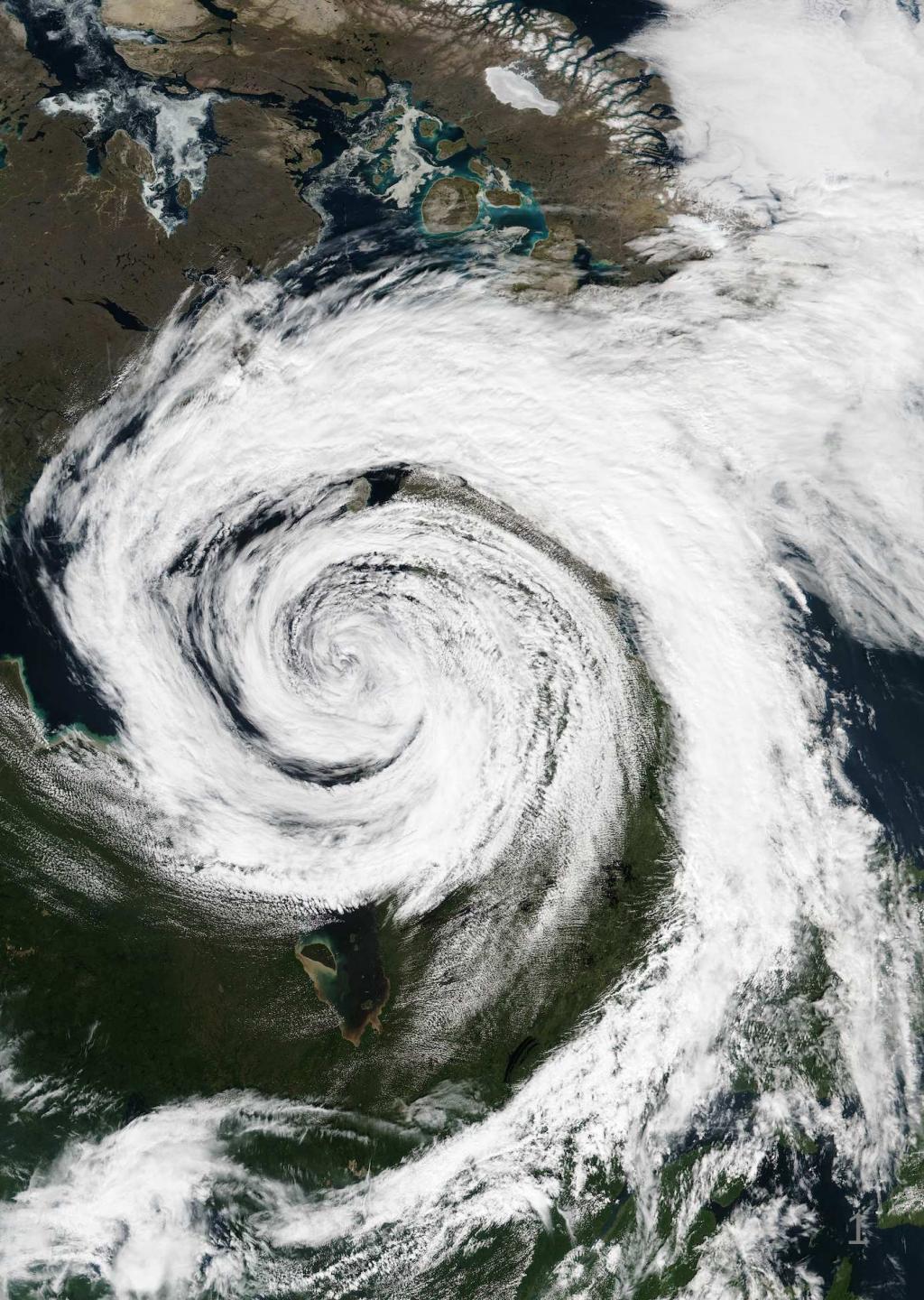
École d'été en science du climat et des changements climatiques  
Domaine Forget, Sainte Irénée, Québec  
30 mai, 2024



 Ouranos

## Objectifs du cours

- Connaissance de base de l'historique de la collecte de données climatiques, du fonctionnement des différents instruments et de leurs incertitudes.
- Vue d'ensemble des données disponibles pour faire des études climatiques.
- Connaissance des forces et faiblesses des différents types de jeux de données.
- Compréhension de la taille considérable de certaines des bases de données et des défis à les analyser.



# Qui suis-je ?



**Trevor James Smith**



[github.com/Zeitsperre](https://github.com/Zeitsperre)

- Développeur/packageur/mainteneur des logiciels de recherche scientifiques
- M.Sc. en Géographie, environnement et urbanisme de l'Université Concordia
  - Impacts des changements climatiques sur les vignobles en sud du Québec
- 10+ années d'expérience en utilisant Python, Linux, GIS, et autres technologies associées

## C'est quoi Ouranos ?

- Organisation à but non-lucratif, établi 2002 à Montréal, Québec
  - Crée en réponse à la tempête de verglas massif de janvier 1998
- Plans d'adaptations aux changements climatiques
- Source/producteur des données des modèles climatiques
- Services d'informations climatiques



### Regional Climatology and Adaptation to Climate Change

Ouranos is a collaborative innovation hub enabling Quebec society to better adapt to an evolving climate. The consortium brings together upwards of 450 researchers, experts, practitioners and decision-makers from an array of disciplines, collectively working on numerous applied research programs and projects.

SEARCH A PROJECT OR PUBLICATION

EXPLORE OUR PROGRAM



# Contenu du cours

1. Historique des instruments d'observations météorologiques
2. Fonctionnement des instruments d'observations météorologiques
3. Données observées
4. Données de réanalyses et de prévisions
5. Données de modèles climatiques
6. Données dérivées
7. Formats habituels des données climatiques et outils d'analyses
8. Les plateformes et services climatiques

# 1. Historique des instruments d'observations météorologiques.

Pour en savoir plus :

- Rétrospective de NOAA : (<https://vlab.noaa.gov/web/nws-heritage>)

1743

**Benjamin Franklin fait des observations des mouvements de tempêtes et patrons météorologiques.**



**1767**

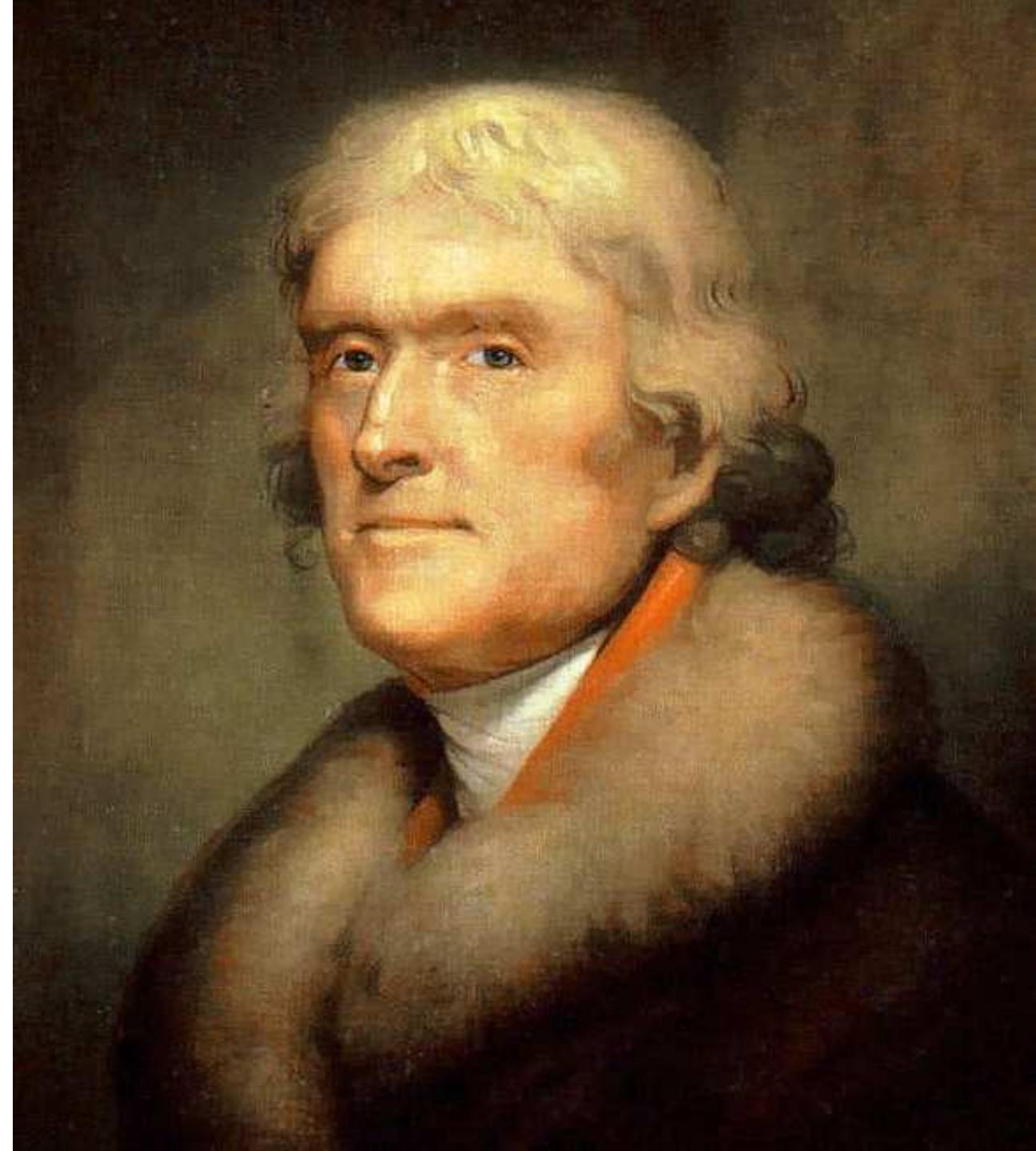
**Georges Washington  
commence un journal  
d'observations  
météorologiques.**

## 1776 à 1800

**Thomas Jefferson recrute des observateurs météo bénévoles en Virginie.**

**Le réseau de bénévoles s'étend dans 5 états :**

- Massachusetts, Pennsylvanie, Connecticut, New York, Caroline du Nord





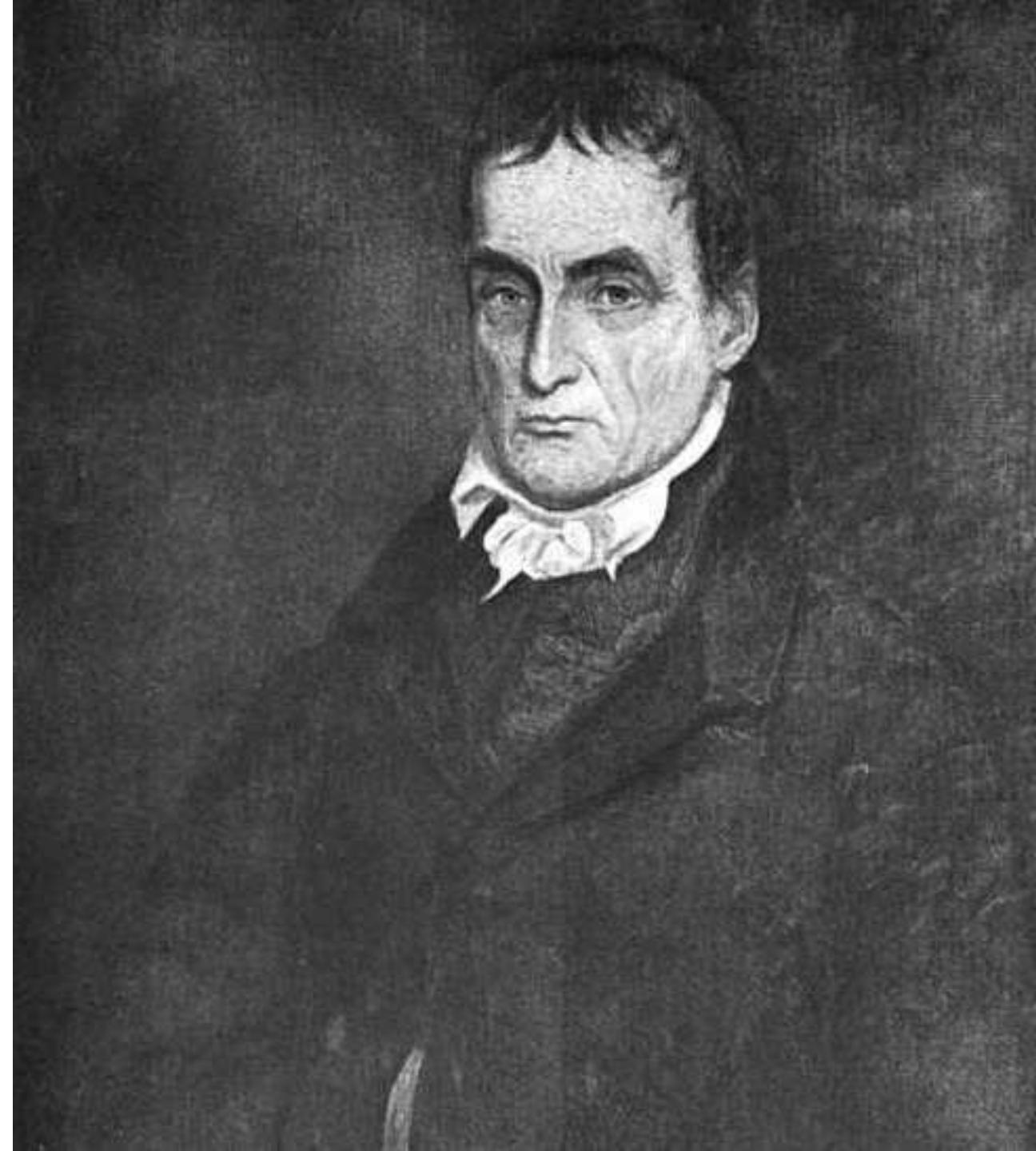
**1803 / 1804**

**L'expédition de Lewis et Clark vers l'ouest américain fait des observations météorologiques régulières**

- <https://lewisandclarkjournals.unl.edu/item/lc.jrn.1803-08-30>

1814

**James Tilton ordonne les observations météorologiques dans les postes militaires.**



**1848 à 1860**

**Joseph Henry inaugure un réseau télégraphique d'observateurs de 150 bénévoles.**

**500 stations fournissent des rapports télégraphiques journaliers**

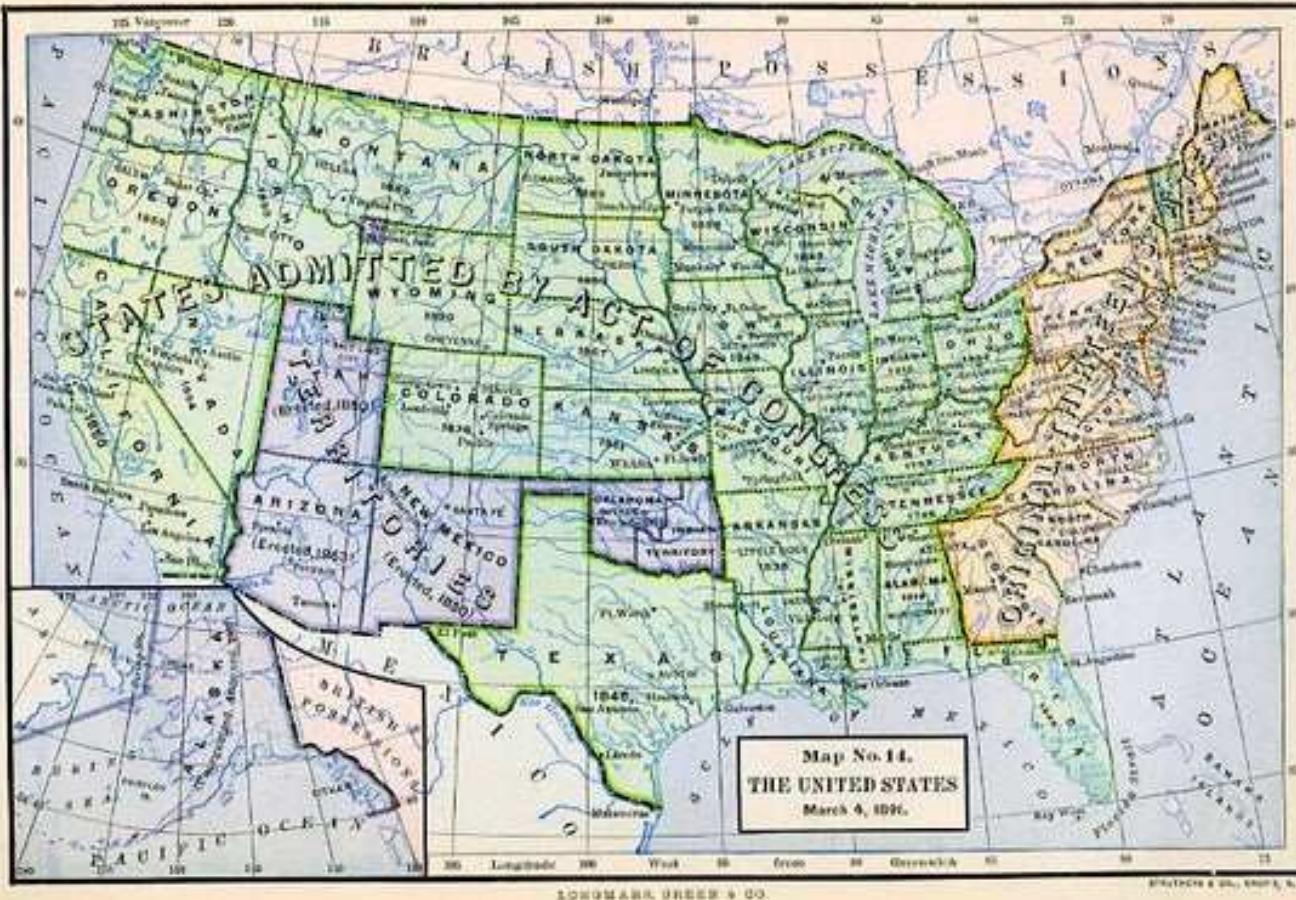
**1870**

**Ulysses S. Grant (à gauche)**  
**autorise un service météo**  
**national sous la direction de**  
**Albert J. Myer (à droit).**



1891

**Le réseau  
d'observateurs météo  
bénévoles contenait  
plus de 2000 stations  
autour du pays.**



Données climatiques : Acquisition, interprétation et manipulation

1898

**Le U.S. Weather Bureau  
expérimente avec des cerf-  
volants.**





**1909**

**Début de l'utilisation de ballons.**

Données climatiques : Acquisition, interprétation et manipulation

**1926 à 1934**

**L'aviation change le rôle du Weather Bureau qui doit fournir des services météorologiques à l'aviation civile.**





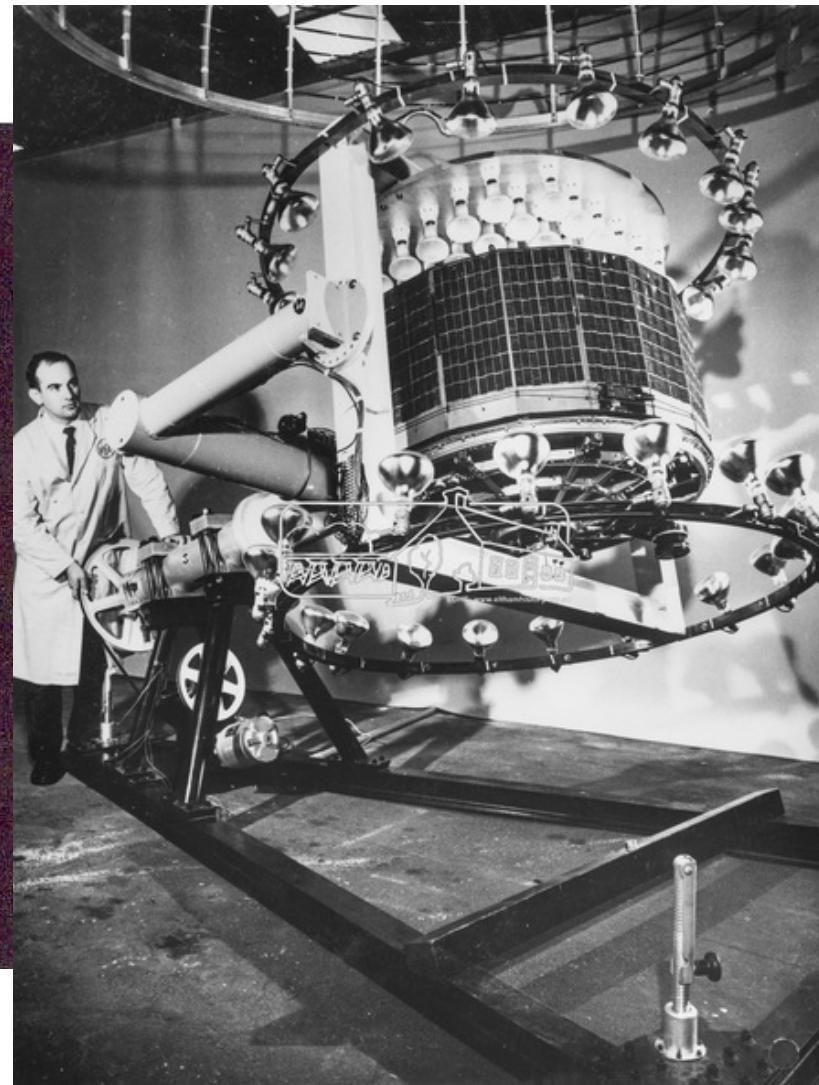
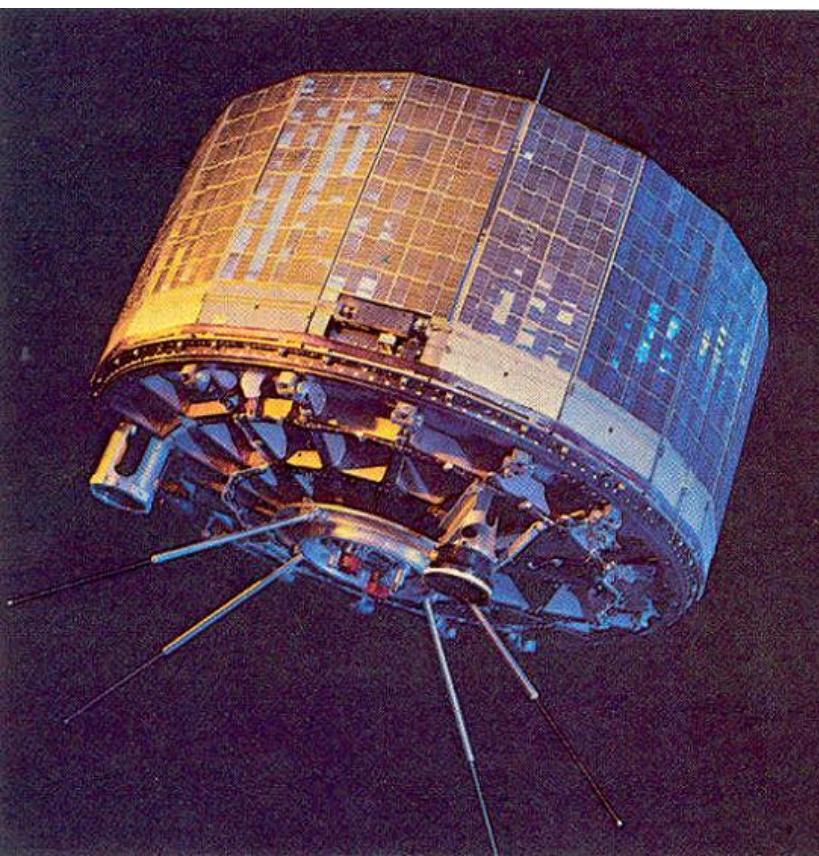
**1939**

**L'utilisation de radiosondes  
remplace les observations par  
avions.**

**1950**

**Les technologies radar  
développées durant la 2e  
guerre mondiale sont adaptées  
aux observations  
météorologiques.**





**1960**

**Les premiers satellites d'observations météorologiques sont lancés.**

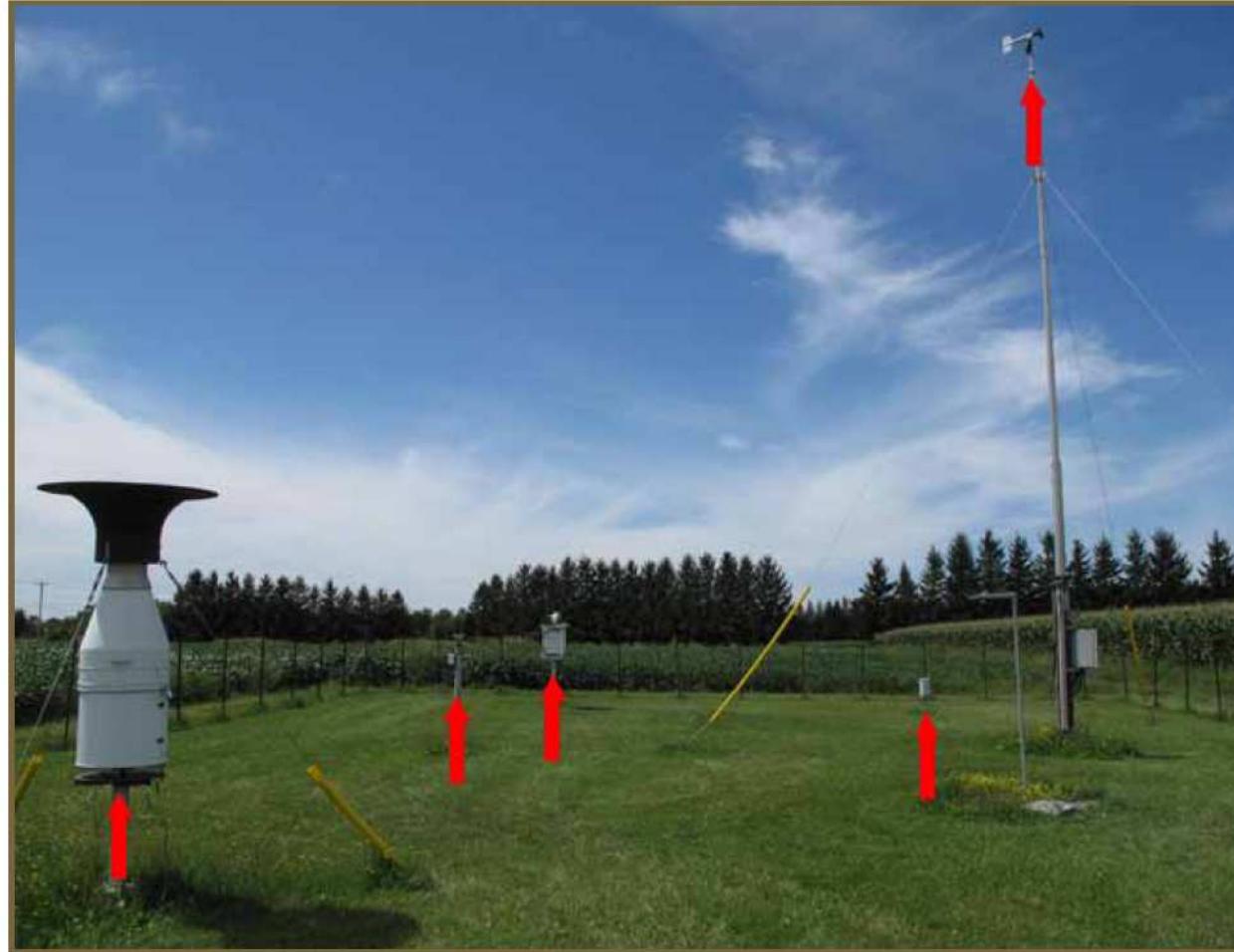
- TIROS-I (à gauche)
- TIROS-II (à droit)

Photos : NASA

## 2. Fonctionnement des instruments d'observations météorologiques

# Station d'observation météo

École d'été en sciences du climat 2024



**FIGURE 2. STATION MÉTÉOROLOGIQUE (DE GAUCHE À DROITE : PLUVIOMÈTRE À PESÉE, PYRANOMÈTRE, ABRI MÉTÉOROLOGIQUE, PLUVIOMÈTRE À AUGET ET ANÉMOMÈTRE À UNE HAUTEUR DE 10 M)**

Photo : Marie-Pier Lepage

# Station d'observation météo

Observation « **in situ** »

- Observation obtenue par contact direct avec l'objet en question.

Stations à observateurs : un ou deux temps d'observations par jour.

Au Québec, les heures d'observations sont 8h et 18h heure normale de l'est.

Stations automatiques : observations possibles à toutes les heures.

	année	mois	jour
DATE			
PRÉCIPITATION	08:00 (HNE)	18:00 (HNE)	
Pluie (pluviomètre)	,	,	,
Neige (table à neige)	,	,	,
1° Début	:	:	:
1° Fin	:	:	:
2° Début	:	:	:
2° Fin	:	:	:
Neige au sol (échelle)			
TEMPÉRATURE			
Maximum	,	,	,
Minimum	,	,	,
Instantanée	,	,	,
NÉBULOSITÉ			
VENT			
Direction			
Vitesse			
AUTRES PHÉNOMÈNES	(↓)	(↓)	
Brouillard-Brume			
Giboulée			
Grêle			
Orage-Tonnerre			
Poudrerie			
Vent violent ( $\geq 62 \text{ km/h}$ )			
Verglas			
Visibilité $\leq 400 \text{ m}$			
NIVOMÈTRE (Nipher)			
Pluie	,	,	,
Neige	,	,	,
Équivalent en eau	,	,	,

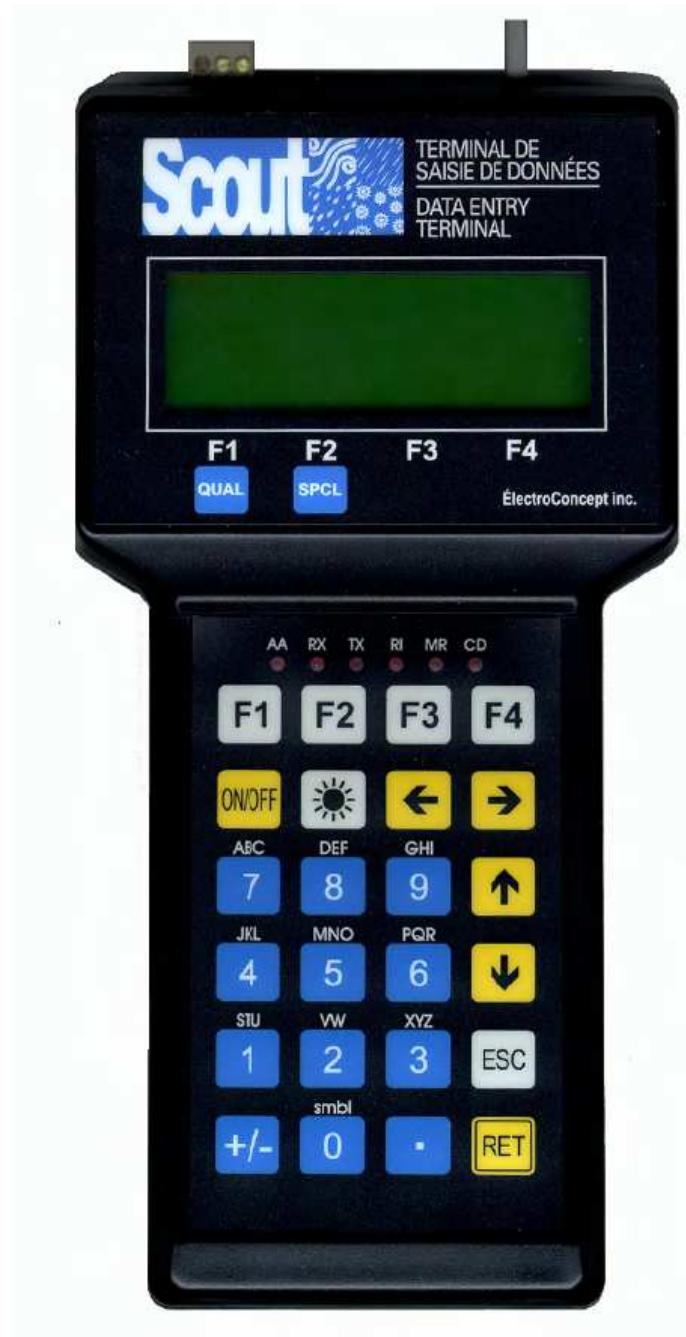


Figure 5.1 Le carnet de l'observateur, relevé biquotidien

## Outils de station d'observation météo

source: MELCC

## Thermomètre

La température minimum et maximum de l'air est mesurée à l'aide d'une combinaison d'un thermomètre à mercure et thermomètre à alcool.

Pour les stations automatiques, une thermistance est utilisée.

Au Québec, les mesures des observateurs se font à une précision d'un demi-degré Celsius

# Pluviomètre

Données climatiques : Acquisition, interprétation et manipulation



# Pluviomètre



## Table à neige





## Nivomètre à écran de « Nipher »

Données climatiques : Acquisition, interprétation et manipulation

# « Single Alter » et « DFIR »

École d'été en sciences du climat 2024



Source : Landolt and Rasmussen (2007) Three-dimensional airflow analysis inside snow gauge shielding to determine snow gauge collection efficiencies

## « Sous-captation »

La **sous-captation** est un phénomène où le pluviomètre ou nivomètre sous-estime la quantité de précipitation tombée en période de grands vents ou lors de fortes tempêtes.

Au Québec, les mesures se font à une précision d'un dixième de millimètre.

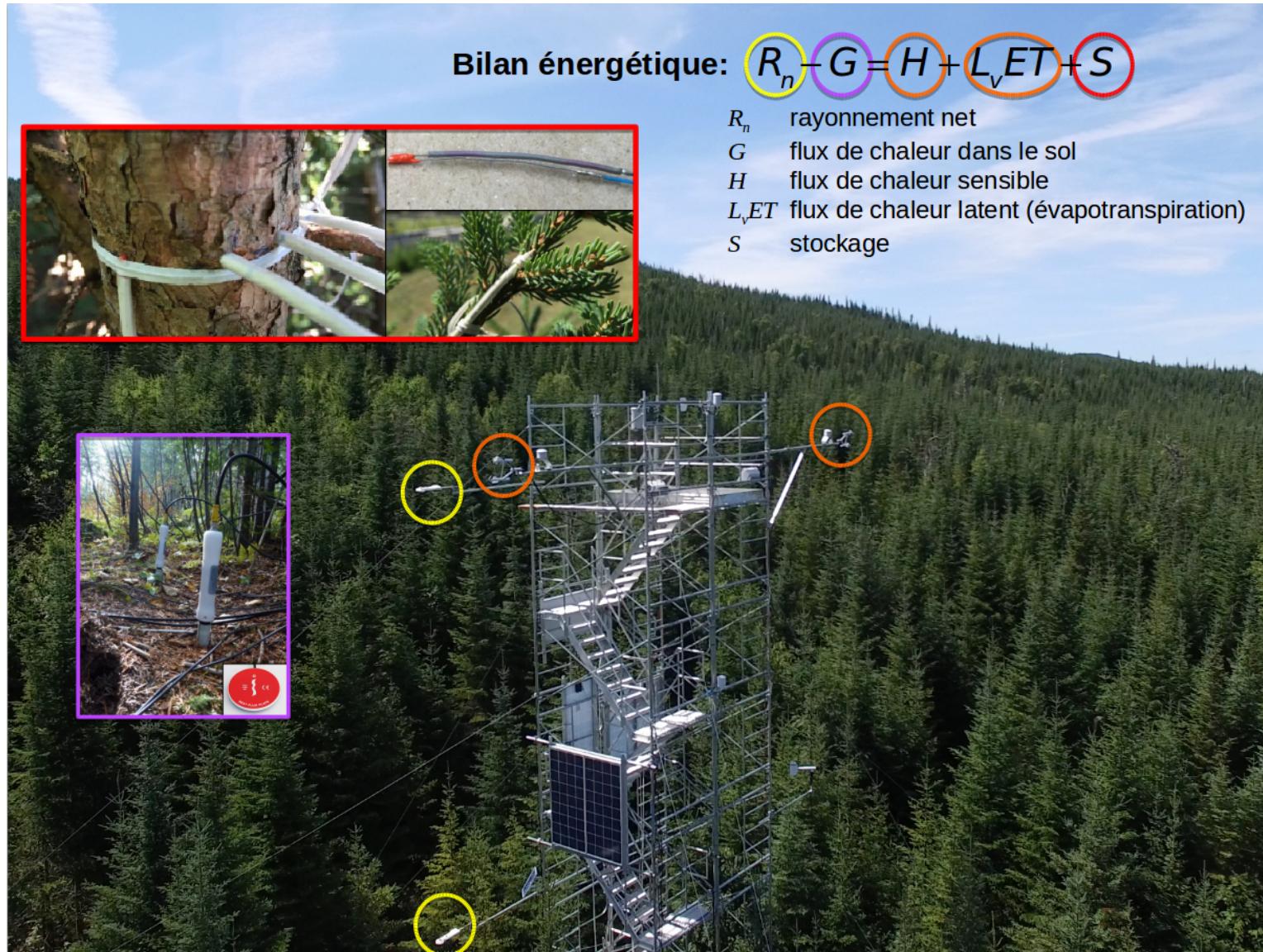


## « Sous-captation »



# Site expérimental « BEREV »

École d'été en sciences du climat 2024

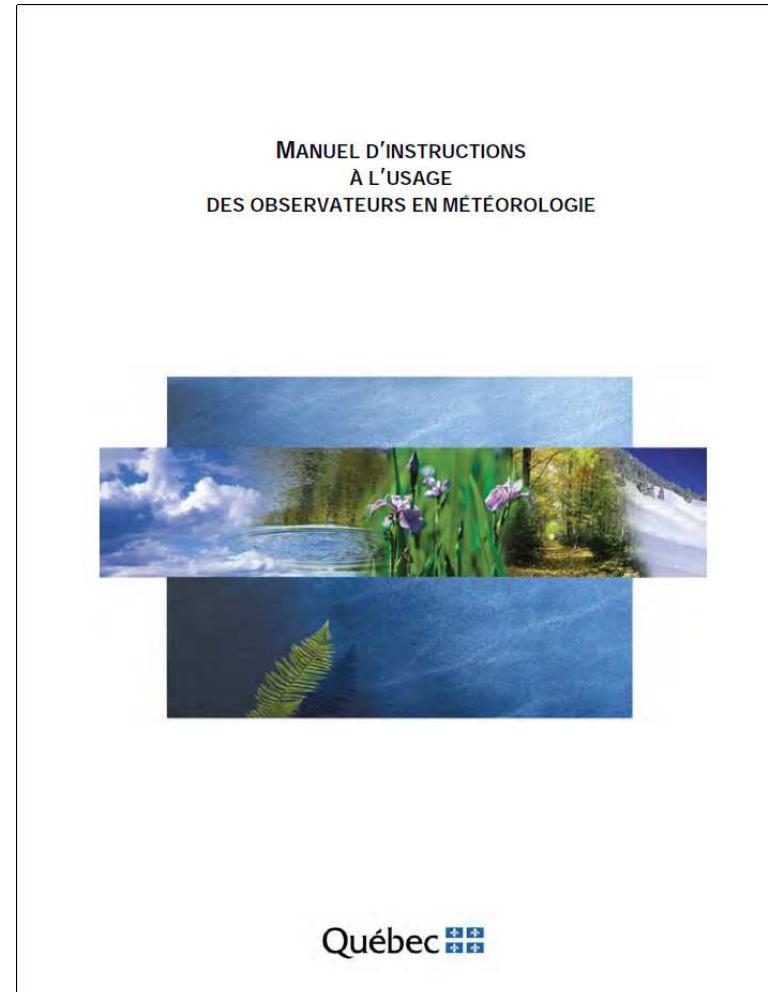
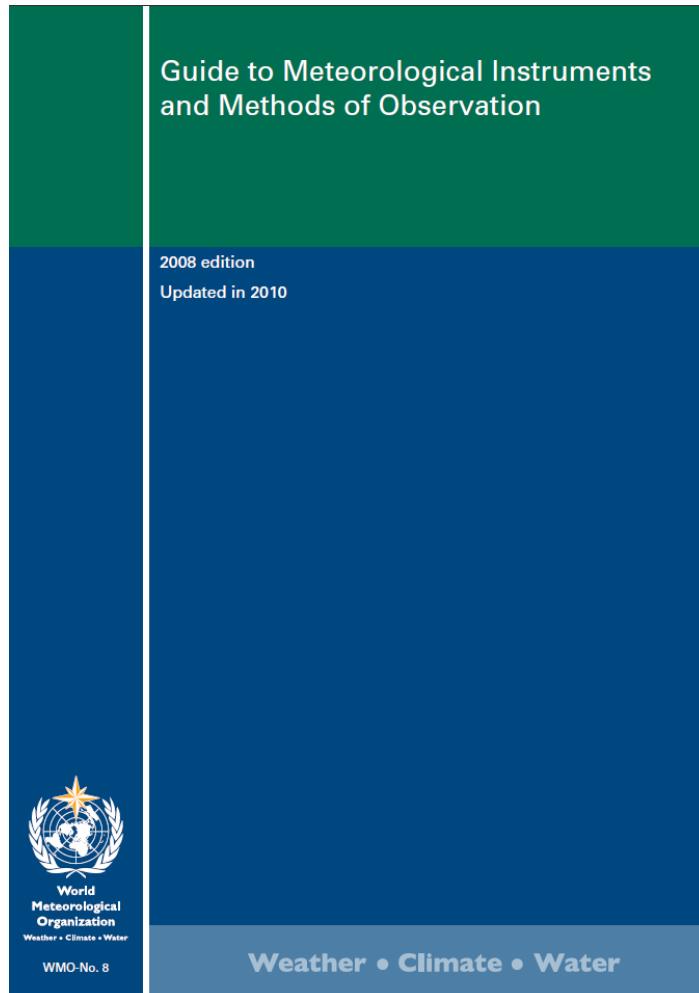


Source : Bassin expérimental du ruisseau des Eaux-Volées (BEREV) de la Forêt Montmorency ([lien](#))

## Échelle à neige



# Standards des stations d'observation météo



National Weather Service  
Observing Handbook No. 2

## Cooperative Station Observations

Observing Systems Branch  
Office of Systems Operations  
Silver Spring, Md.  
July 1989

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE  
Robert Mosbacher, Secretary  
National Oceanic and Atmospheric Administration  
William E. Evans, Under Secretary and Administrator  
National Weather Service  
Elbert W. Friday, Jr., Director

# Stations d'observation météo *indépendants*



Photo : UQAM

Source : Station de météo UQAM (<https://eos.meteo.mcgill.ca/stations/4/live-data>)

## Radiosonde

La **radiosonde** est composée d'un ensemble d'instruments d'observations attachés à un ballon qui s'élève dans l'atmosphère.

Permet d'obtenir la distribution verticale de température, pression et humidité jusqu'à *30 Km d'altitude*.

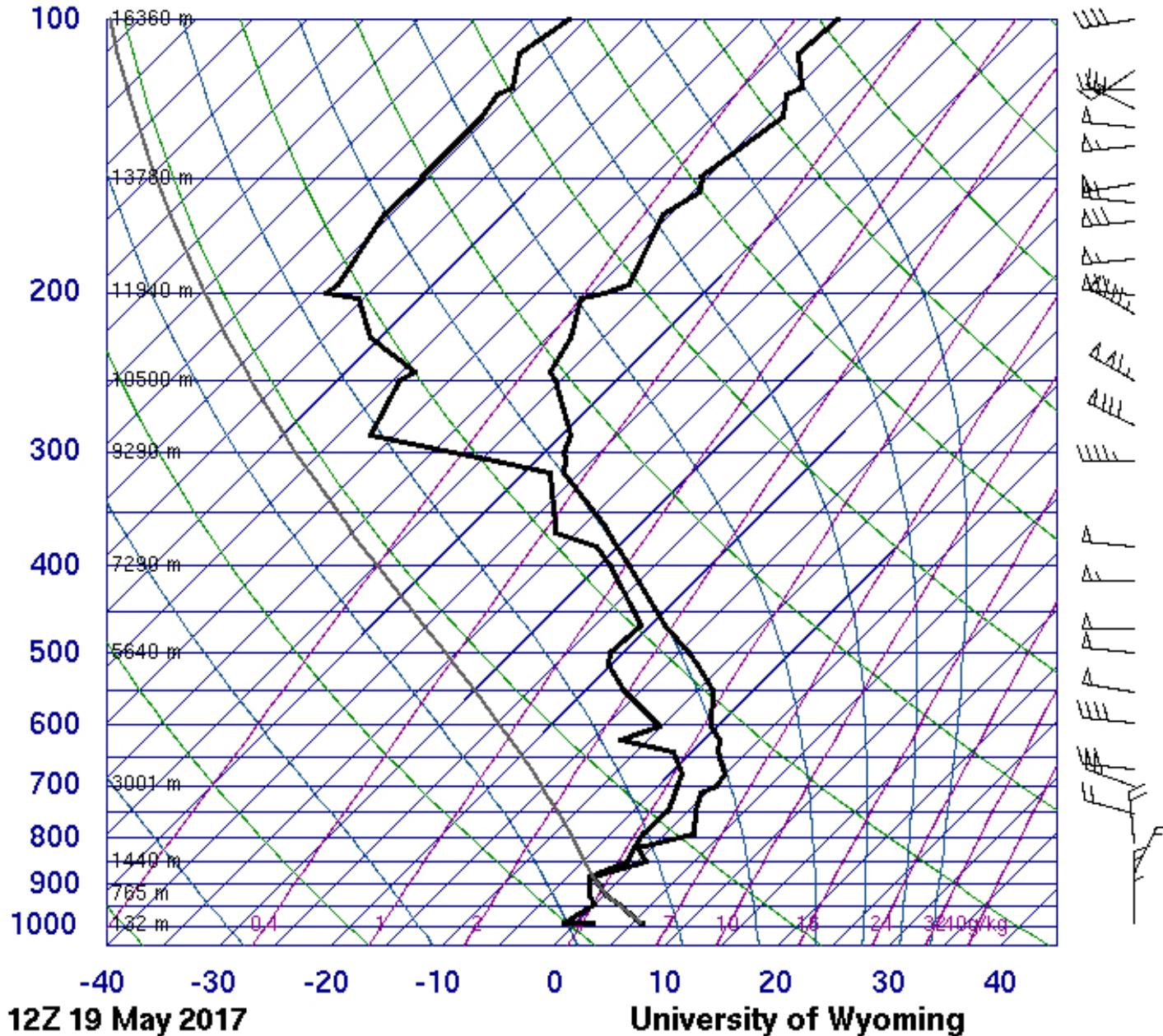
Avec un équipement de localisation au sol, il est possible d'obtenir le profil vertical de vent.

# Radiosonde

Données climatiques : Acquisition, interprétation et manipulation



71722 WMW Maniwaki



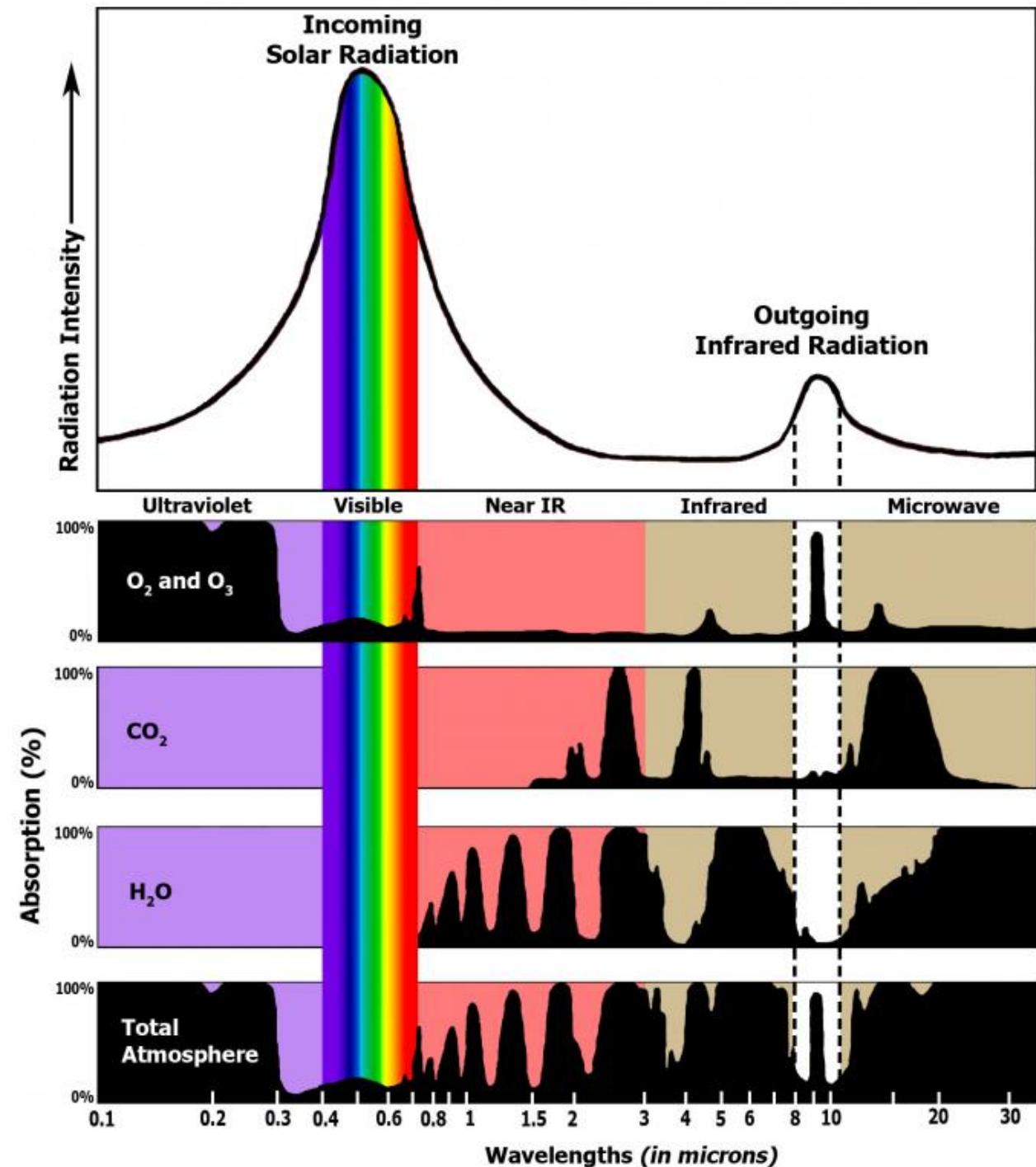
SLAT	46.30
SLON	-76.01
SELV	189.0
SHOW	15.40
LIFT	21.79
LFTV	21.96
SWET	88.00
KINX	10.50
CTOT	13.20
VTOT	14.90
TOTL	28.10
CAPE	0.00
CAPV	0.00
CINS	0.00
CINV	0.00
EQLV	-9999
EQTV	-9999
LFCT	-9999
LFCV	-9999
BRCH	0.00
BRCV	0.00
LCLT	271.7
LCLP	905.2
MLTH	279.6
MLMR	3.84
THCK	5508.
PWAT	19.62

## Données de radiosonde

Données climatiques : Acquisition,  
interprétation et manipulation

# Télédétection

- Différence entre les bandes spectrales ou l'intensité ou fréquence des signaux
- Utile pour identifier la couverture des sols, la distribution spatiale des émissions ou d'espèces atmosphériques
- Essentielle pour générer des topographiques spatiales



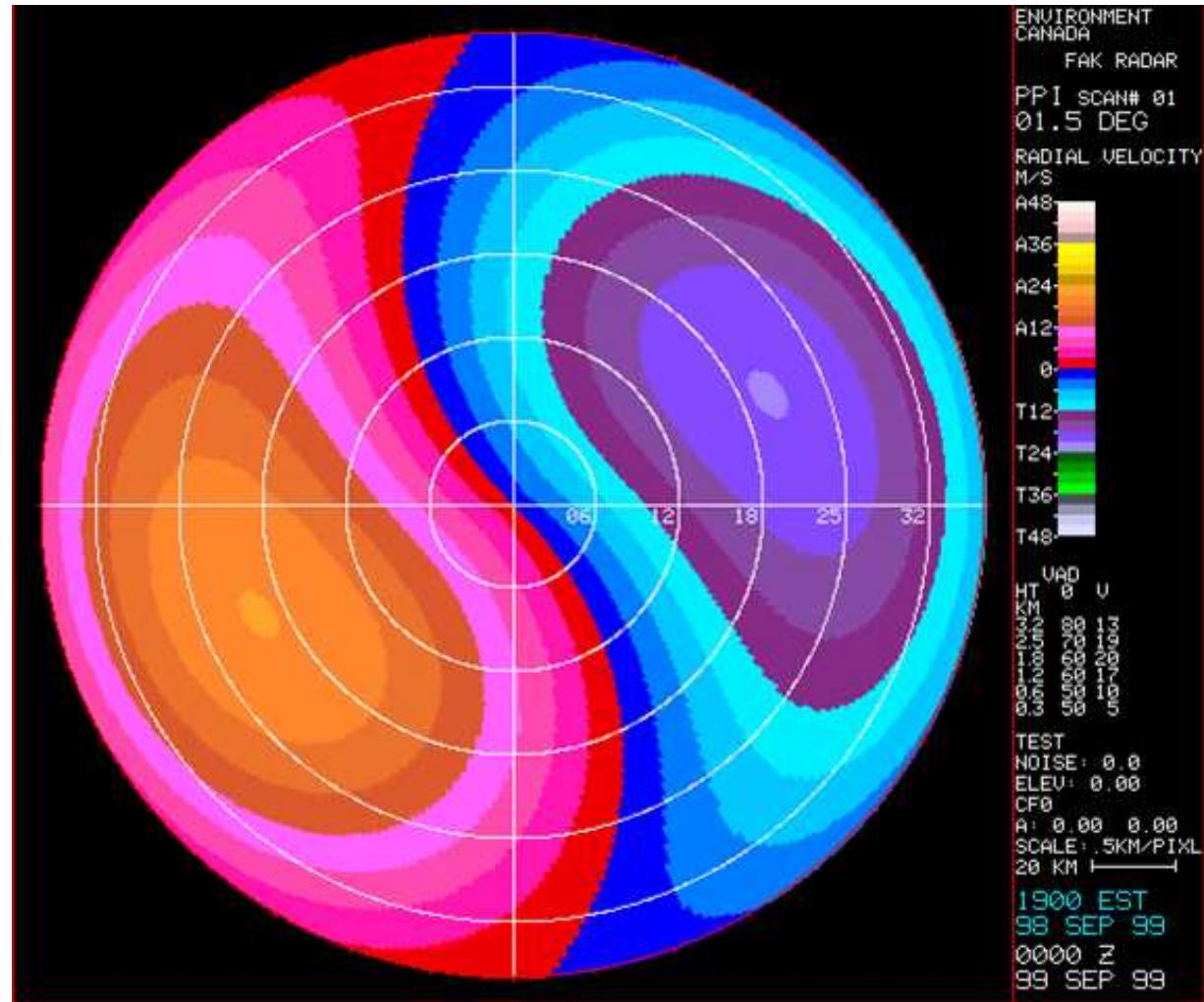
# Radar - Observation de télédétection **in situ**

Obtenue sans contact avec l'objet en question

- Portée d'environ **200 Km** autour de l'installation

Trois composantes majeures :

- **un émetteur d'ondes radioélectriques,**
- **une antenne, et**
- **un receveur d'onde**



# Installations de radar

- Photo : **Observatoire de J.S. Marshall, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec**
- Pour en savoir plus:
  - [Limite de visibilité du radar de l'université McGill](#)



# Installations de radar



## Relation Z-R

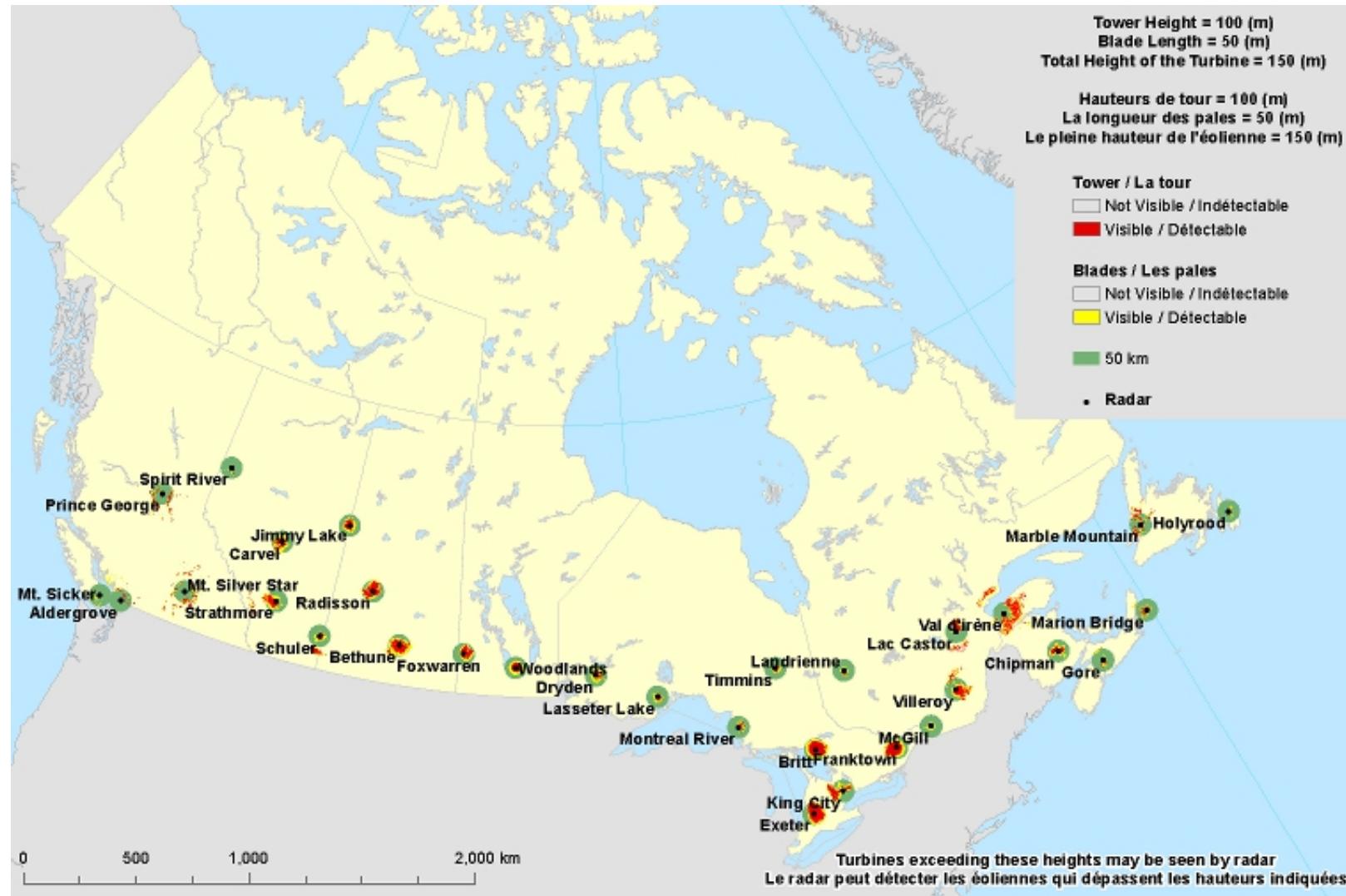
La puissance reçue est reliée au facteur de réflectivité d'un volume de particules.

Le facteur de réflectivité est dépendant de la distribution de la taille des gouttes.

Dans sa version la plus simple, la relation entre facteur de réflectivité et précipitation est donnée par la relation Z-R.

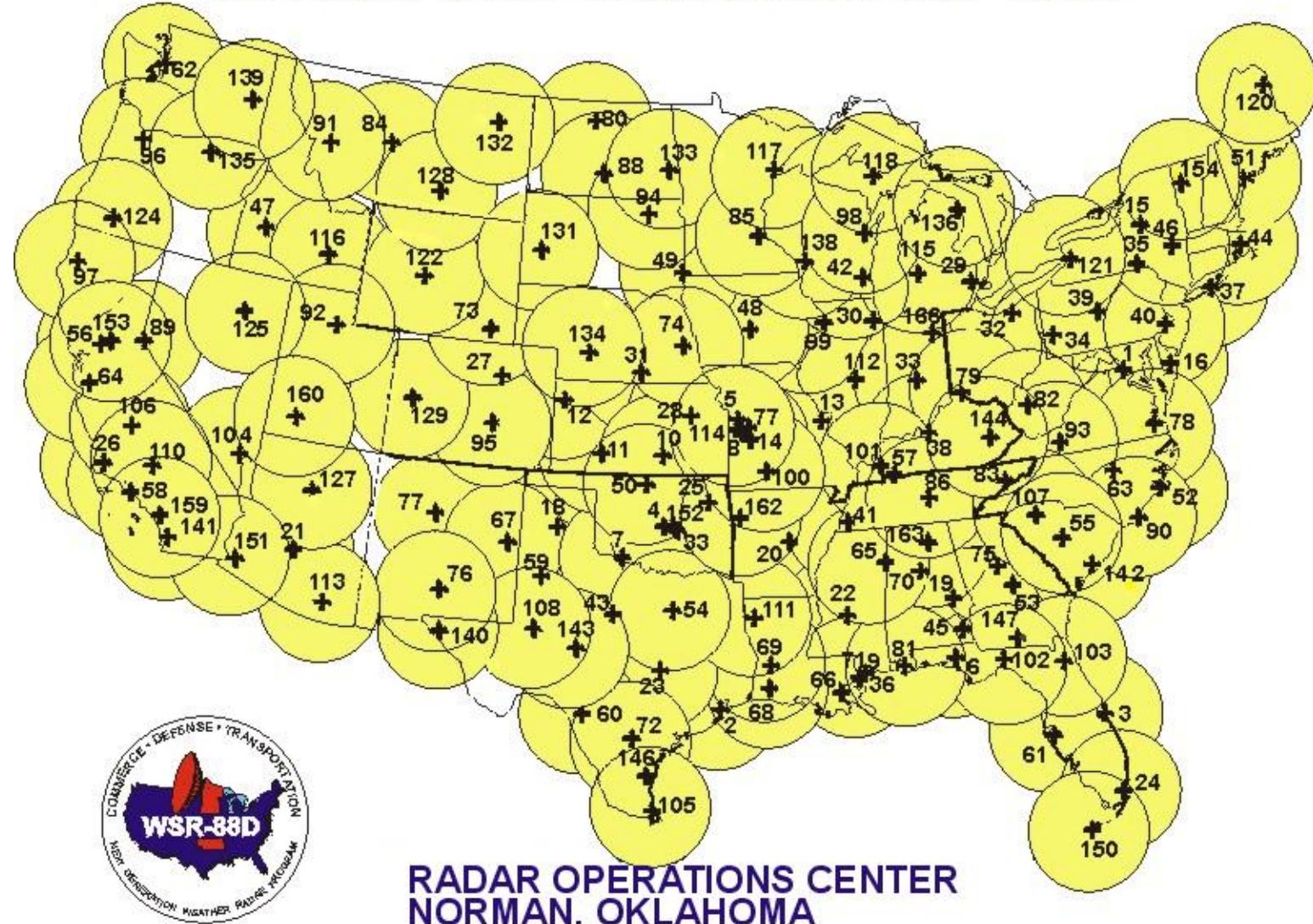
- $Z = 200R^{1.6}$  pour la pluie ( $Z$  en  $\text{mm}^6/\text{mm}^3$ ,  $R$  en  $\text{mm/h}$ )
- $Z = 200R^2$  pour la neige

# Installations de radar canadiens



## COMPLETED WSR-88D INSTALLATIONS WITHIN THE CONTIGUOUS U.S.

### Installations de radar américains



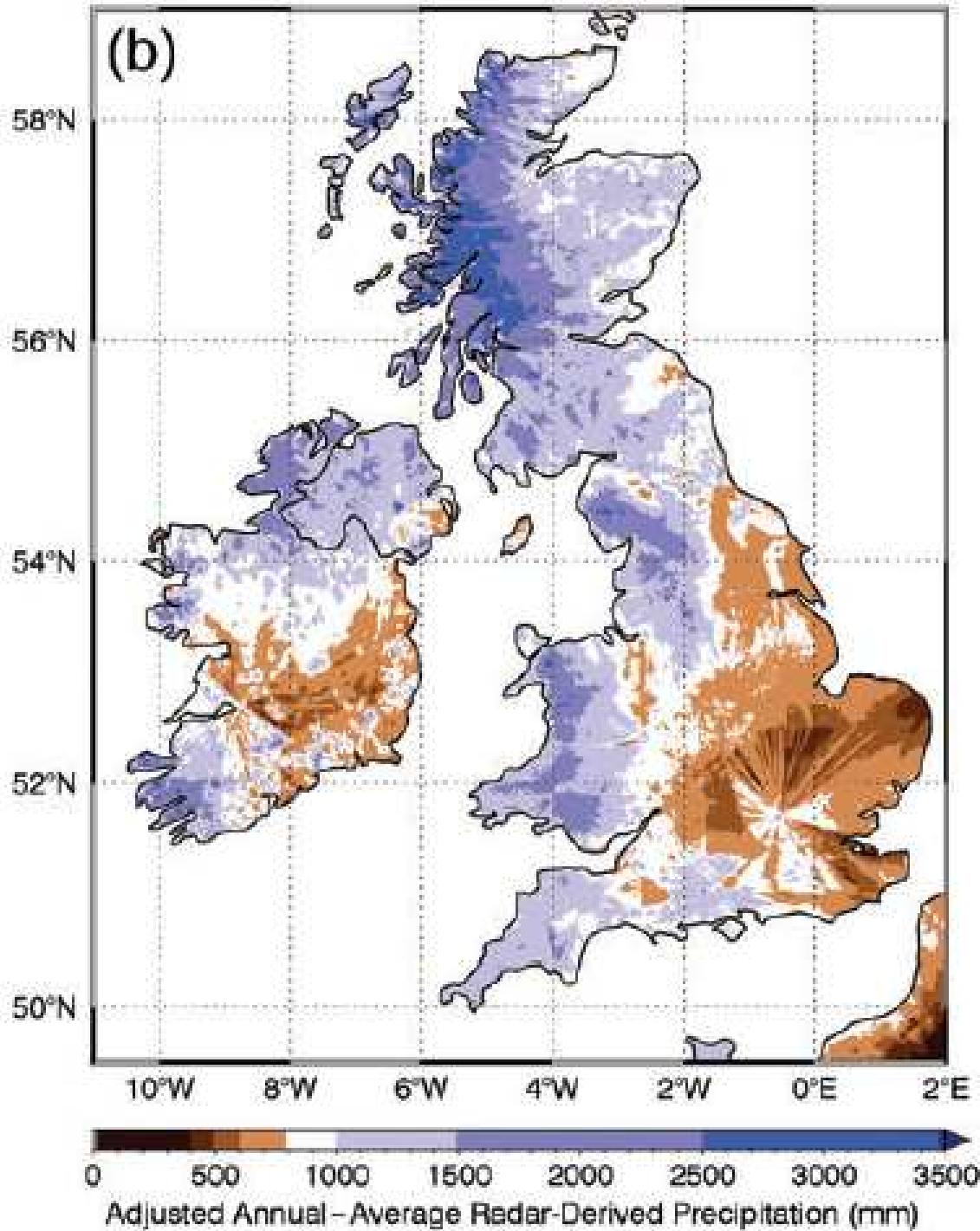
## Données de radar

Résolution temporelle de *5 à 10 min.*

Résolution spatiale de *1 degré en azimuth et en élévation, ~100 m sur l'axe de l'onde émise.*

Une image de 200 km → *3 millions points de grille*

Plusieurs téraoctets (To) de données produites par jour



## Radar composé / « Composite Radar »

Source : Fairman et al. (2015) A Radar-based rainfall climatology of Great Britain and Ireland  
(<https://doi.org/10.1002/wea.2486>)

# Radar et prévision immédiat

## « Nowcasting »

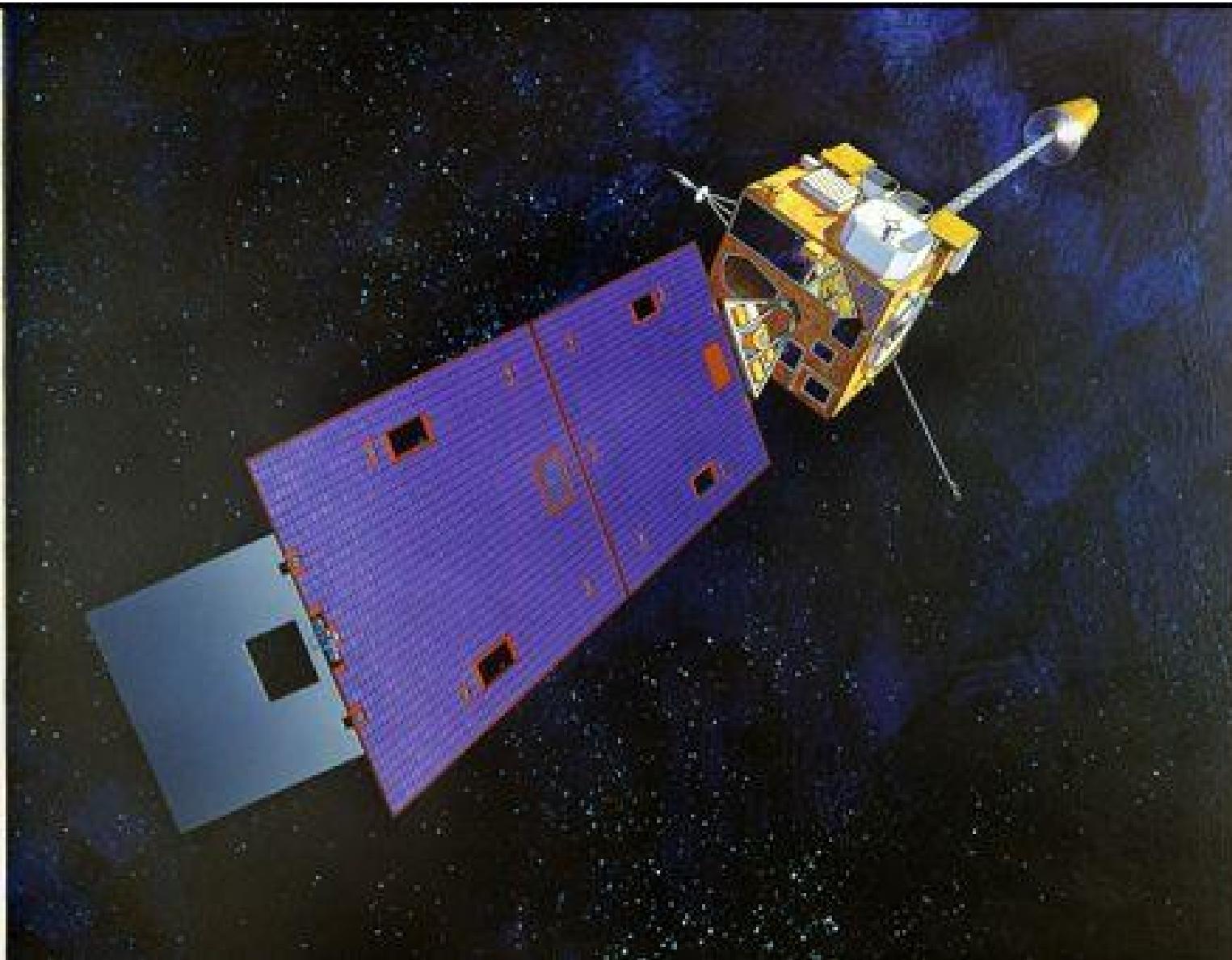


Photo : Université McGill

Source : McGill Radar Nowcasting ([site web](#))



For any questions or concerns about the nowcast, please contact [daniel.hogg@mcgill.ca](mailto:daniel.hogg@mcgill.ca)

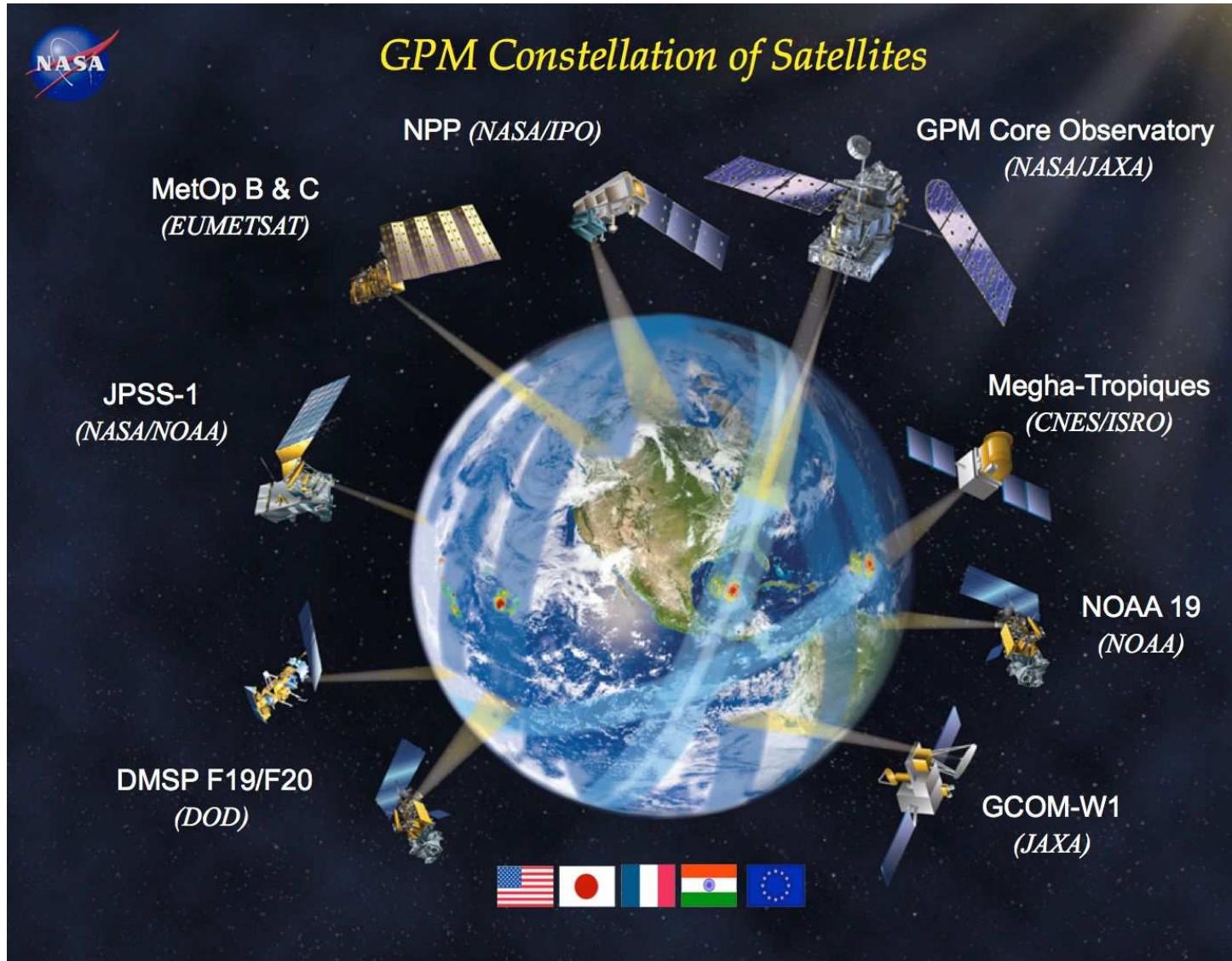


# Satellites

Source : NASA

# Données satellitaires

- Coordination à l'international
- Plusieurs « missions » en opération en même temps



# Types des satellites

Également de la famille d'observation par « **télédétection** »

Deux types d'orbites : **géostationnaires** et **à orbite polaire**

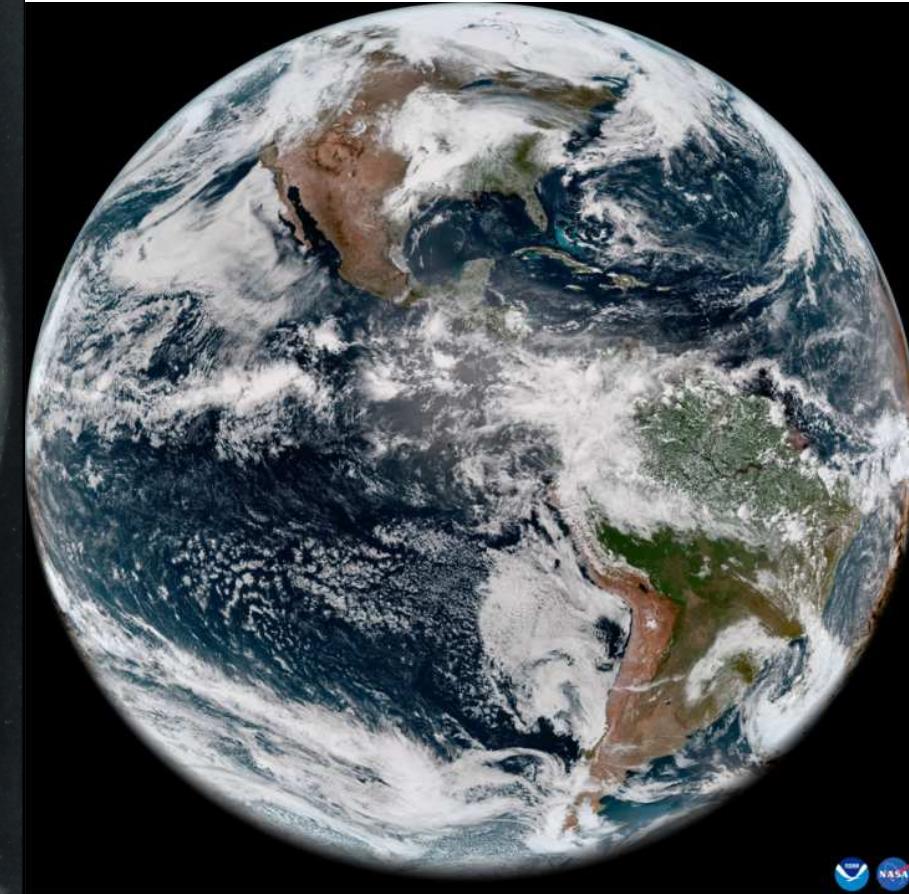
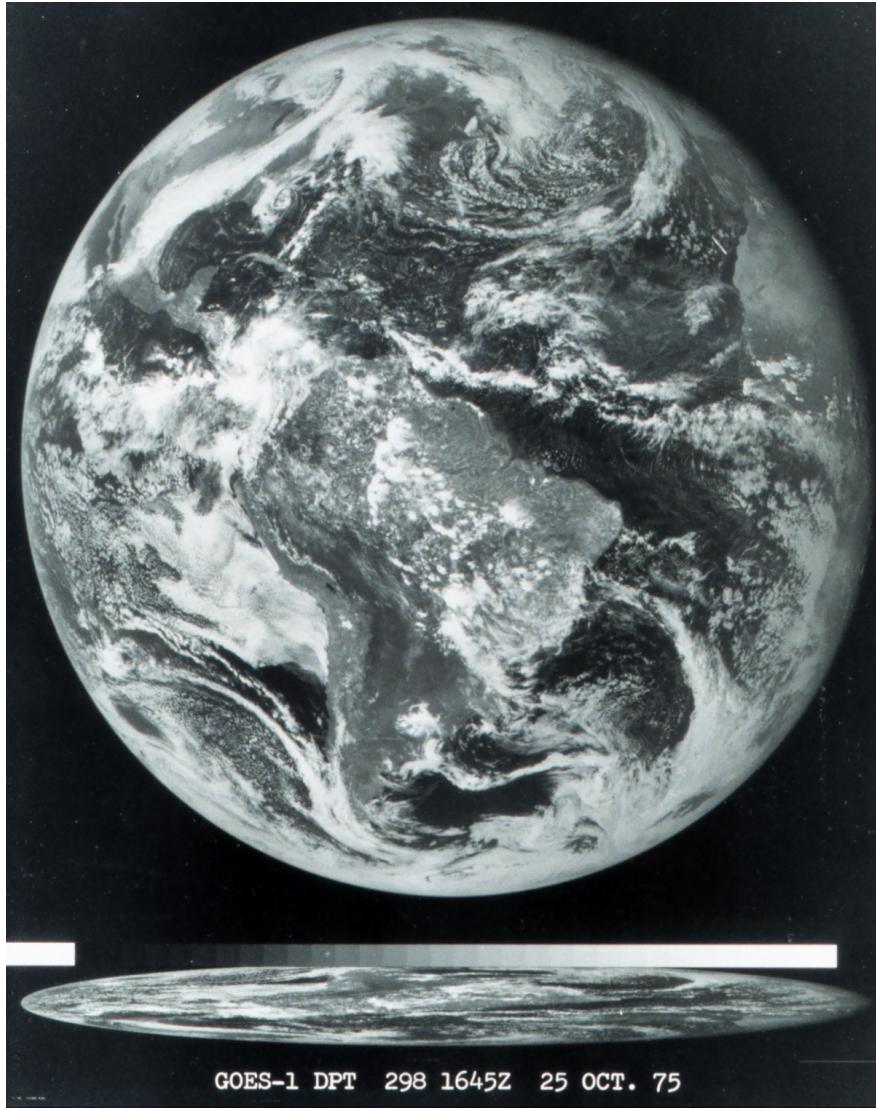
- Géostationnaire :
  - *36,000 Km au dessus de la terre* fixé au dessus du même point terrestre en permanence
- À orbite polaire :
  - *~850 Km au dessus de la terre*
  - *~14 orbites par jour*

# Mission Satellite de NASA

« GOES »

GOES-1 (1975)

GOES-18 (2022)



Crédits des images : NASA, NOAA,  
JMA

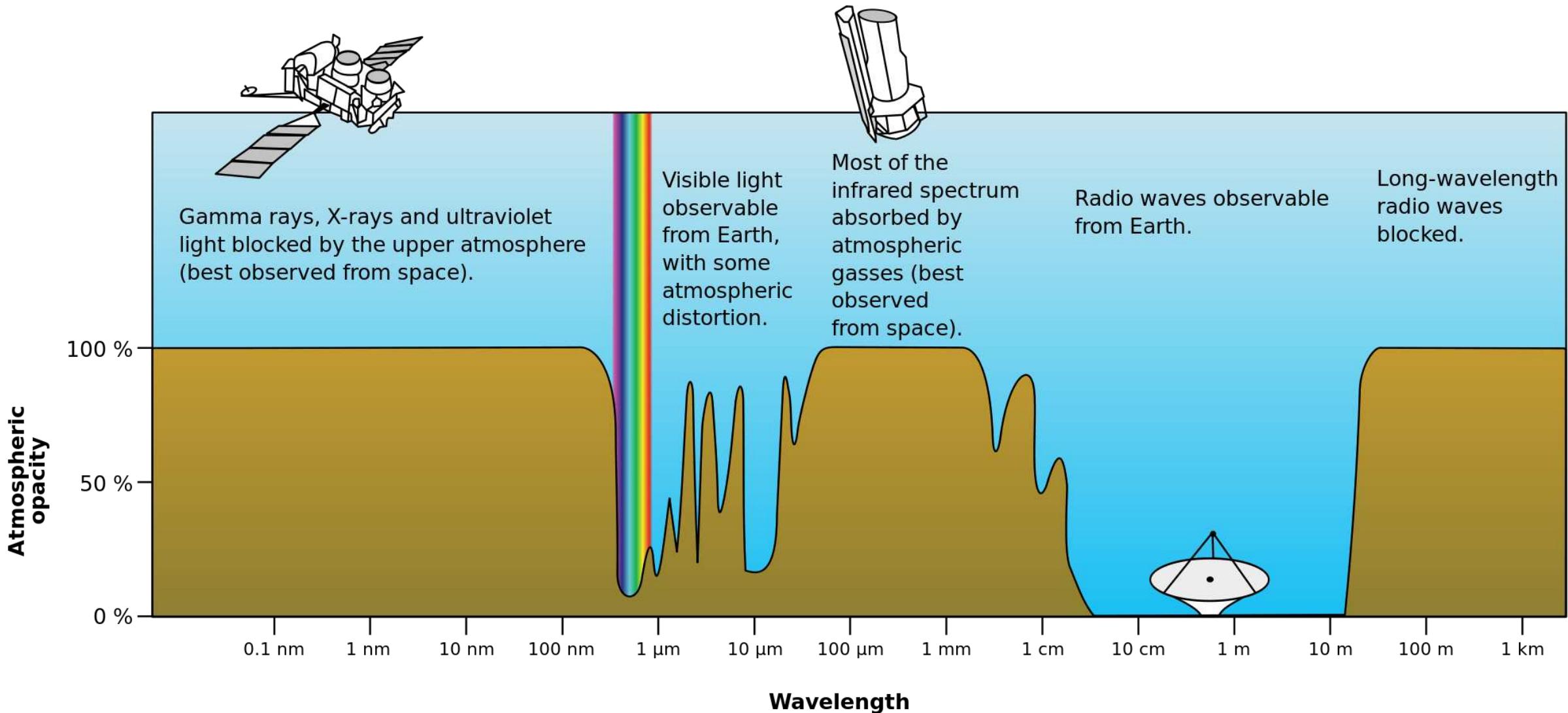
## Satellites - Informations

Équipé d'un capteur photographique multispectres et sondeur,

Information obtenue sur :

- Hauteur et épaisseur de nuages,
- Température de surface de l'océan,
- Étendue de la neige et glace de mer,
- Hauteur de la surface de l'océan,
- etc...

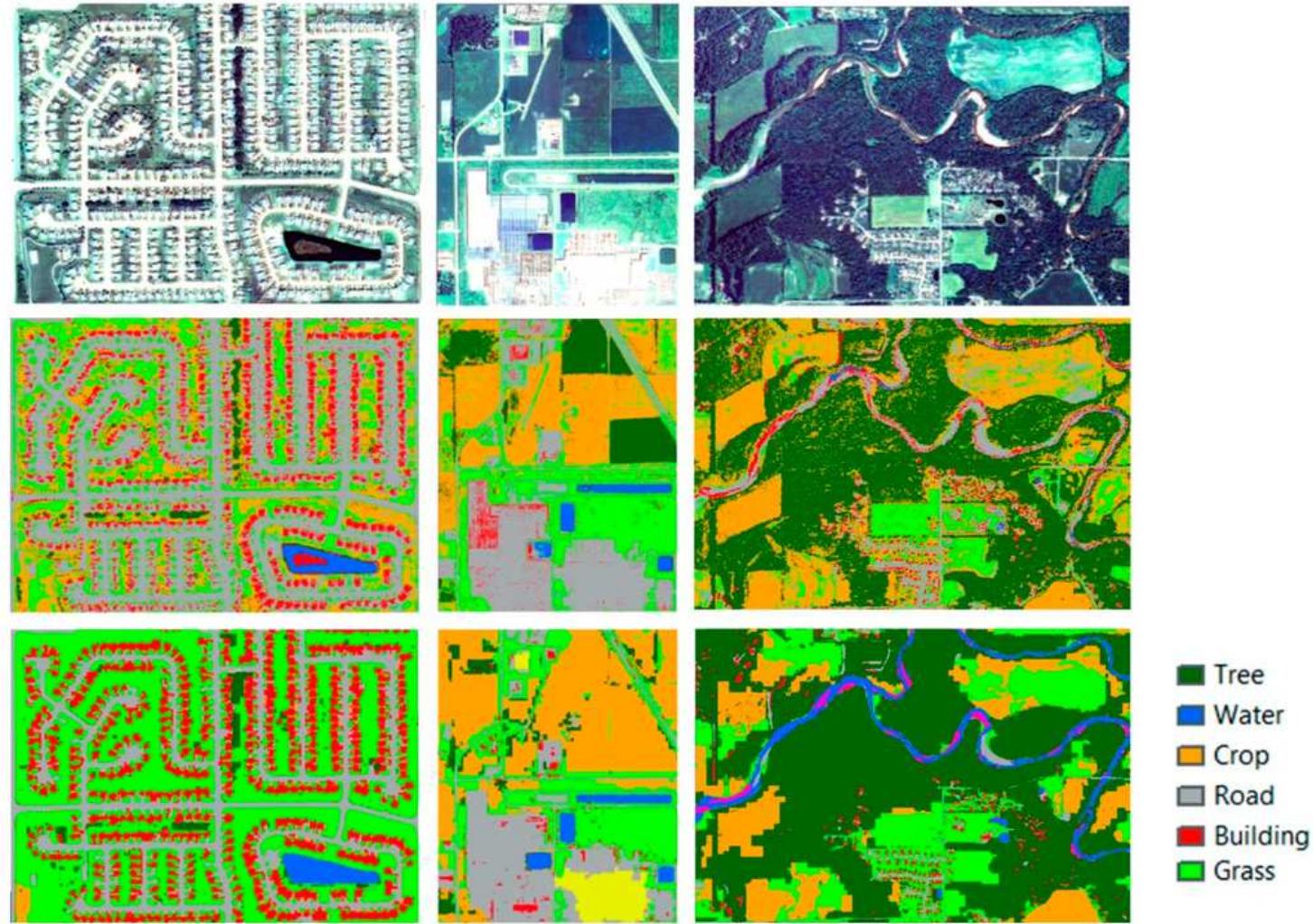
# Satellites - Aspects optiques

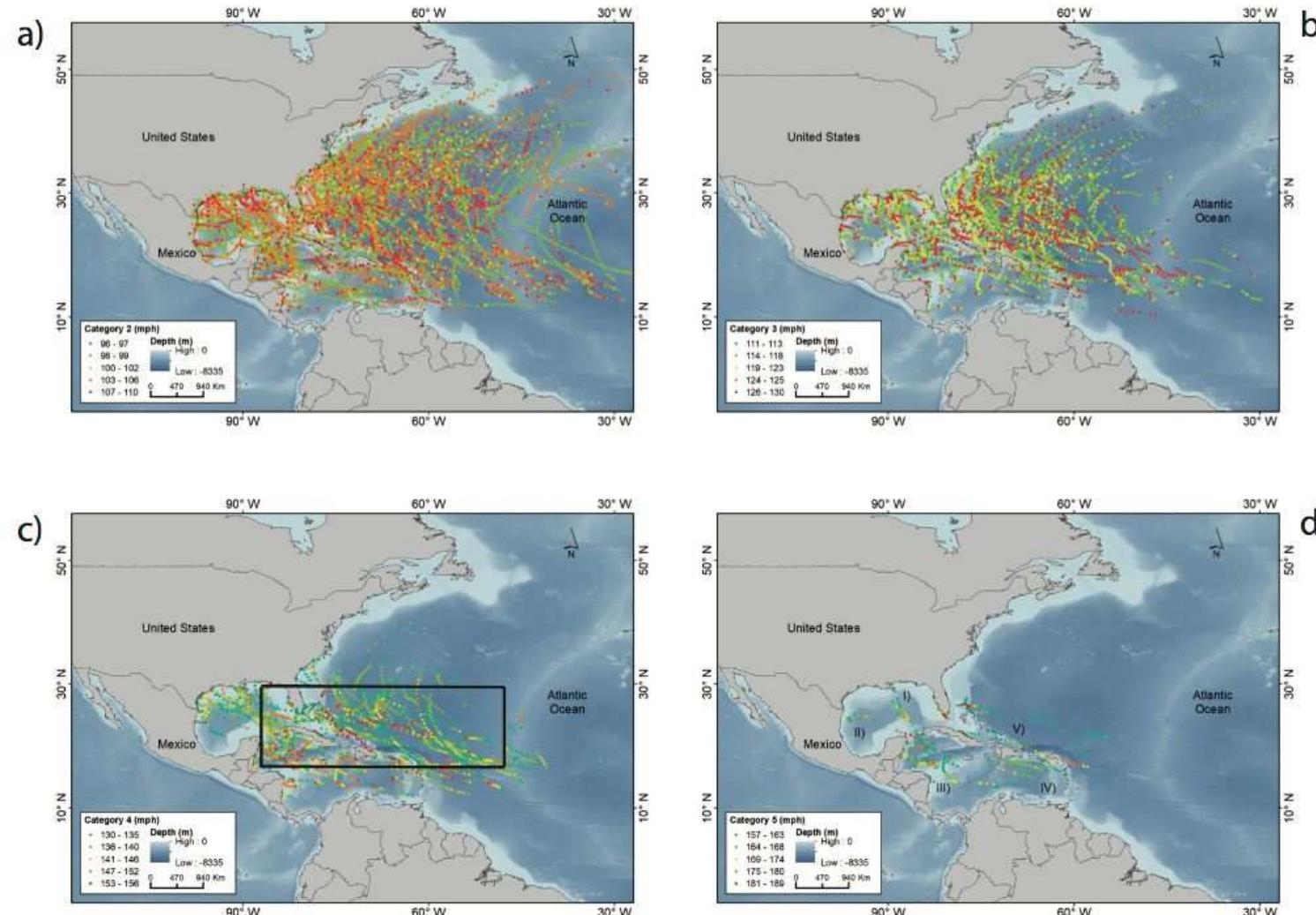


# Satellites

## Imagerie aérienne

Source : Li (2014): Object-based land-cover mapping with high resolution aerial Photography at the county scale in midwestern USA  
(<https://doi.org/10.3390/rs61111372>)





## Satellites

## Les ouragans et apprentissage machine (« Machine Learning »)

Source : Herrera et al. (2022) Predicting Atlantic Hurricanes Using Machine Learning  
(<https://doi.org/10.3390/atmos13050707>)

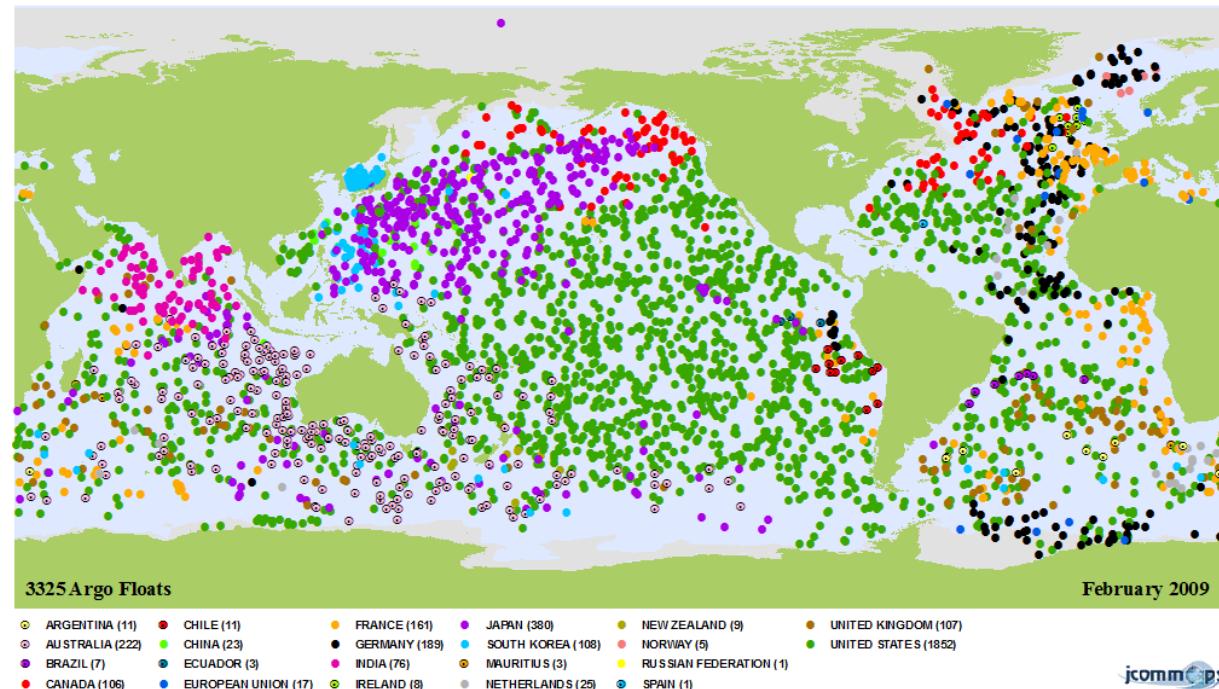
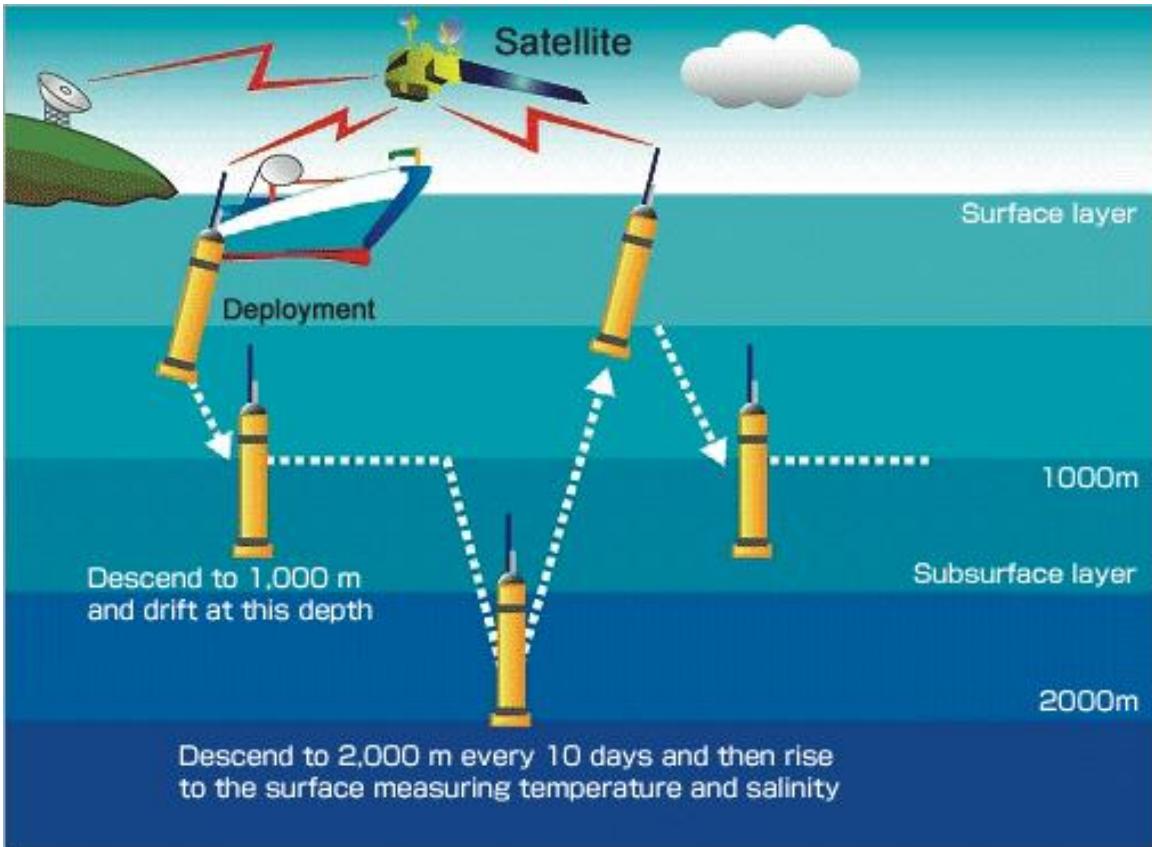
# Satellites en opération

Couverture globale de satellite géostationnaire :

- **GMS Himawari 8** (japonais : **JMA**)
  - l'est asiatique et l'océan pacifique.
- **GOES West et GOES East** (américains : **NASA**)
  - l'océan pacifique, les Amériques, l'océan atlantique.
- **METEOSAT** (européen : **EUMETSAT**)
  - Europe et Afrique.
- **INSAT** (indien : **ISRO**)
  - Asie et l'océan Indien.
- Les satellites en orbites polaires ont des missions plus spécialisées
  - e.g. **LANDSAT**, **SRTM**, **Terra**, **Aqua**, etc.

# Données des courants / océans

## Bouée Argos



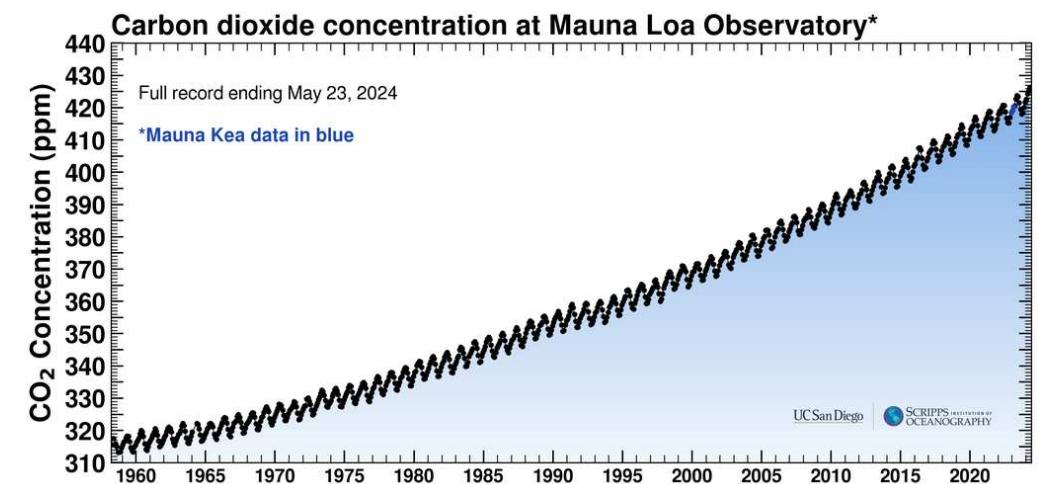
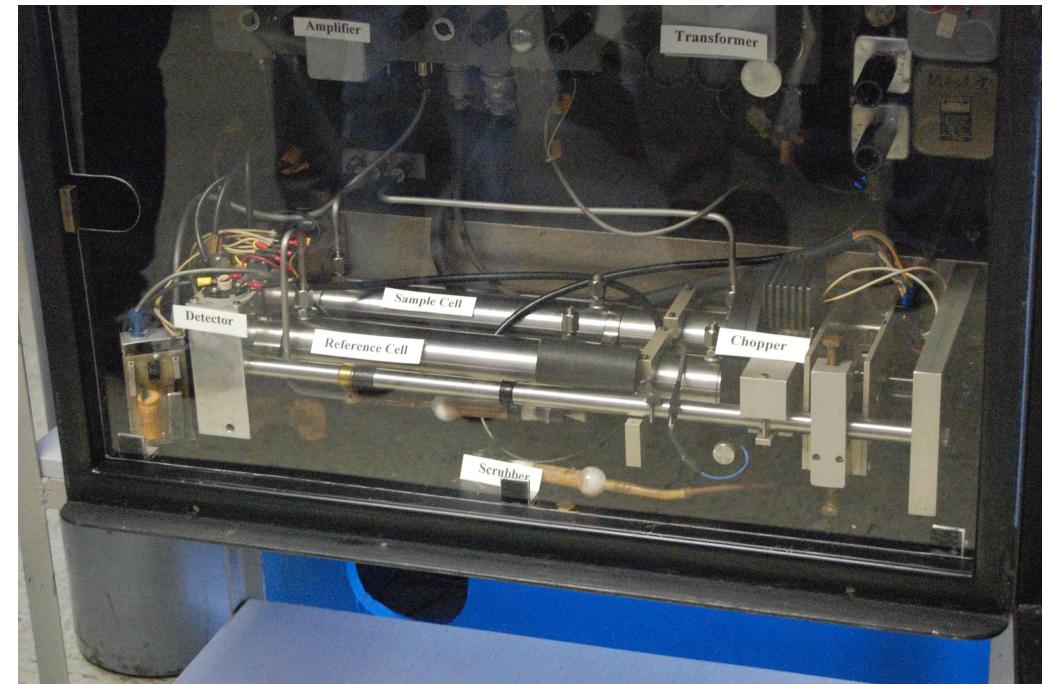
# Données des rivières

## Stations de jaugeage



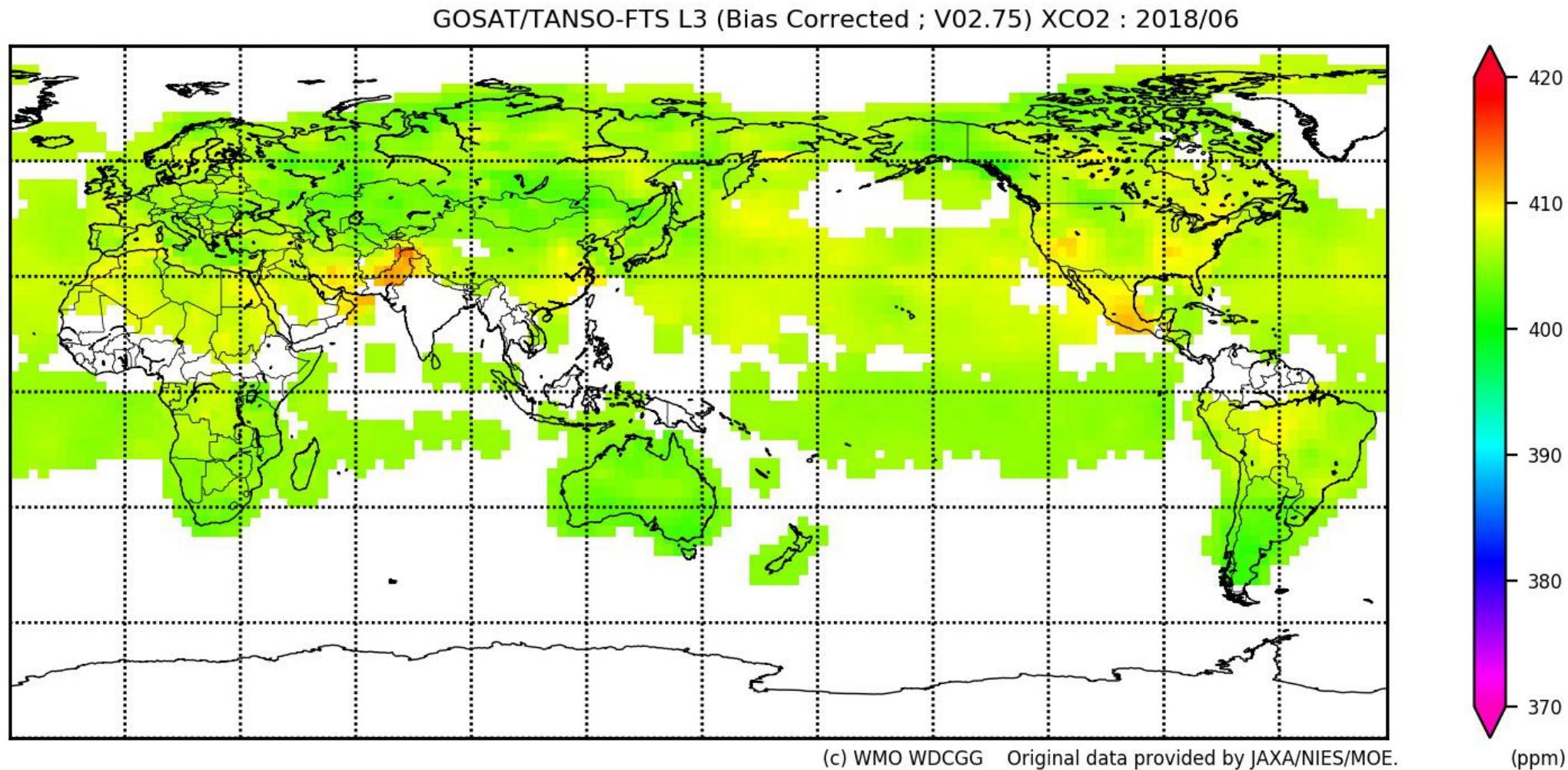
# Mesures de CO<sub>2</sub> in situ

## Spectrophotomètre - Courbe de Keeling



Source : Scripps Institution of Oceanography (UCS) (<https://keelingcurve.ucsd.edu/>)

# Mesures de CO<sub>2</sub> par satellite



### 3. Données observées

# Données de stations

École d'été en sciences du climat 2024

REPORT OF METEOROLOGICAL OBSERVATIONS taken at														
Date Year.	Time	Local Time	Barometric				Wind or Wind A.		Wind Data				Humidity	Precip.
			Barom.	Alt.	Corrected for Alt. mm.	Reduced to Sea Level mm.	Wind	Wind	Wind	Wind	Wind	Wind		
Latitude	142 29.912	57 29.995 29.995 29.995	101.115		101.115	101.115	101.115	101.115	101.115	101.115	101.115	101.115	53	
	4 29.966	52 29.979 29.979 29.979	101.120		101.120	101.120	101.120	101.120	101.120	101.120	101.120	101.120	50	
	7 29.965	53 29.978 29.978 29.978	101.127		101.127	101.127	101.127	101.127	101.127	101.127	101.127	101.127	57	
	10 29.960	54 29.913 29.913 29.913	101.132		101.132	101.132	101.132	101.132	101.132	101.132	101.132	101.132	41	
	28 1 29.911	55 29.944 29.944 29.944	101.171		101.171	101.171	101.171	101.171	101.171	101.171	101.171	101.171	43	
	4 29.772	57 29.785 29.777 29.777	101.166		101.166	101.166	101.166	101.166	101.166	101.166	101.166	101.166	45	
	7 29.751	53 29.711 29.706 29.706	101.160		101.160	101.160	101.160	101.160	101.160	101.160	101.160	101.160	61	
	10 29.745	53 29.715 29.713 29.713	101.174		101.174	101.174	101.174	101.174	101.174	101.174	101.174	101.174	52	
	21 29.744	53 29.717 29.692 29.692	101.072		101.072	101.072	101.072	101.072	101.072	101.072	101.072	101.072	52	

## Données de stations canadiens

Les archives débutent vers les années 1840

Les données de stations d'Environnement Canada sont disponibles en tableaux mensuels :

- <https://climat.meteo.gc.ca>

Pour un usage plus comprehensif, le Service météorologique du Canada (SMC) offre quelques manières d'accéder aux données observées gratuitement

- <https://eccc-msc.github.io/open-data/>

# Sommaires de données de stations canadiens

Source: Environnement Canada

## Daily Climatological Data (DLY02, DLY04) - (Note 16)

Element number, units, code, description, flags and notes for DLY02 and DLY04 weather elements

Element	Units	Code	Description	Flags	Note
001	0.1 deg C		Daily Maximum Temperature	E	
002	0.1 deg C		Daily Minimum Temperature	E, N, Y	
003	0.1 deg C		Daily Mean Temperature	E	
004	%		Daily Max. Relative Humidity		
005	%		Daily Min. Relative Humidity		
023	10's of deg (See 157)		Direction of Extreme Gust (16 pts) to Dec. 1976	S, E	5, 34
024	km/h		Speed of Extreme Gust	S, E	
025			UTC Hour of Extreme Gust (Earliest)		41
157	10's of deg (see 023)		Direction of Extreme Gust (36 pts) from Jan. 1977	S, E	

### 006-009 6 hrly. Precipitation ending

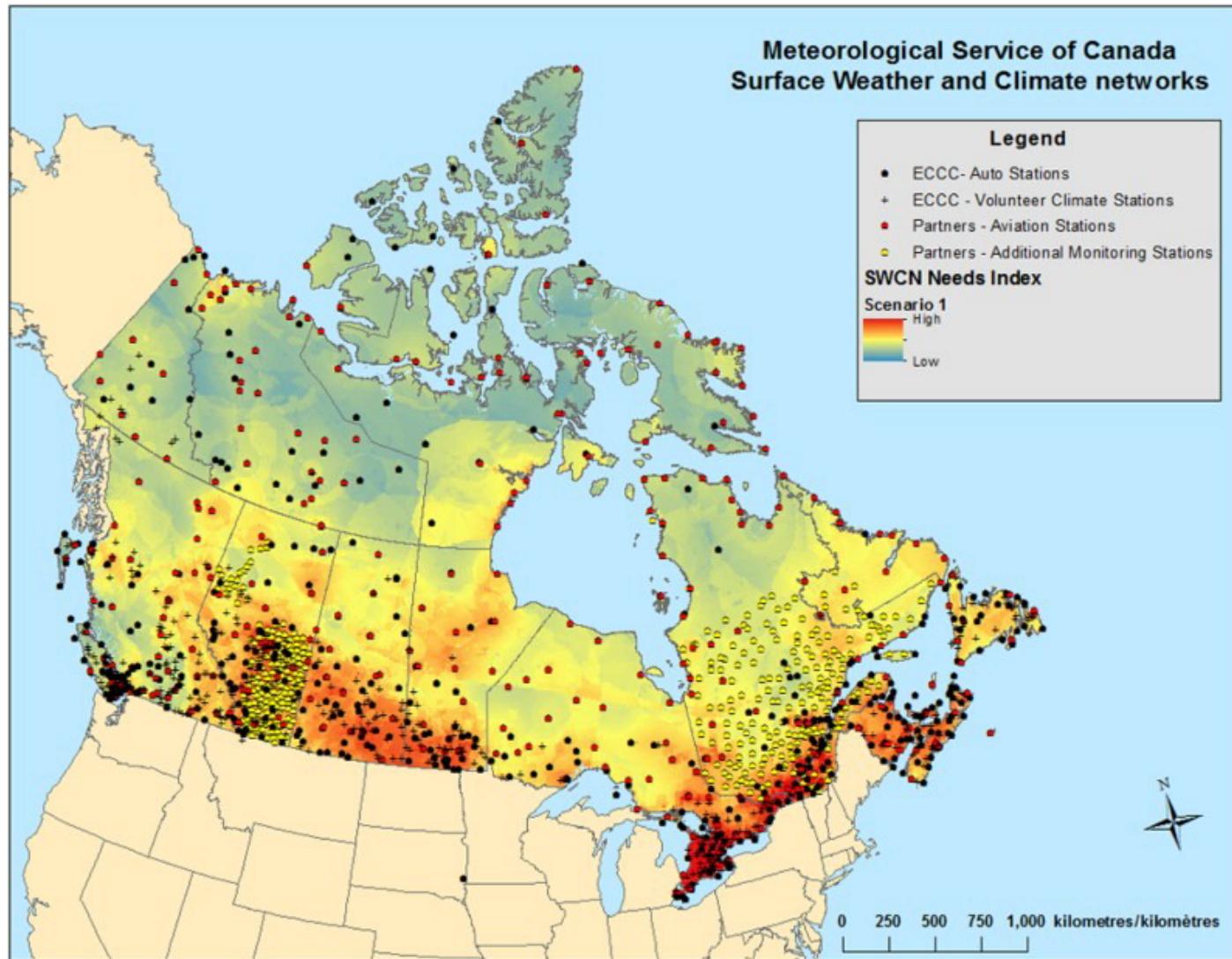
006	0.1mm		1200 UTC	I	15
007	0.1mm		1800 UTC	I	15
008	0.1mm		0000 UTC	I	15
009	0.1mm		0600 UTC	I	15
010	0.1mm		Total Rainfall	E,I,C,L,A,E	
011	0.1cm		Total Snowfall	E,I,C,L,A,E	37
012	0.1mm		Total Precipitation	E,I,C,L,A,E	37
013	cm		Snow on the Ground	E, I	8, 37

### 014-022 Day with... (DLY04 - also available for DLY44, elements 014-017)

014		1=Yes, 0=No	Thunderstorms		14
015		1=Yes, 0=No	Freezing Rain or Drizzle		14
016		1=Yes, 0=No	Hail		14
017		1=Yes, 0=No	Fog or Ice Fog		14

# Données de stations canadiens

École d'été en sciences du climat 2024



Source : Mekis et al. (2016) An Overview of Surface-Based Precipitation Observations at Environment and Climate Change Canada (<https://doi.org/10.1080/07055900.2018.1433627>)

# Données de stations du MELCCFP

- *Les ministres changent leurs noms/acronyms après tous les élections*
  - c'est ennuyeux !

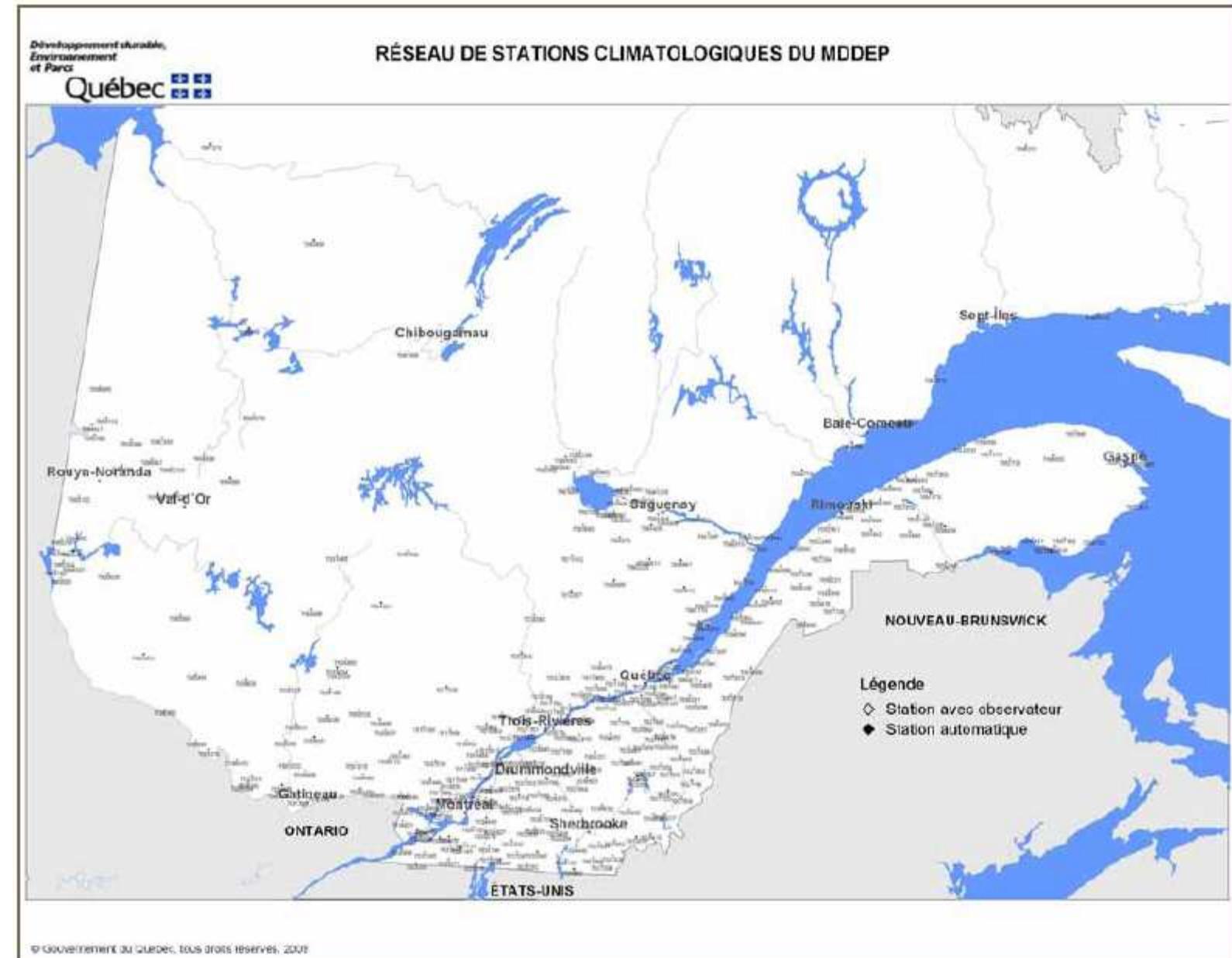
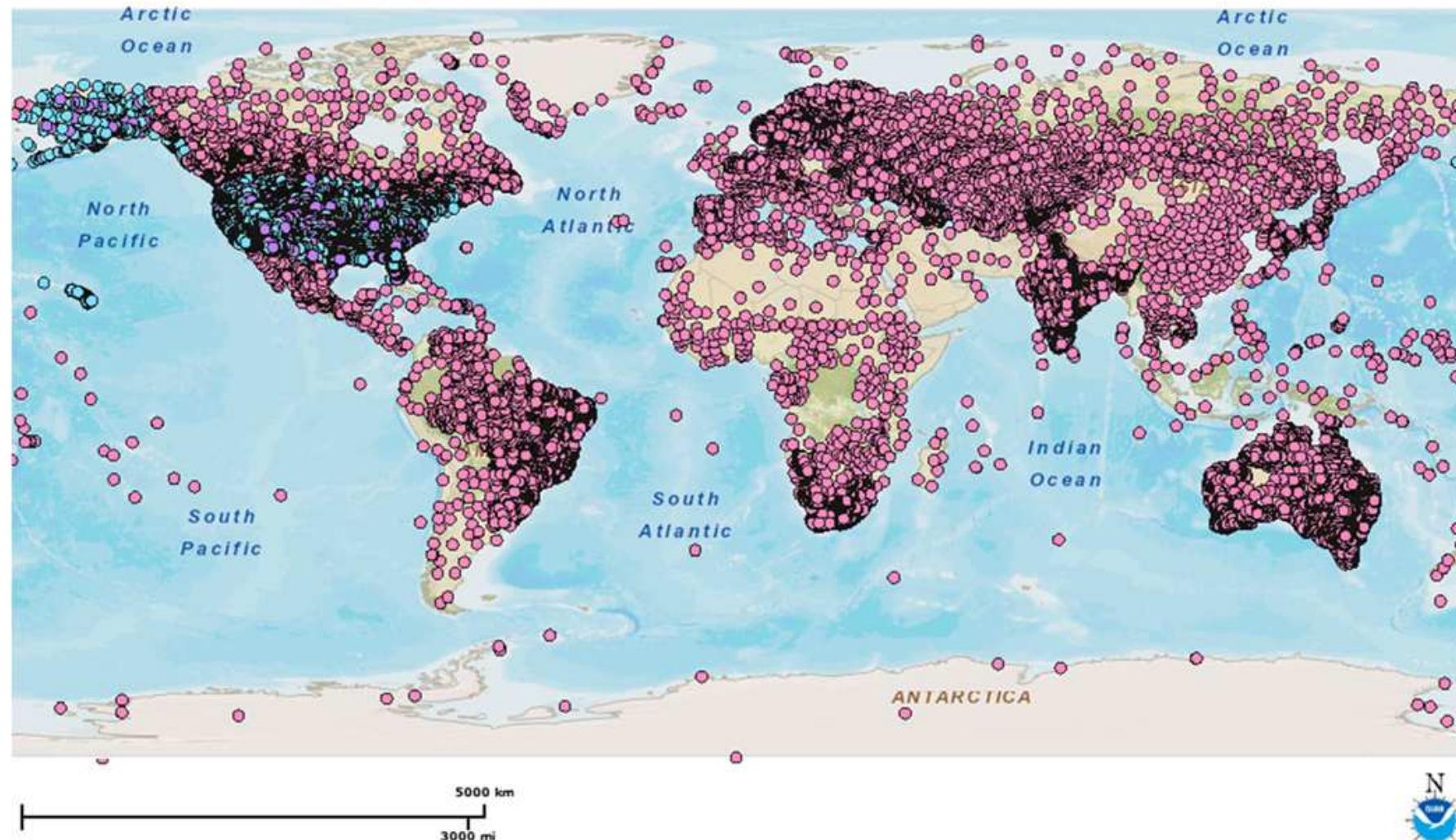


FIGURE 1. RÉSEAU DE STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DU MDDEP

Source : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Surveillance du climat, réseau et paramètres, sur le site du MDDEP <http://www.mddep.gouv.qc.ca/climat/surveillance/index.asp> (consulté le 12 août 2010)

# Données de stations globales

École d'été en sciences du climat 2024



Menne et al. (2012): Global Historical Climatology Network - Daily (GHCN-Daily), Version 3  
(<https://doi.org/10.7289/V5D21VHZ>)

## Données de stations - Conclusions

### Forces

- Information locale à partir d'instruments
- Représentatif de l'échelle à laquelle l'humain perçoit la météo
- Records les plus anciens des valeurs « vérifiées sur le terrain » (« *ground-truthed* »)

### Faiblesses

- Possibilité d'erreurs par les observateurs
- Peut être affecté par la proximité de perturbations (chaleur urbaine, masse d'eau)
- Déplacement et fermeture de stations
- Discontinuités temporelles
- Couverture spatiale très hétérogène

## Données homogénéisées

Ajustement des données brutes de stations à l'aide de connaissances sur les erreurs des différents instruments, le déplacement de stations, etc.

Utilisation de données de stations avoisinantes pour combler les données manquantes.

Détection et correction des sauts dans les séries à l'aide de méthodes statistiques

- *régression linéaire, test de Student, test de Mann-Kendall, etc.*

## Données homogénéisées

Environnement Canada est le principal pourvoyeur de ce type de données au pays via les travaux des chercheurs en climat et météo

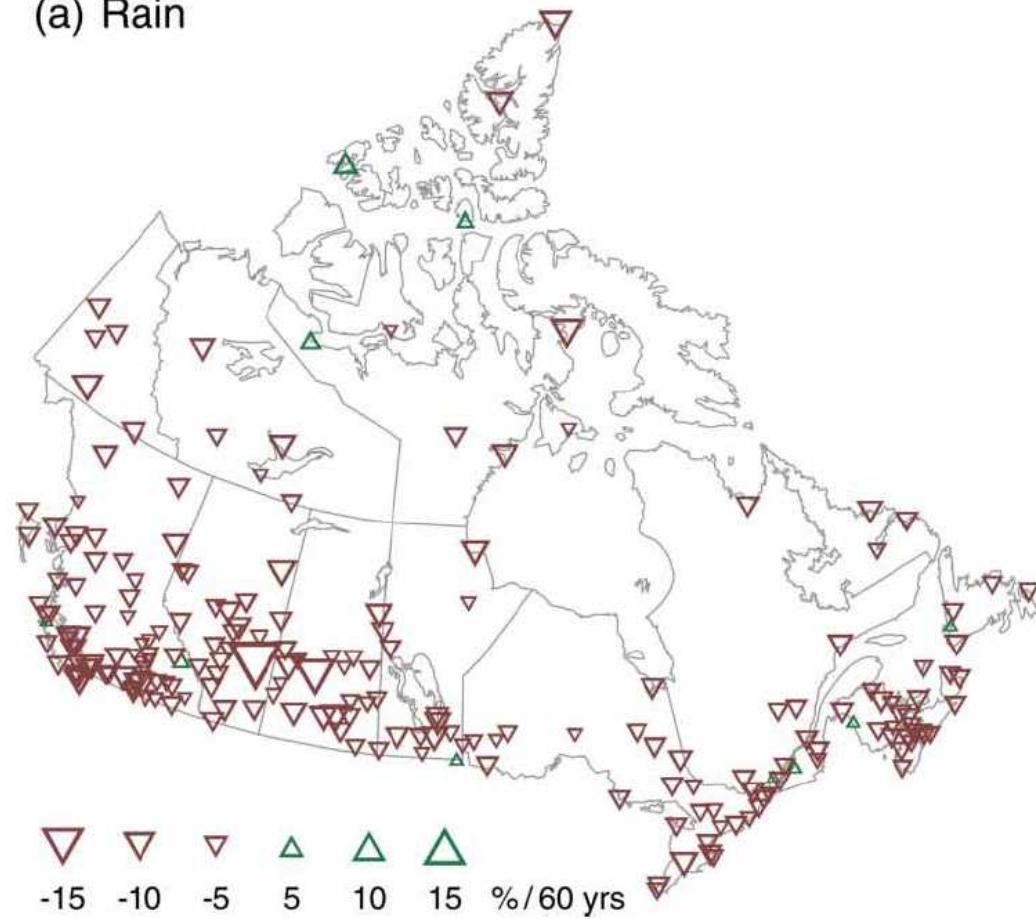
- <http://www.ec.gc.ca/dccha-ahcccd/>

**Plus de 400 stations** homogénéisées pour les *températures minimum, maximum et la précipitation.*

- **Wan et al. 2007; Wan et al. 2010 (Génération 1)**
- **Mekis et Vincent 2011; Vincent et al. 2012. (Génération 2)**
- **Vincent et al. 2020 (Génération 3)**

# Données homogénéisées

(a) Rain



(b) Snow

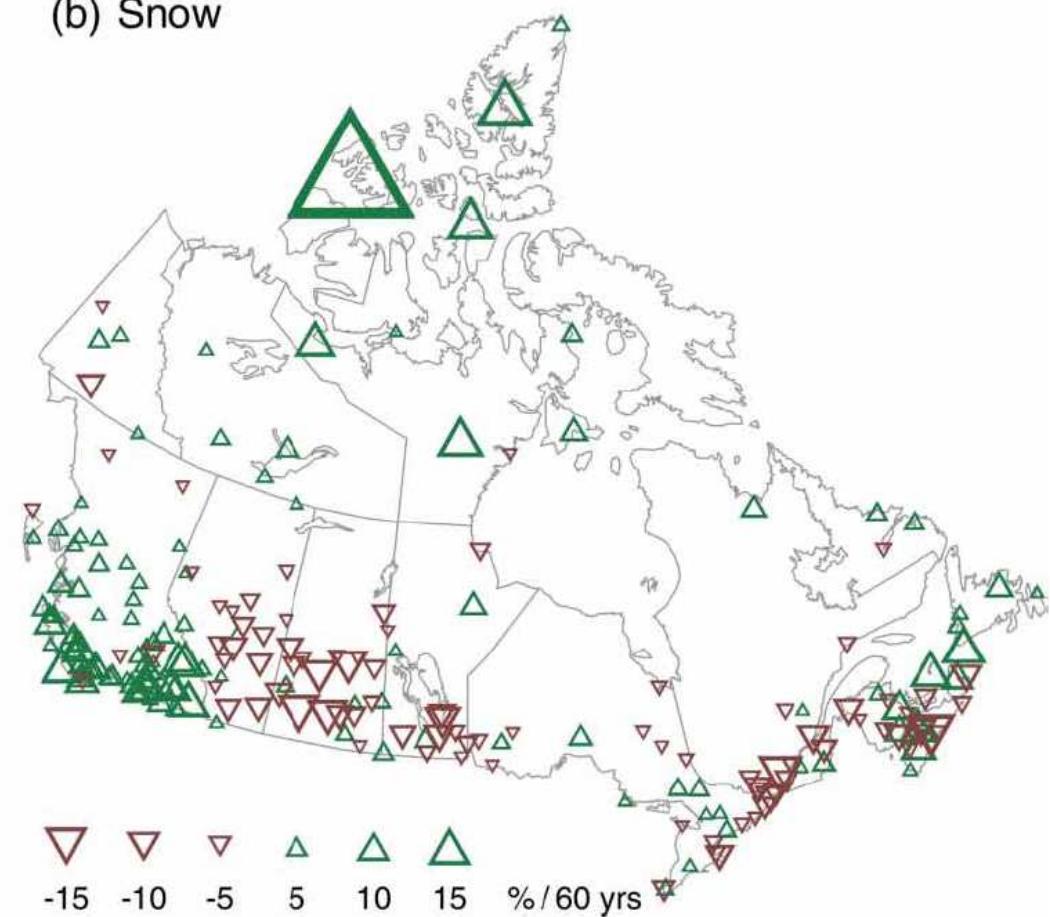


Fig. 6 Difference in the trends in annual total rainfall and snowfall (expressed as a percentage) before and after adjustments for 1950–2009. Panels a) and b) include rain-gauge, snow and trace adjustments. The size of the triangle is proportional to the magnitude of the change in trends.

Mekis & Vincent 2011. An Overview of the Second Generation Adjusted Daily Precipitation Dataset for Trend Analysis in Canada (<https://doi.org/10.1080/07055900.2011.583910>)

## Données homogénéisées - Conclusions

### Forces

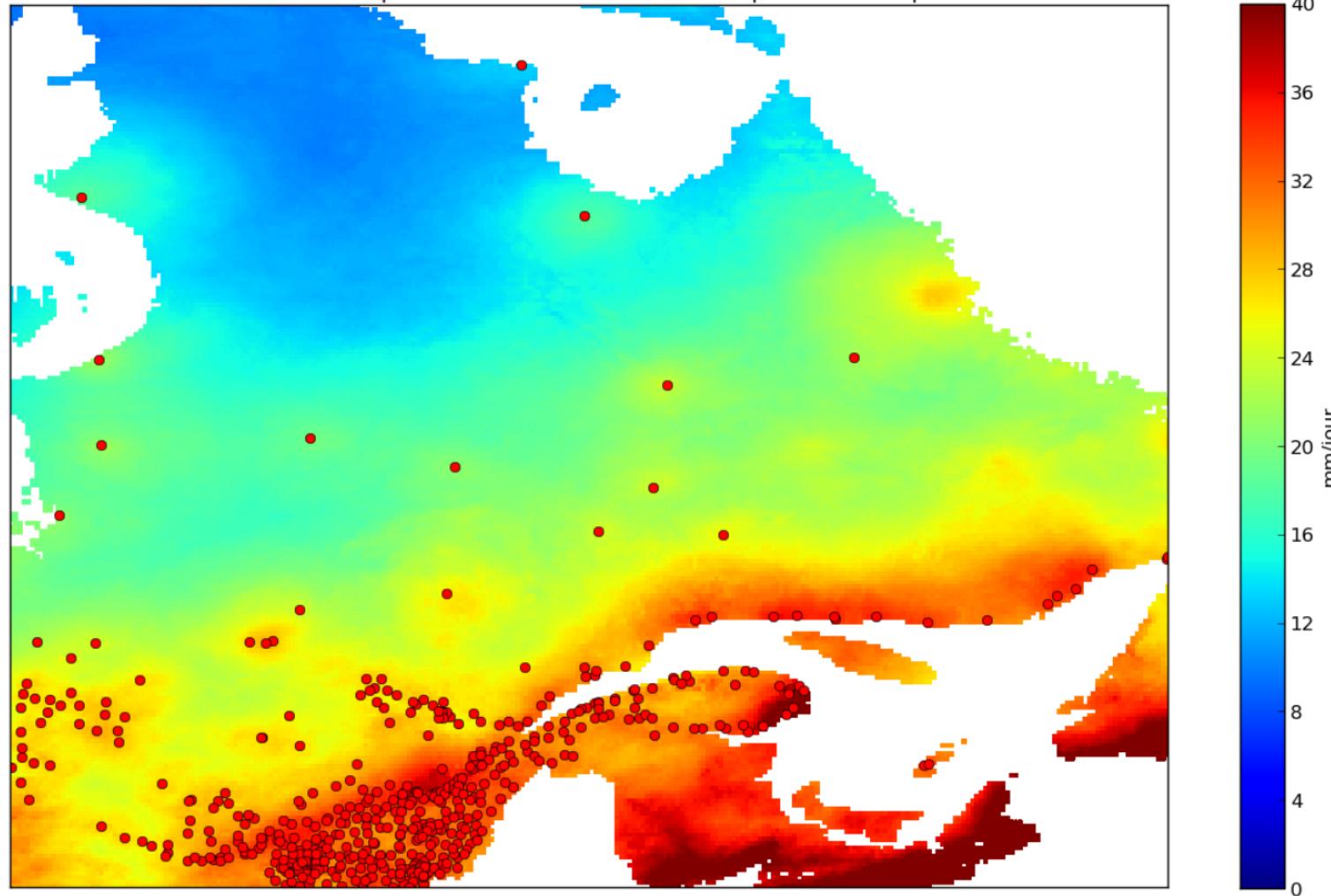
- Information locale
- Représentatif de l'échelle à laquelle l'humain perçoit la météo
- Séries (plus) continues
- Corrigé pour donner des tendances plus représentative de la réalité

### Faiblesses

- Moins de stations disponibles
- Couverture spatiale très hétérogène
- Peu d'information sur l'incertitude des méthodes d'homogénéisation
- Seulement température et précipitation disponible

# Données interpolées

Quantile 99.5 pour la précipitation journalière NRCAN (1971-2000)  
et stations avec plus de 25% de couverture temporelle sur la période



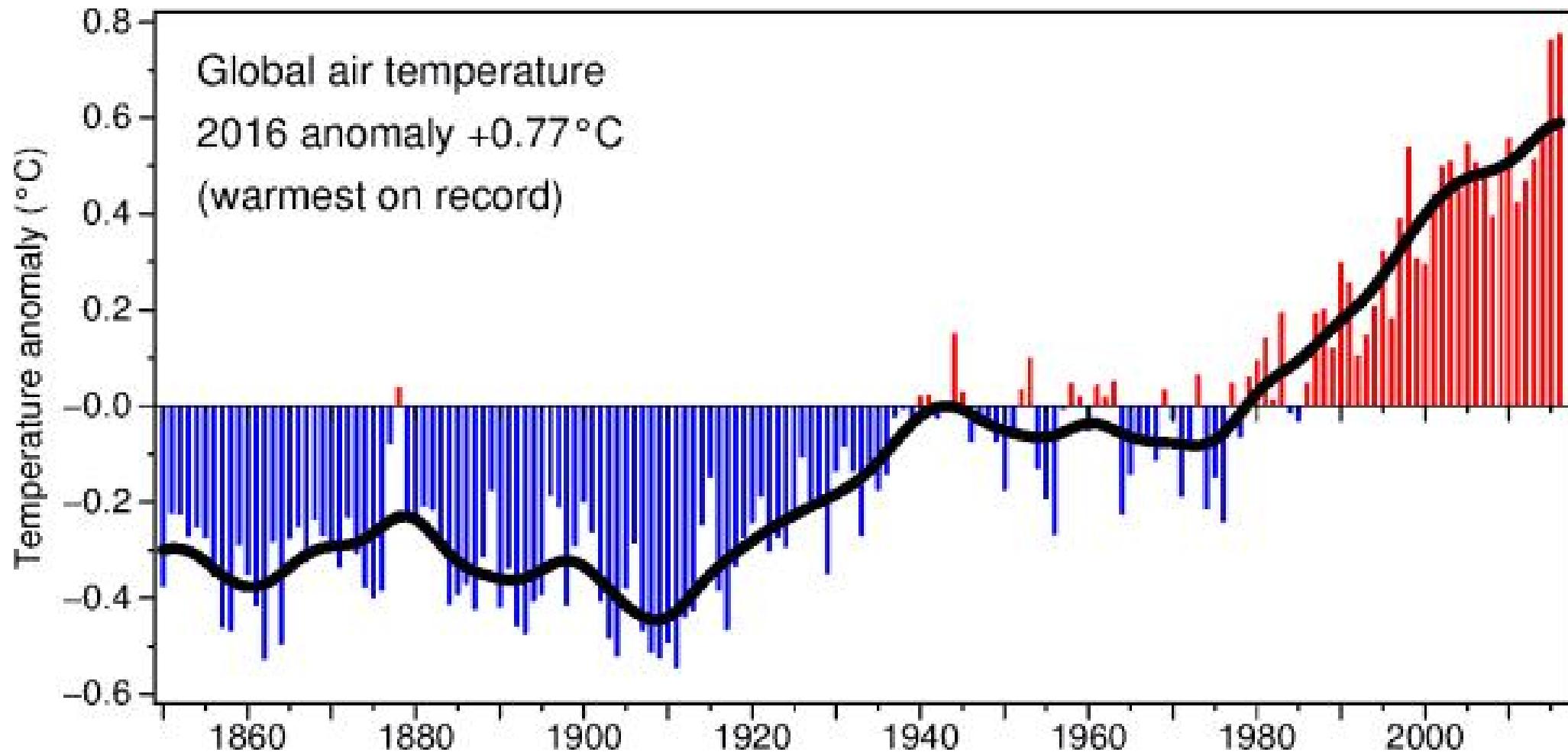
## Données interpolées - Méthodes

Interpolation de données de stations (brutes ou homogénéisées) sur une grille.

Plusieurs méthodes possibles :

- **Bilinéaire**
- **Interpolation multivariée** (Gandin 1963)
- « **Inverse distance weighting** » (Shepard 1968)
- « **Thin-plate splines** » (Duchon 1976, Wahba 1979)
- **Krigage** (Matheron 1960), etc.

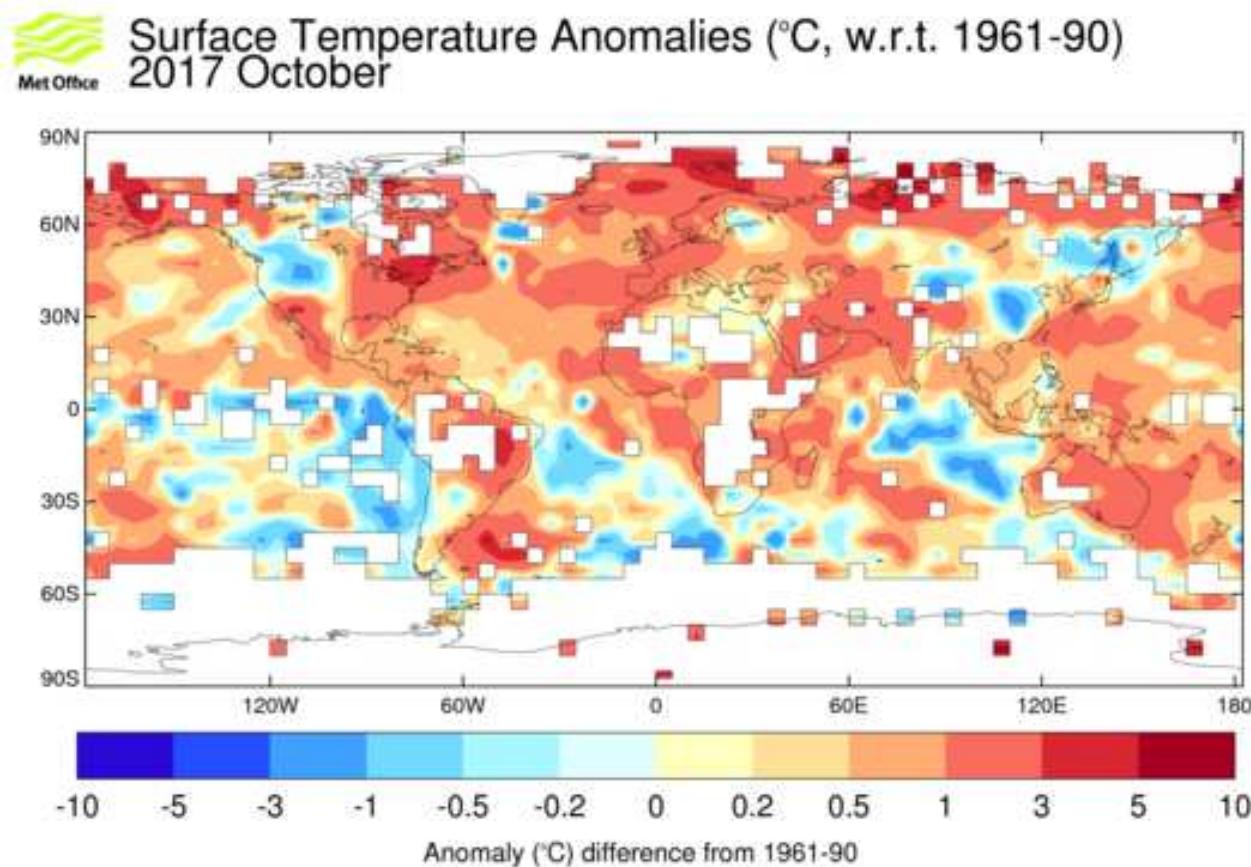
# Données interpolées - Globales



## Données interpolées - Globales

Le CRU produit plusieurs produits d'interpolations (**CRUTEM**, **HadCRUT**, **HadSST**...)

- Résolution temporelle mensuelle *à partir de 1850.*
- Résolution spatiale de ~500 km *sur le globe*
- Données direct - **HadCRUT4**



Source : Jones et al. (1999)

(<https://doi.org/10.1029/1999RG900002>)

## Données interpolées - Canada

**CanGRD** est une interpolation des données homogénéisées d'Environnement Canada avec une interpolation optimale.

- Résolution temporelle mensuelle à *partir de 1900*.
- Résolution spatiale de ~50 km sur le territoire canadien.

Ressources Naturelles Canada produit une grille interpolée en utilisant la méthode ANUSPLIN (**NRCANMet**)

- Résolution temporelle journalière à *partir de 1950*.
- Résolution spatiale de ~10 km sur le territoire canadien.
- ANUSPLIN : **Hutchinson, M. F. (1995)**  
**(<https://doi.org/10.1080/02693799508902045>)**

# Données interpolées - Québec

Produit de la MELCCFP

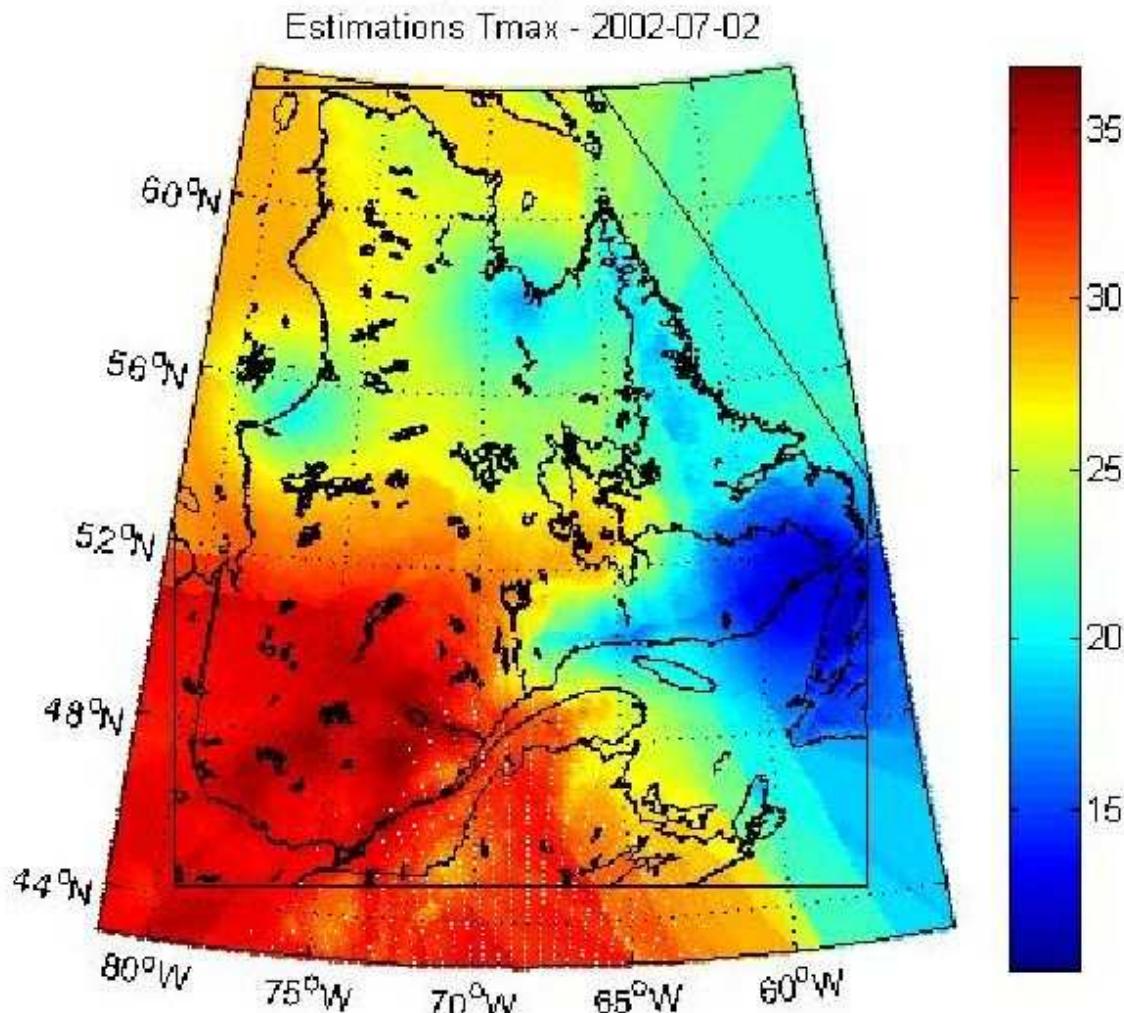
« *Grille climatique quotidien* »

- Méthode interpolation : Krigeage
- Résolution temporelle journalière à partir de 1961.
- Résolution spatiale de ~10 km sur le territoire de Québec.
- **Données non-public, sauf pour les chercheurs**

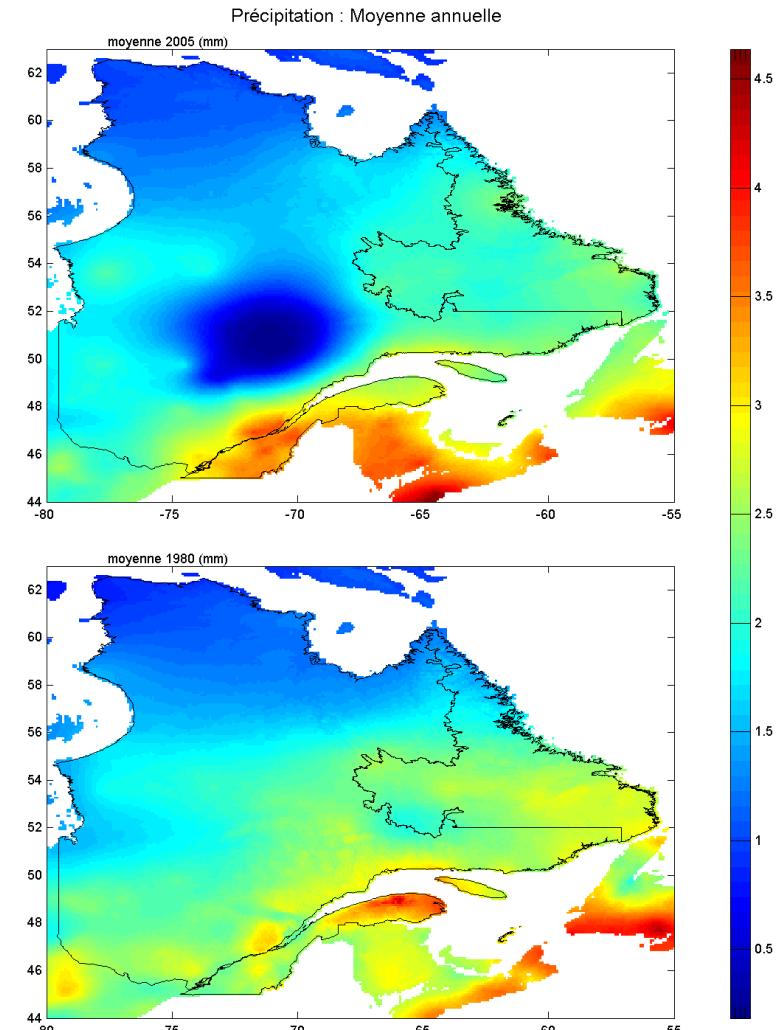
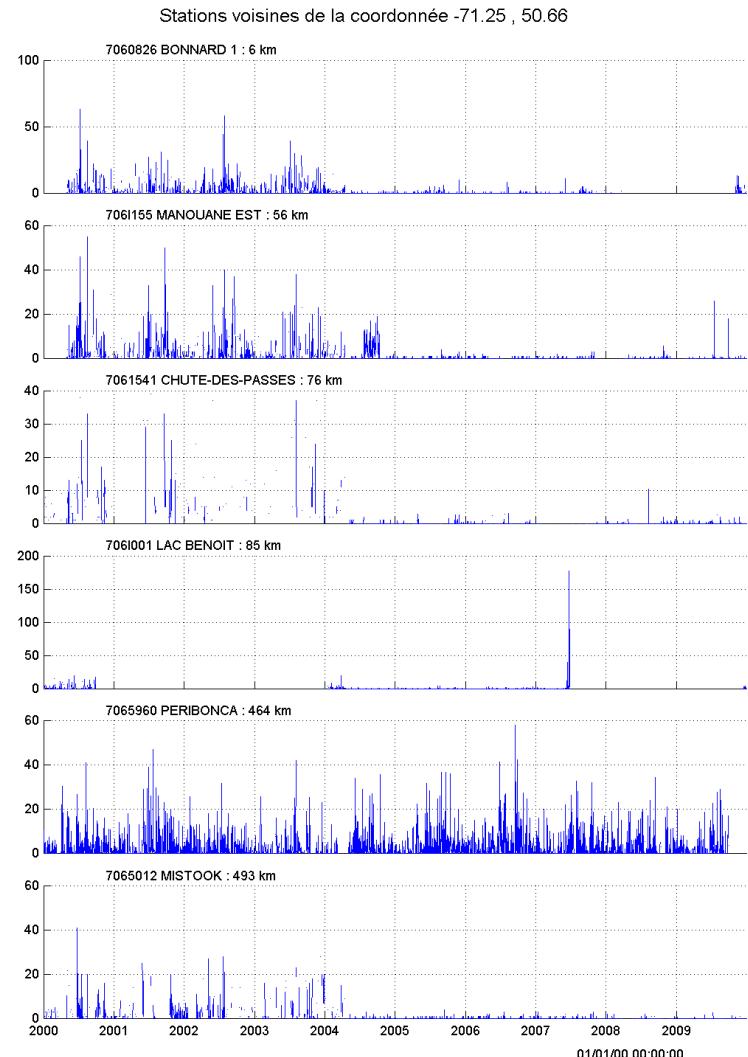
Source : Service Info-Climat (MELCCFP)

(<https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/surveillance/index.asp>

p)



# Attention - Propagation des erreurs



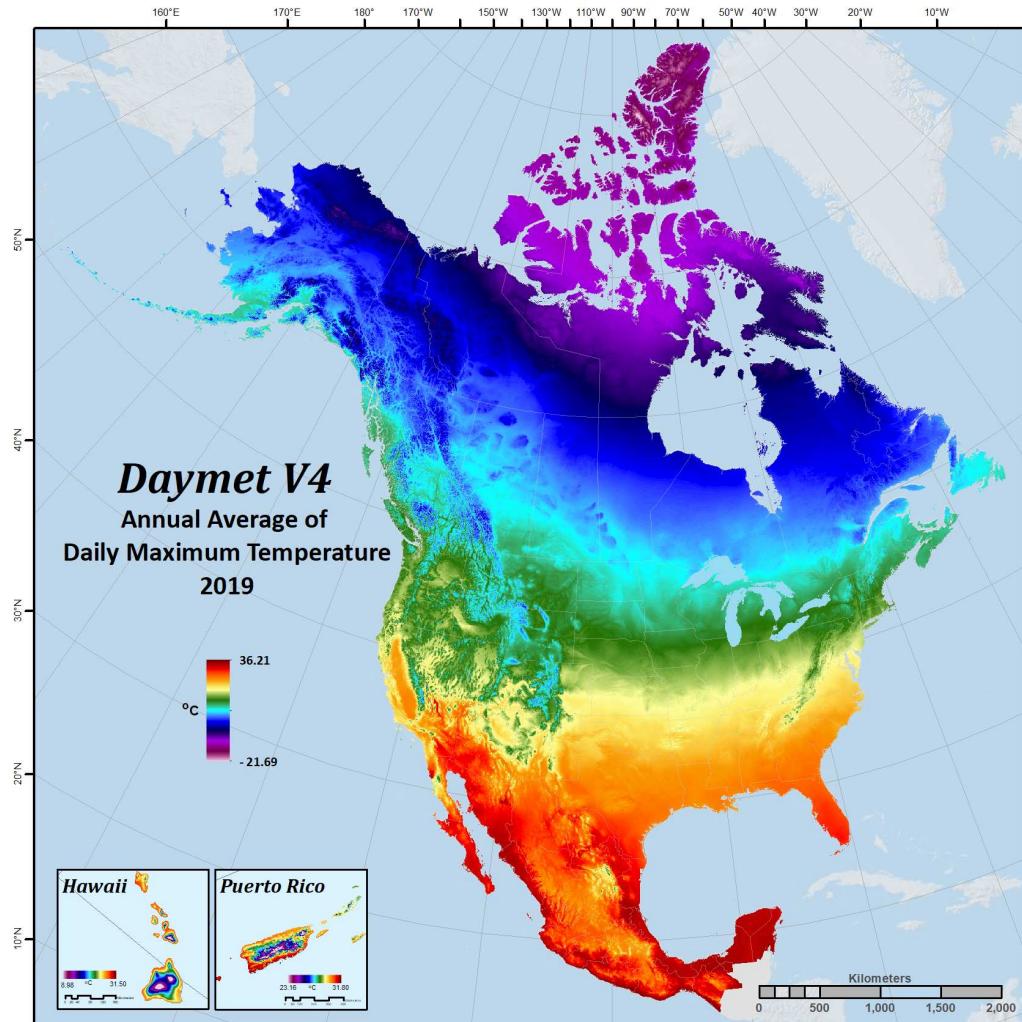
# Données interpolées – Amérique du Nord

« DayMET » : Interpolation de NASA

- Résolution temporelle quotidien à partir de 1980
- Résolution spatiale de ~1 km sur Amérique du Nord

Intégration des données :

- Aux stations (États Unis, Canada, Mexique)
- Satellitaires (NASA SRTM)



## Données interpolées - Conclusions

### Forces

- Couverture spatiale complète à haute résolution.
- Séries temporelles continues.

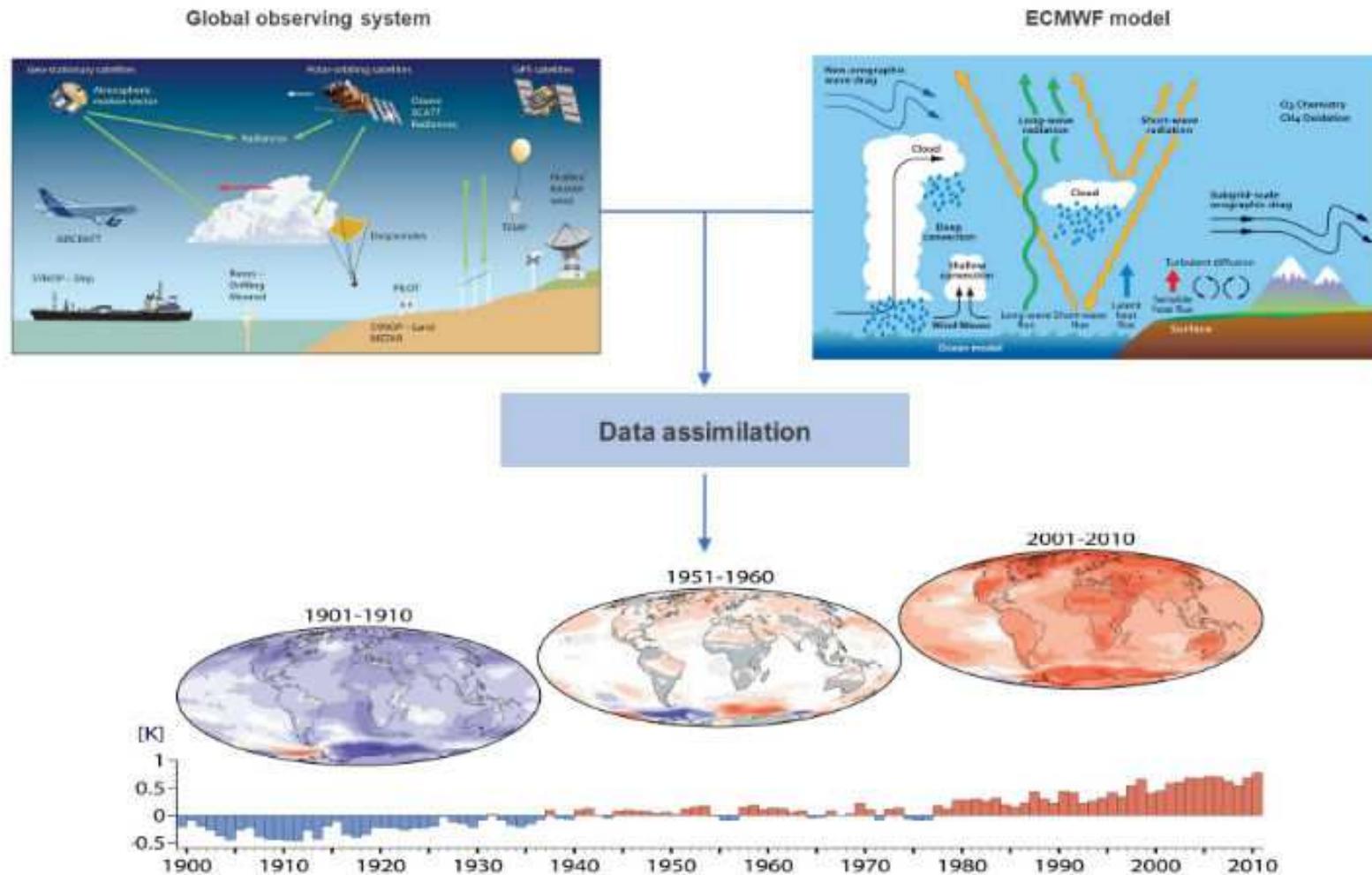
### Faiblesses

- Les données dans les régions à faible densité de stations sont de moindre qualité.
- Peu d'information sur les incertitudes liées aux méthodes d'interpolation.
- Les erreurs dans les données de stations utilisées se propagent dans les données interpolées.

## 4. Données de réanalyses et prévisions

**Expériments de « Hindcasting » et « Forecasting »**

# Réanalyses



Source : ECMWF

Vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=FAGobvUGI24>

## Historique des réanalyses

Première génération (~1990) : **NCEP1, ERA-15**

Deuxième génération (~2000) : **NCEP2, NARR, JRA-25, ERA-40, ERA-interim**

Troisième génération (~2008) : **CFSR, 20CR, MERRA, JRA55, ERA20C**

Quatrième génération (~2014) : **CFSv2, MERRA2, ERA-20CM**

et ça continue... (~2019 et après) : **ERA5, ERA5-Land, RDRS**

# Données des réanalyses

Réanalyses modernes :

- **Résolutions spatiales entre ~25 à 10 Km (ou moins!)**
- **Résolution temporelle d'archivage jusqu'aux heures**

Plusieurs Go de données par mois/niveau/variable.

- *16 octets \* 24 heures \* ~30 jours \* 12 mois \* (360 / résolution longitude) \* (180 / résolution latitude) \* nombres de niveaux en altitude \* etc... = ENORME*

Quelques exemples :

- **ERA-Interim (ancien)** : 30 ans de réanalyses pour une vingtaine de variables
  - ~7 To de données en totale
- **ERA5** : 11 To de nouvelles données par mois
  - **ERA5-Land** : Résolution encore plus fine (~7 fois plus fine qu'ERA5)

## Réanalyses appliquées

La comparaison de réanalyses et l'évaluation de leurs forces et faiblesses respectives est encore très anecdotiques.

Plusieurs avancements dans l'assimilation des données, mais...

- **Les incertitudes associées au jeu de données de référence sont souvent ignorées lors de la validation !**

Pour en savoir plus :

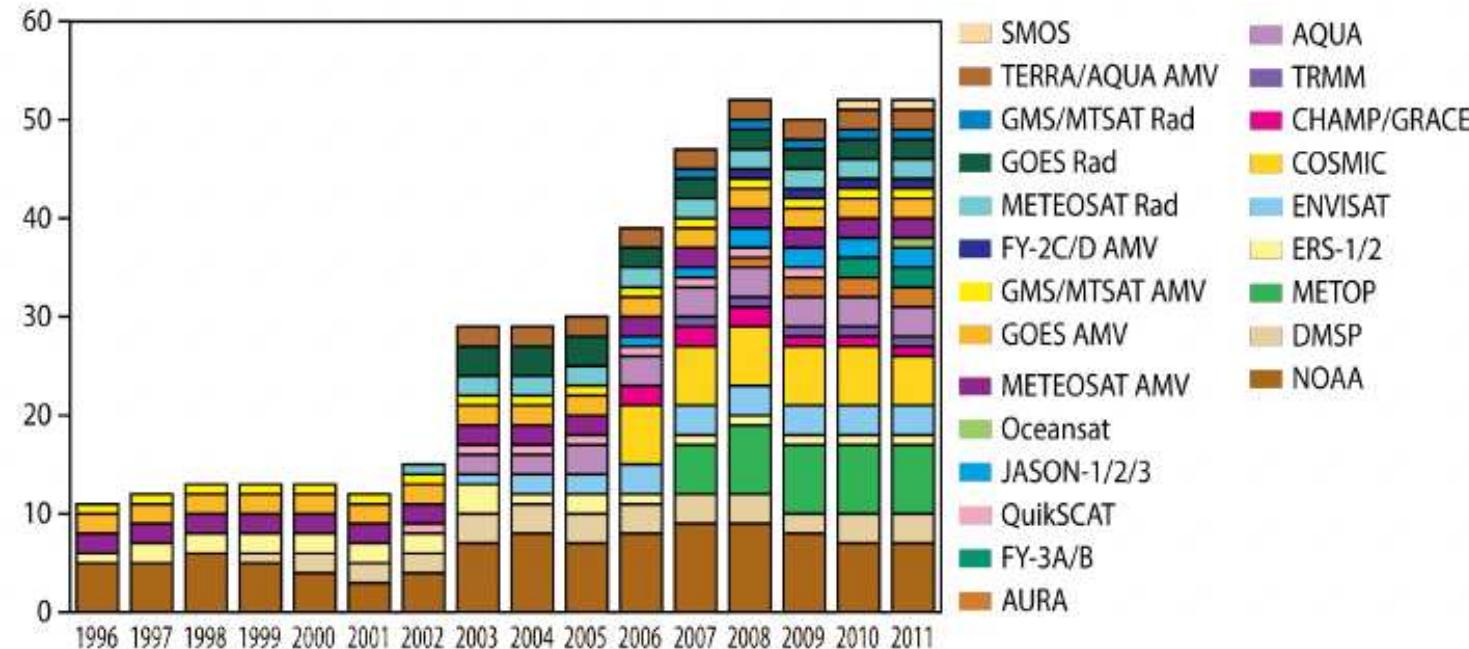
- <https://reanalysis.org/>
- <https://climatedataguide.ucar.edu>

## Intégration des données

Augmentation du nombre des données des sources satellitaires intégrés dans la production des réanalyses ECMWF de 1996 to 2011.

Pour en savoir plus :

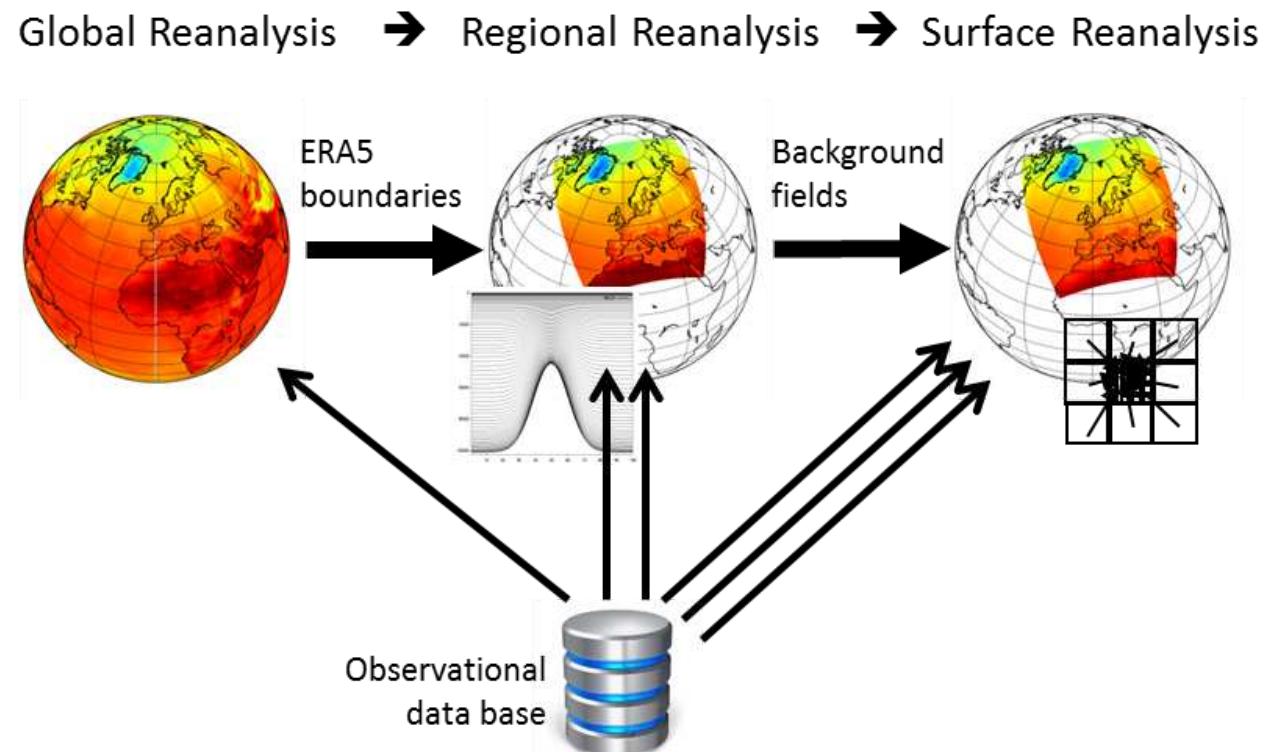
- [Simmons. 2017](#)



## Réanalyses « ré-injectées »

Jeu de donnée hybride à base de :

- Modèles typiquement utilisées pour générer des prévisions
- Données observées intégrées
- Piloté par une autre réanalyse



Source : CERRA (Copernicus)

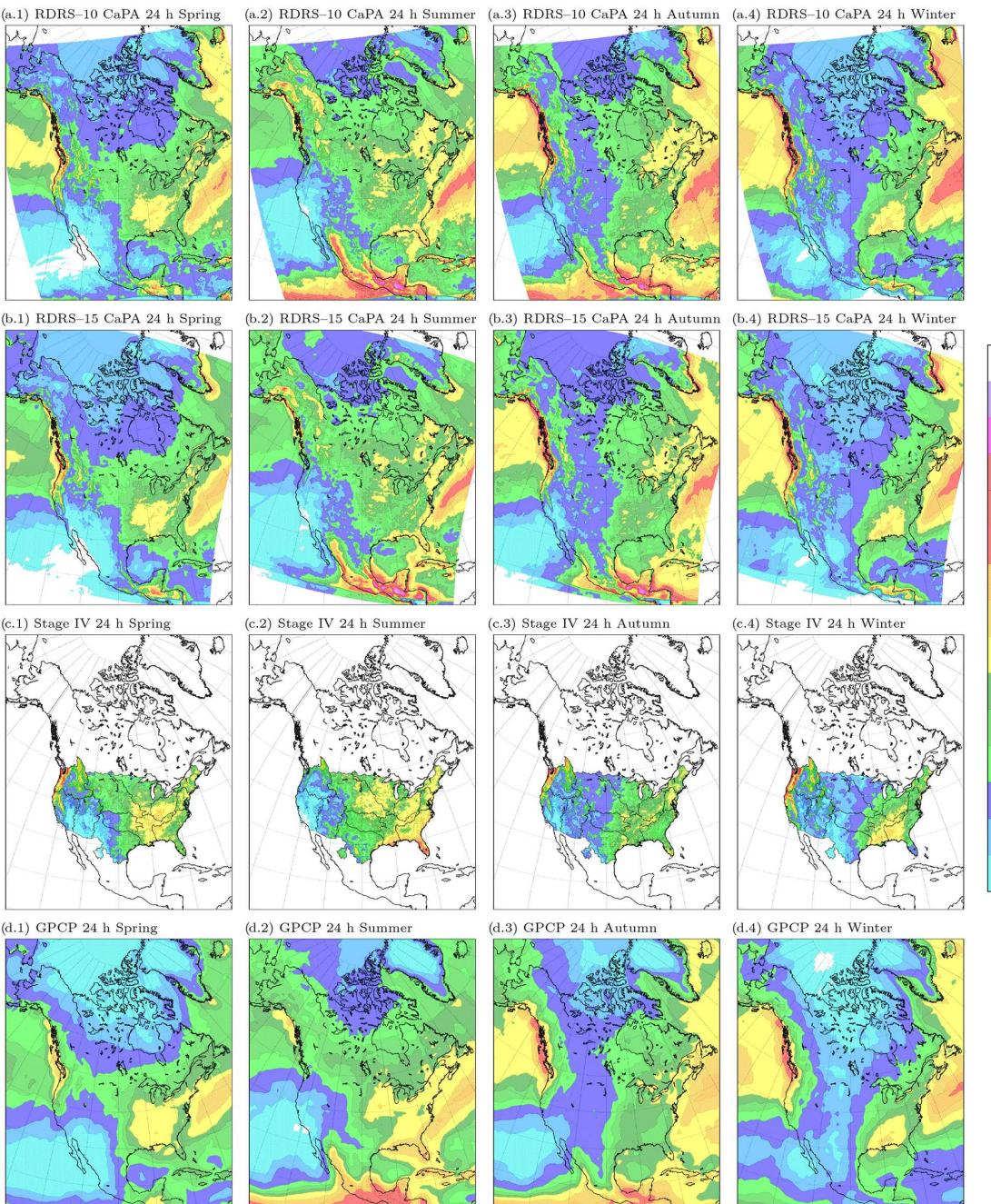
(<https://climate.copernicus.eu/copernicus-regional-reanalysis-europe-cerra>)

# Réanalyses « ré-injectées »

RDRS (Environnement Canada)

- Modèle de prévision « **GEM** »
- Données de stations **RMCQ**,  
**MELCCFP**
- Piloté par réanalyses **ERA-interim** ou  
**ERA5**

Source : Gasset et al. (2022) A 10 km North American precipitation and land-surface reanalysis based on the GEM atmospheric model.  
(<https://doi.org/10.5194/hess-25-4917-2021>)

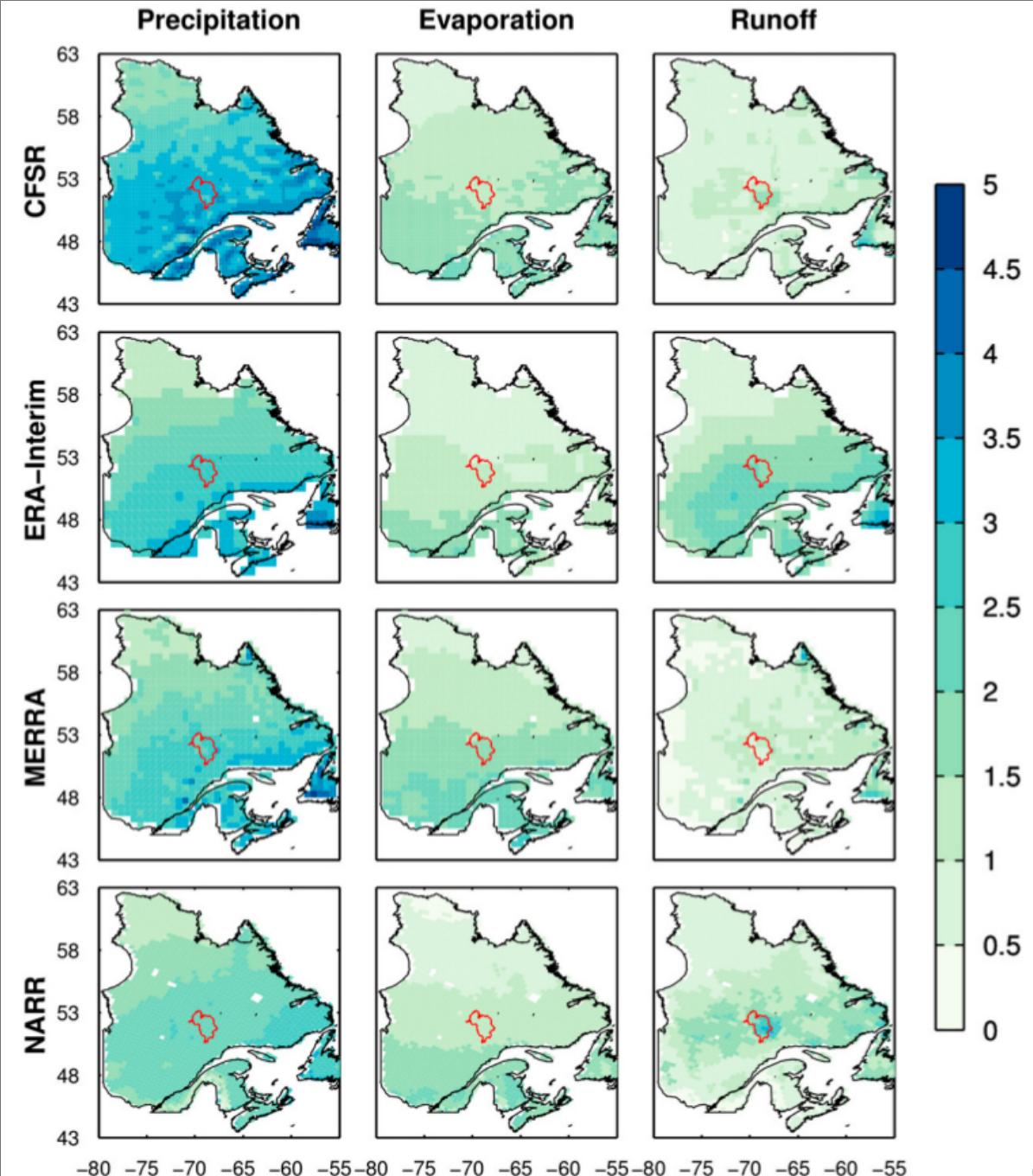


## Réanalyses

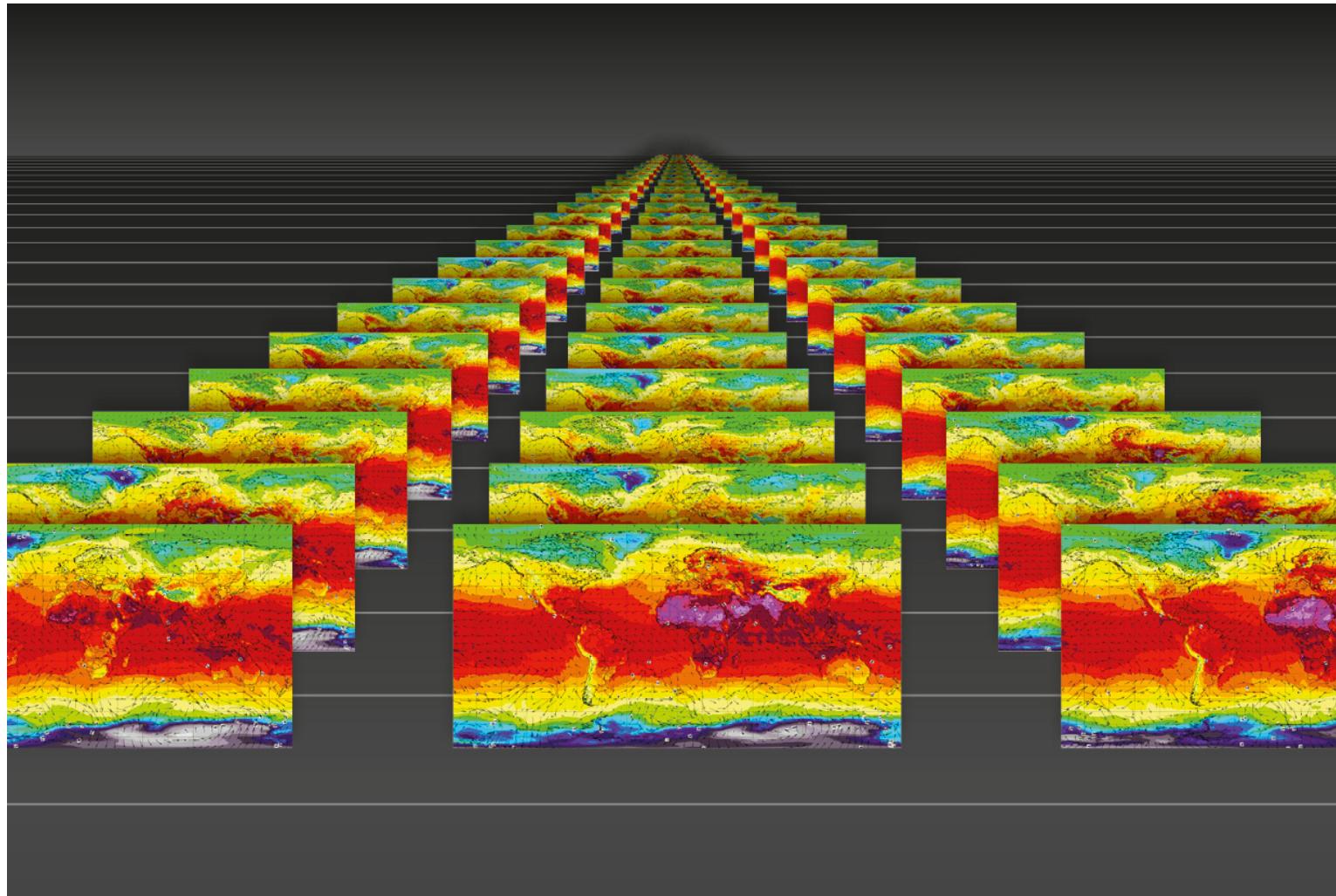
- Plusieurs produits disponibles
- Forces et faiblesses avec certains produits dépendamment la phénomène
- Débat continue entre les producteurs et utilisateurs

Source : Sabarly, et al. (2016)

(<https://doi.org/10.1175/JHM-D-15-0093.1>)



# Modèles de prévision



## Modèles de prévision

Modèles utilisés pour faire des prévisions pour (souvent) les *14 jours à venir*.

Le service météorologique du Canada roule 20 configurations du modèle « **GEM** »

- *2 \* jour*, sur un horizon de *16 jours*

Archivage de durée limitée et rarement utilisé pour des études climatiques.

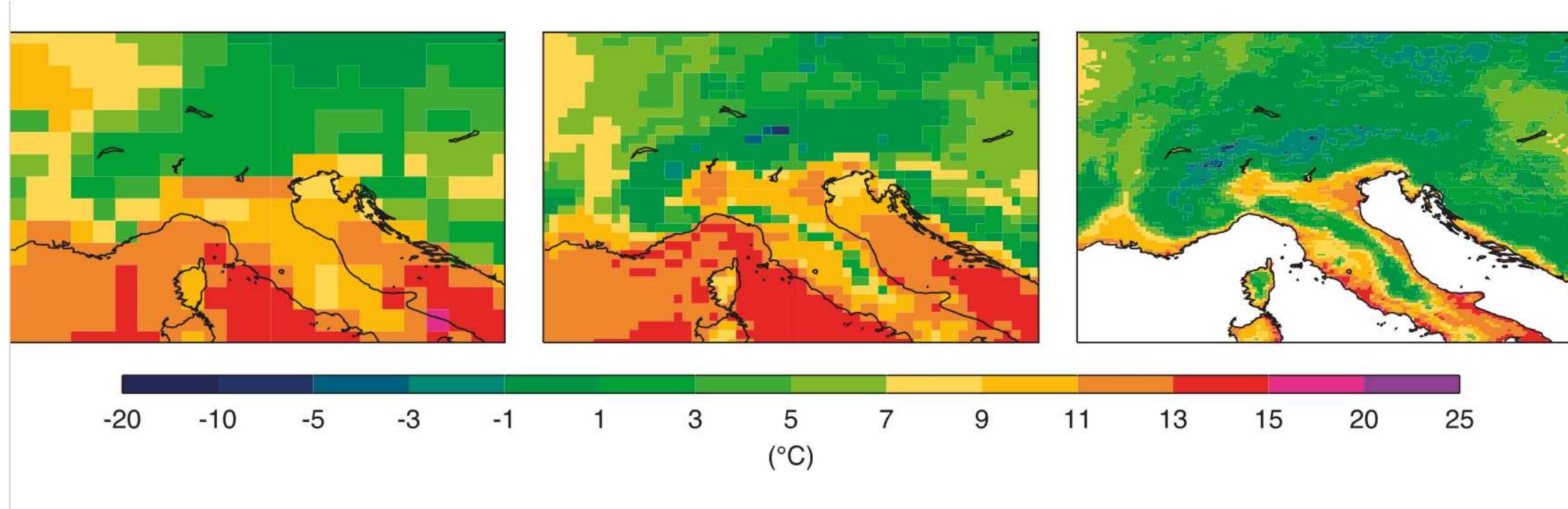
Intégration des données observées de plusieurs sources pour piloter les prévisions

# Prévisions en temps réelle



Source : Ventusky (<https://www.ventusky.com/?p=47.515;-70.201;10&l=temperature-2m>)

# À côté - Résolutions



- **Résolutions plus fines : Choix des variables ↓, tailles des domaines ↓**
- **Résolutions plus grossières : Choix des variables ↑, tailles des domaines ↑**

# Réanalyses - Conclusions

## Forces

- Couverture spatiale complète.
- Séries continues à haute résolution temporelle
- Cohérence physique entre les variables.
- Utilise un maximum de données observées pour initialiser le modèle plusieurs fois par jour.
- Variables souvent beaucoup plus intéressantes.

## Faiblesses

- Plusieurs phénomènes encore paramétrés (p. ex. précipitation).
- Les modèles de réanalyses / prévisions ont des différences majeures entre elles.
- Les normes relatives aux variables ne sont pas toujours cohérentes entre les jeux des données réanalyses / prévisions et les modèles climatiques.

## 5. Données des modèles climatiques

## Modèles du climat

Modèles utilisés pour faire de longues séries climatiques, soit des possibilités climatiques passées ou des projections futures.

Archivage de longue durée pour une sélection de variables climatiques jusqu'à des fréquences horaires.

Expériences fortement guidées par les scénarios développés par le **GIEC** (le « **IPCC** »)

- **AR/AR4 → SRES; AR5 → RCP; AR6 → SSP**

## Modèles du climat global (GCM)

Les modèles du climat modernes ont une résolution spatiale allant jusqu'à **50 Km\*** et une résolution temporelle d'archivage jusqu'aux heures.

- \*Ce chiffre peut descendre, dépendamment le modèle / expériment

La base de données CMIP5 récupérée à Ouranos fait environ *20 To* pour quelques variables, ce qui représente seulement une infime partie de la base de données CMIP5 complète.

**Données CMIP6** : Pas raisonnable de télécharger toute la base

- *8 ou 16 octets \* expérience \* modèle \* réalisation \* niveaux \* pas de temps \* projet*  
\* etc... = **ENORME**

# Coordination des modèles globales

WCRP : « World Climate Research Program »

- CMIP : « Coupled Model Intercomparison Project »

Standardisation de la priorité des expériences évaluées

Standardisation du format / métadonnées de données

- Vocabulaire Contrôlée

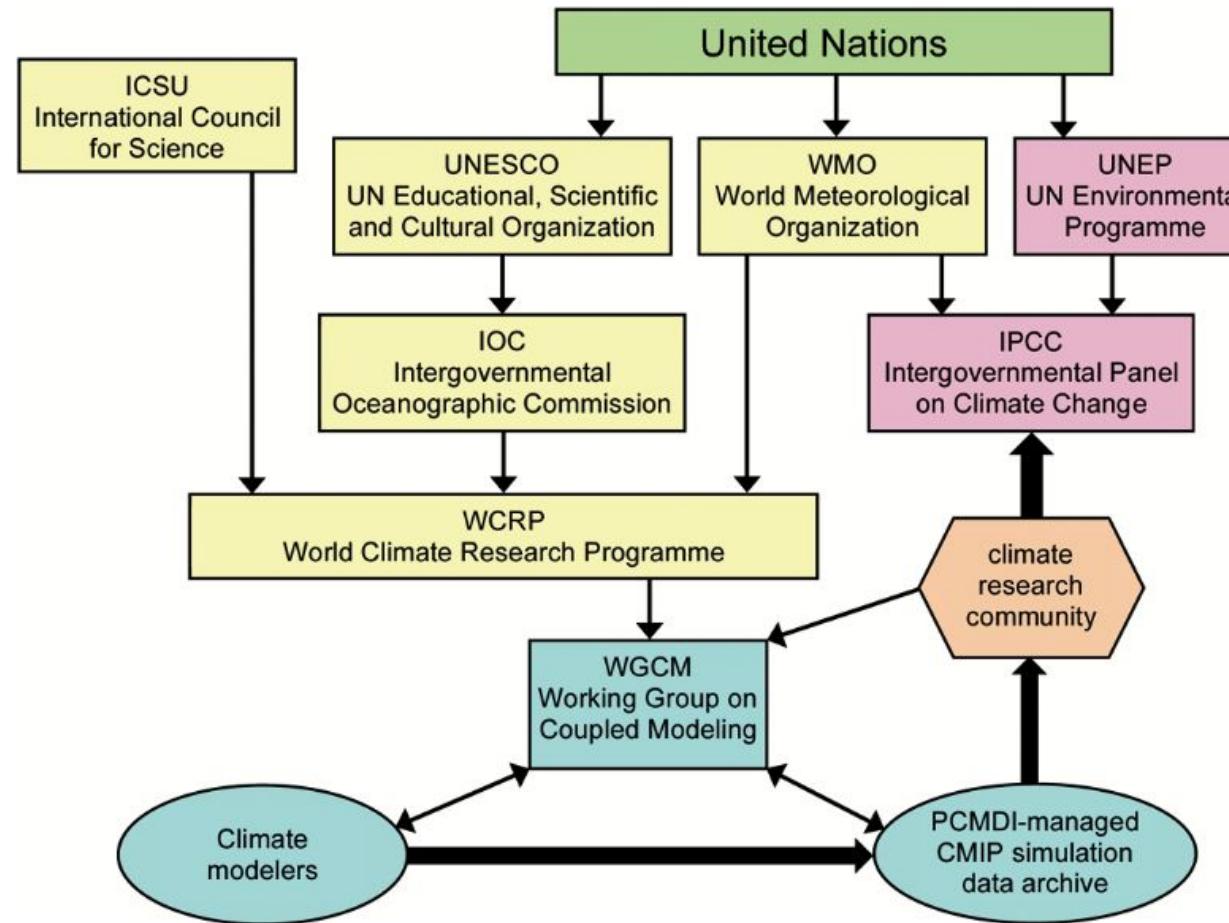
Établissement de portail de données sur le web

- ESGF : « Earth System Grid Federation »

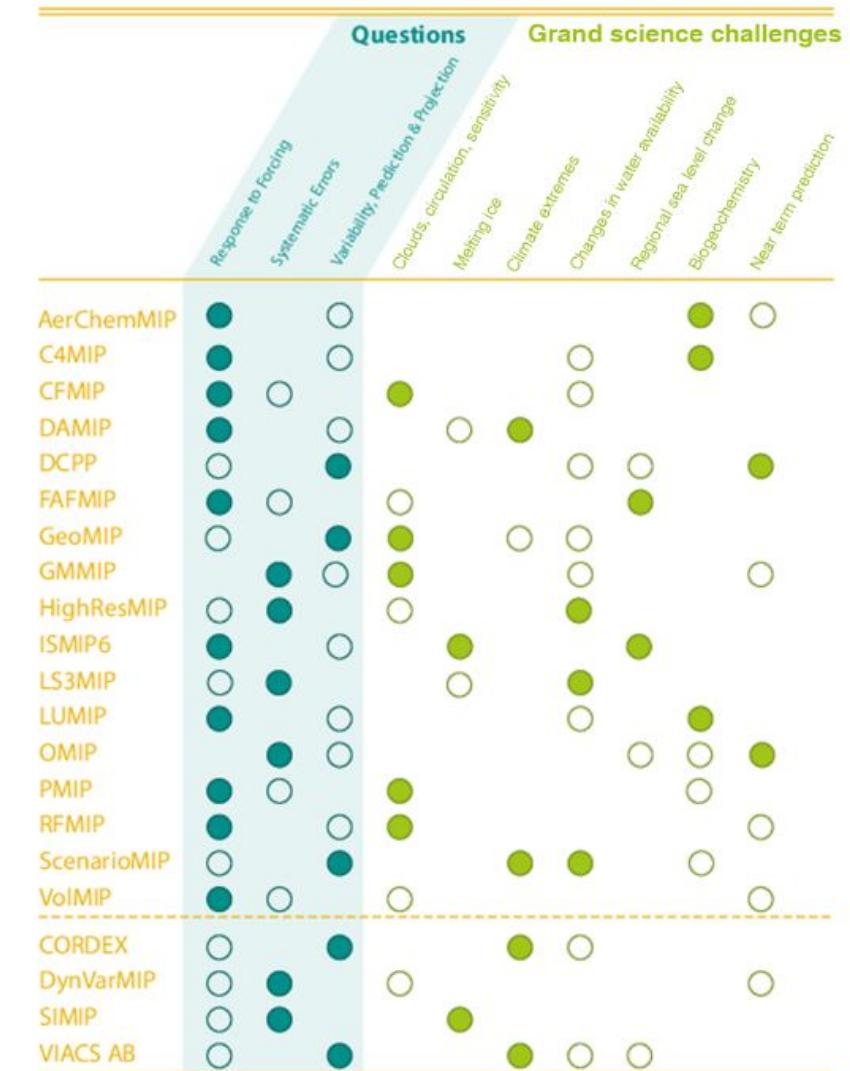
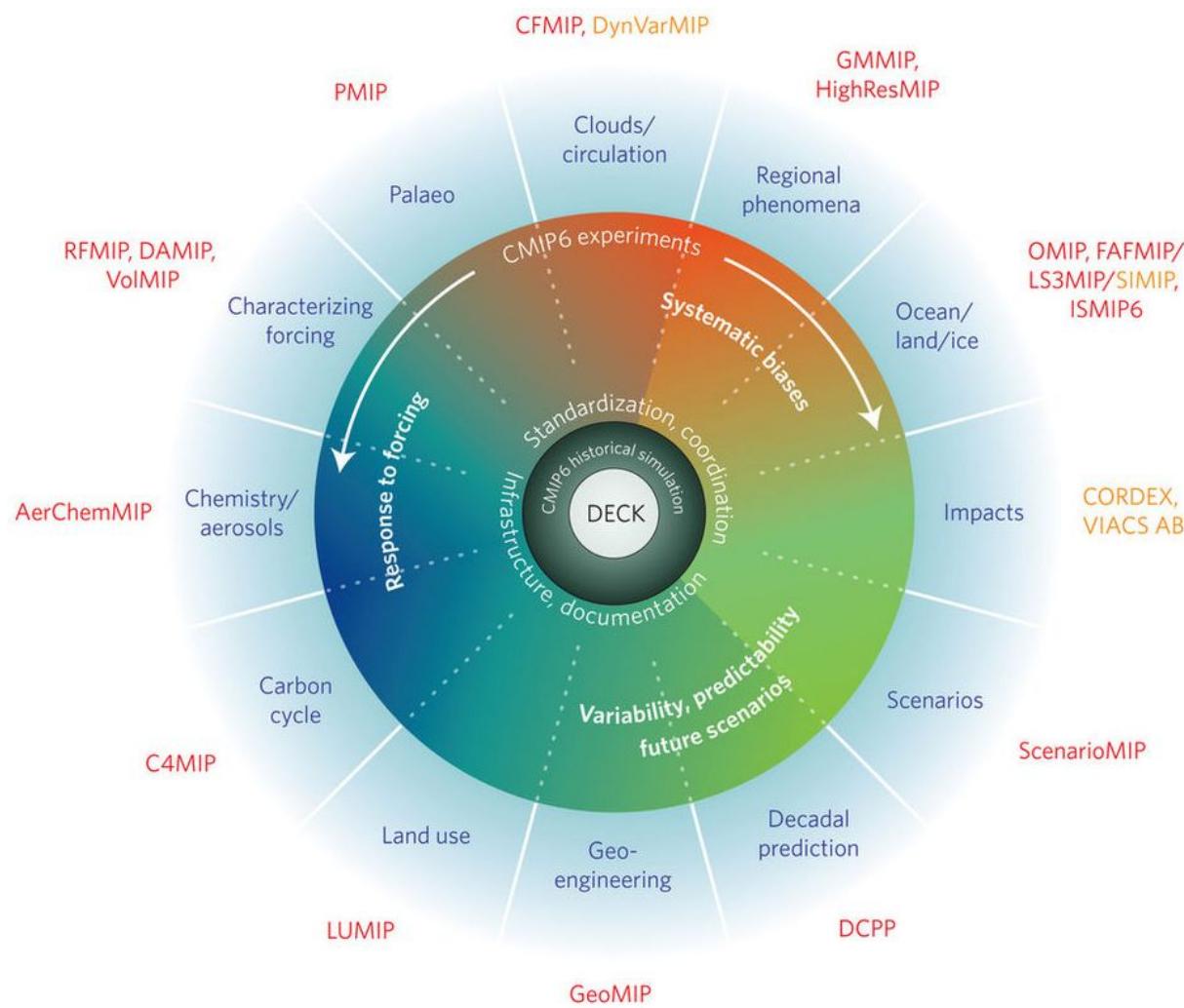
Présentement : CMIP6 (utilisation)

# Structure organisationel

École d'été en sciences du climat 2024



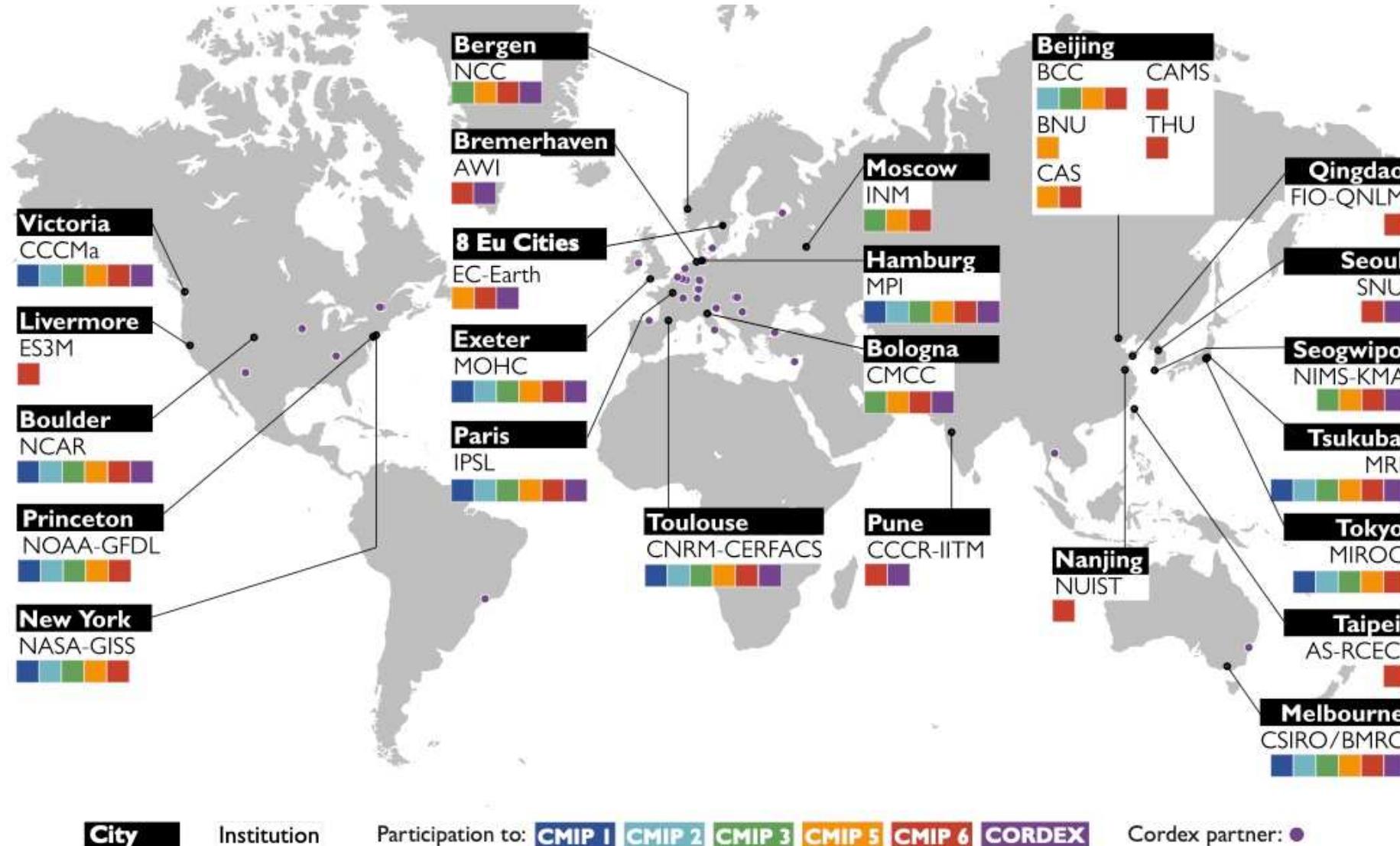
**FIG. 1. The relationship of CMIP5 to organizations established to coordinate climate research activities internationally and to the IPCC, the modeling centers, and the climate research community.**



Source : Eyring et al. 2016: Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization (<https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>)

# Instituts participants à CMIP

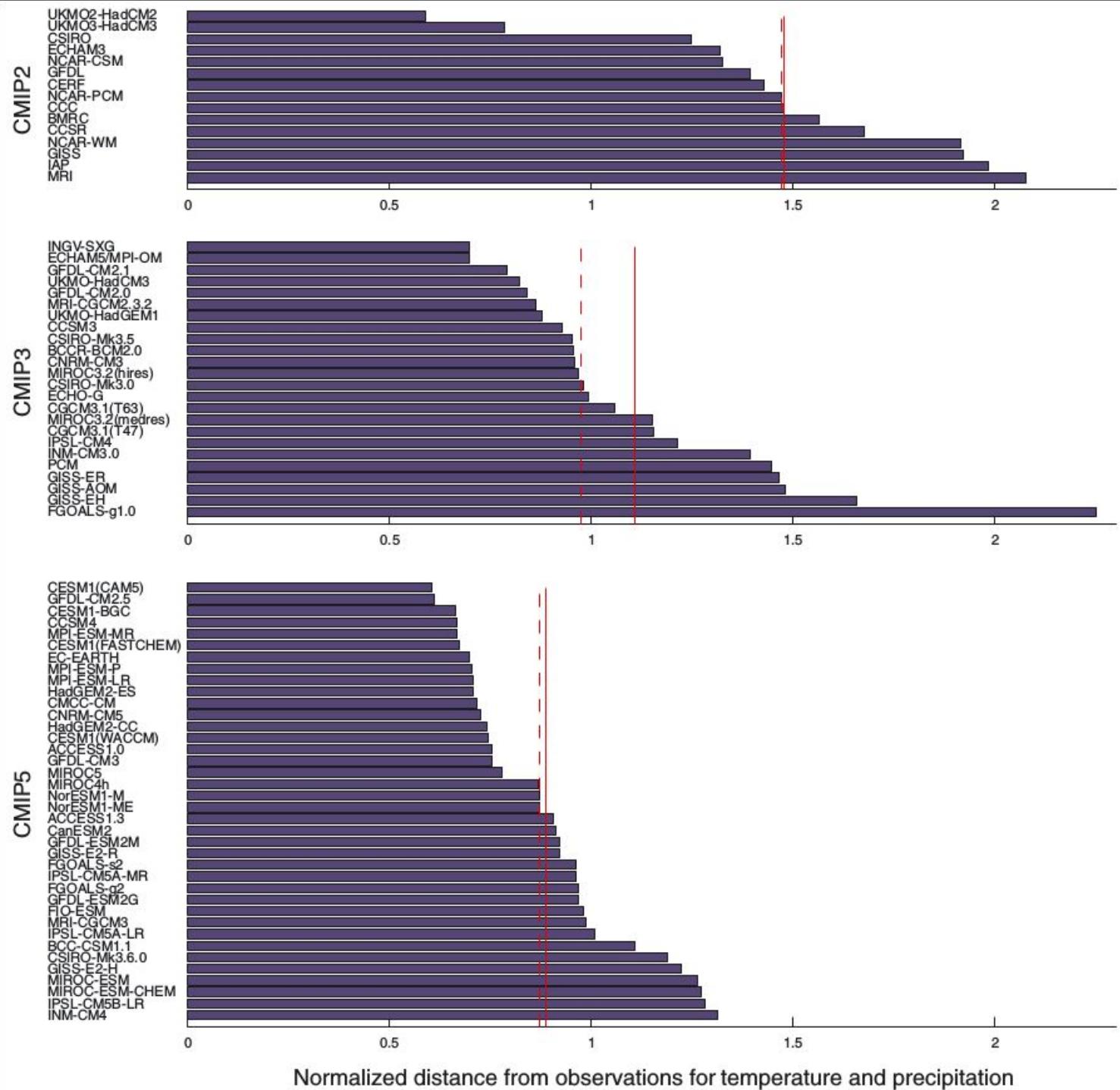
École d'été en sciences du climat 2024



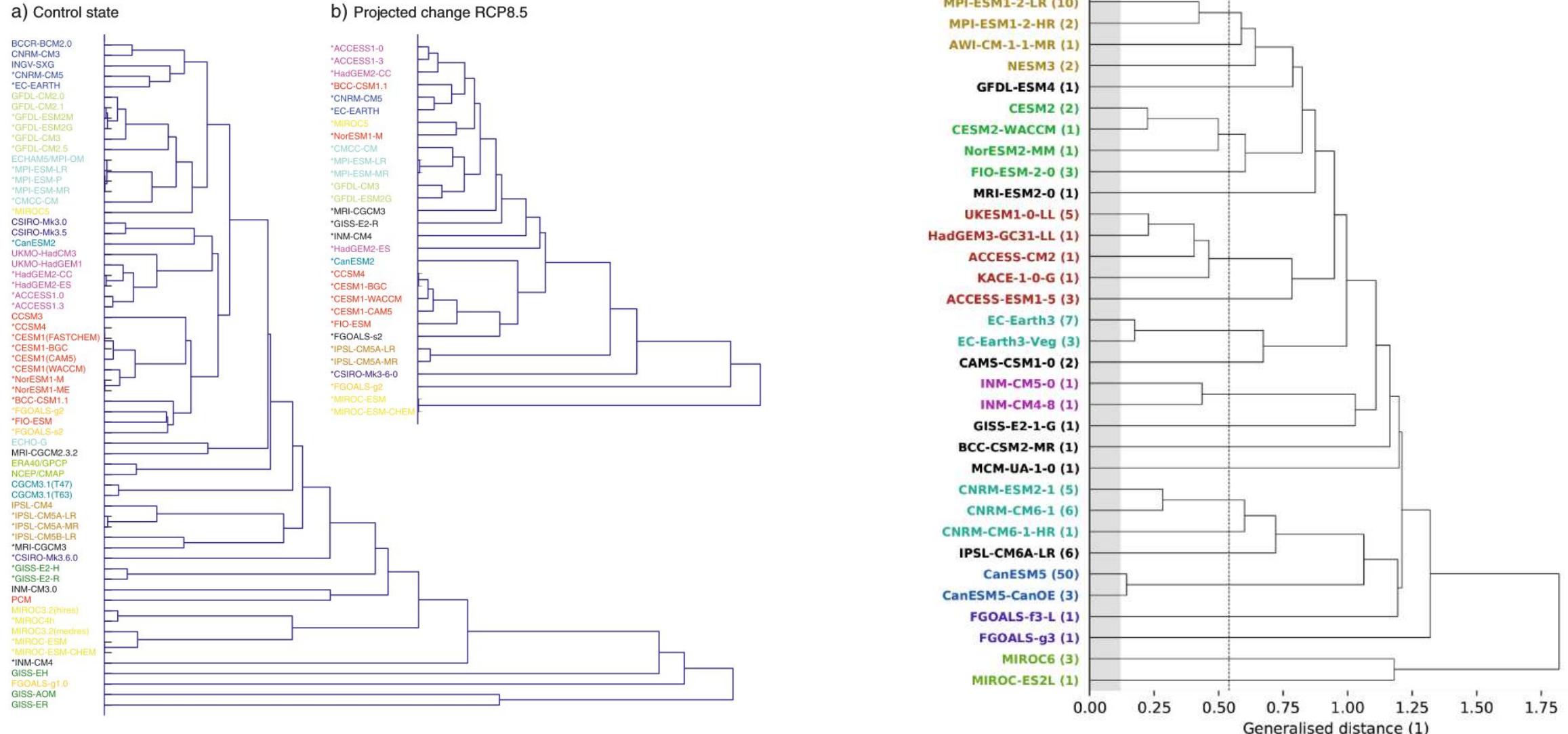
# Modèles participants de CMIP2 à CMIP5

NOTE: CMIP4  
n'existe pas!

Source : Knutti, et al. (2013) Climate model genealogy: Generation CMIP5 and how we got there  
(<https://doi.org/10.1002/grl.50256>)



# Généalogies des modèles participants de CMIP5 et CMIP6



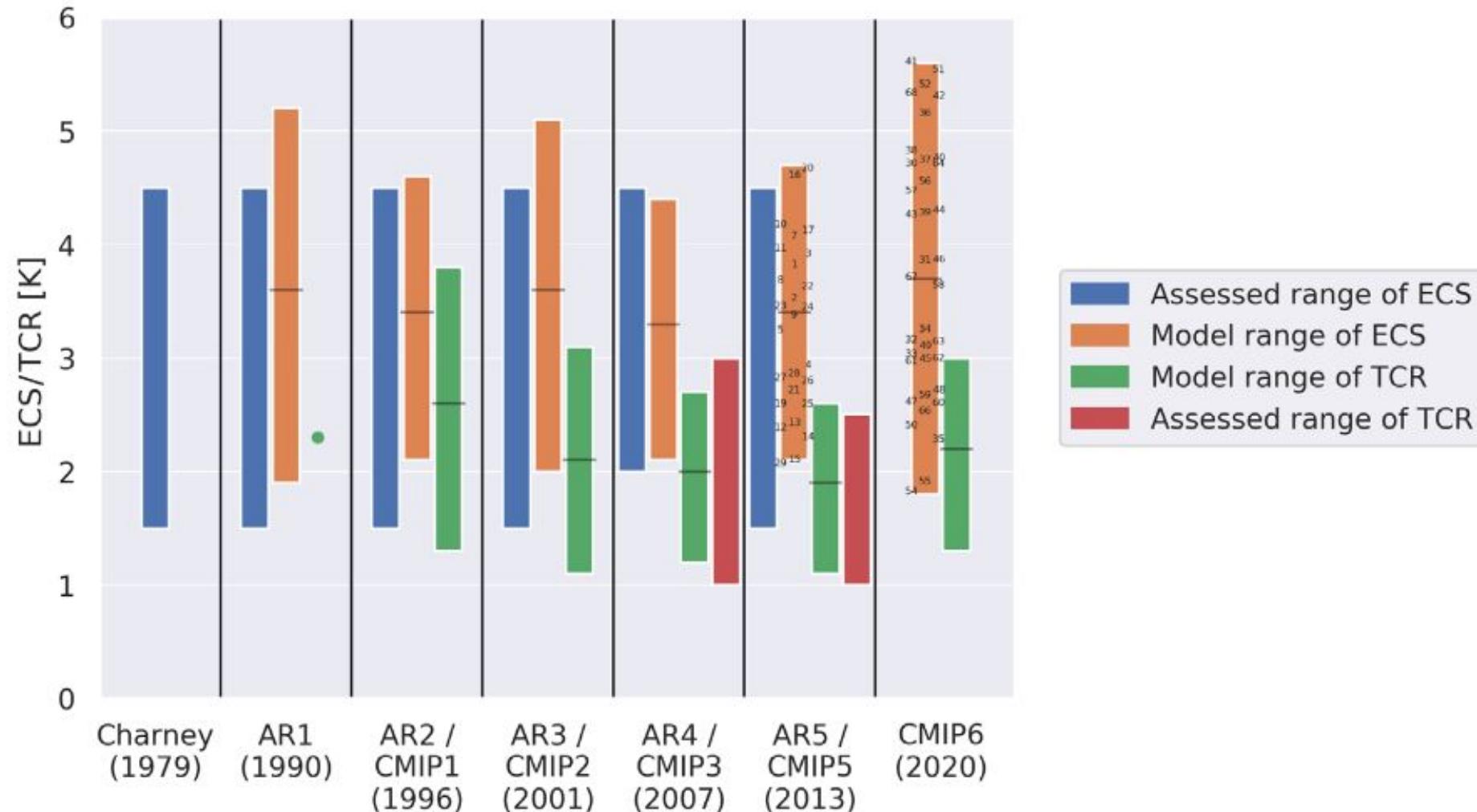
Sources : Knutti et al. (2013) - (<https://doi.org/10.1002/grl.50256>)

Brunner et al. (2020) - (<https://doi.org/10.5194/esd-11-995-2020>)

# Comparaison de modèles CMIP

École d'été en sciences du climat 2024

Equilibrium climate sensitivity (gregory method) and transient climate response



Meehl et al. (2020) Context for interpreting equilibrium climate sensitivity and transient climate response from the CMIP6 Earth system models (<https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1981>)

# Modèles du climat globales - Conclusions

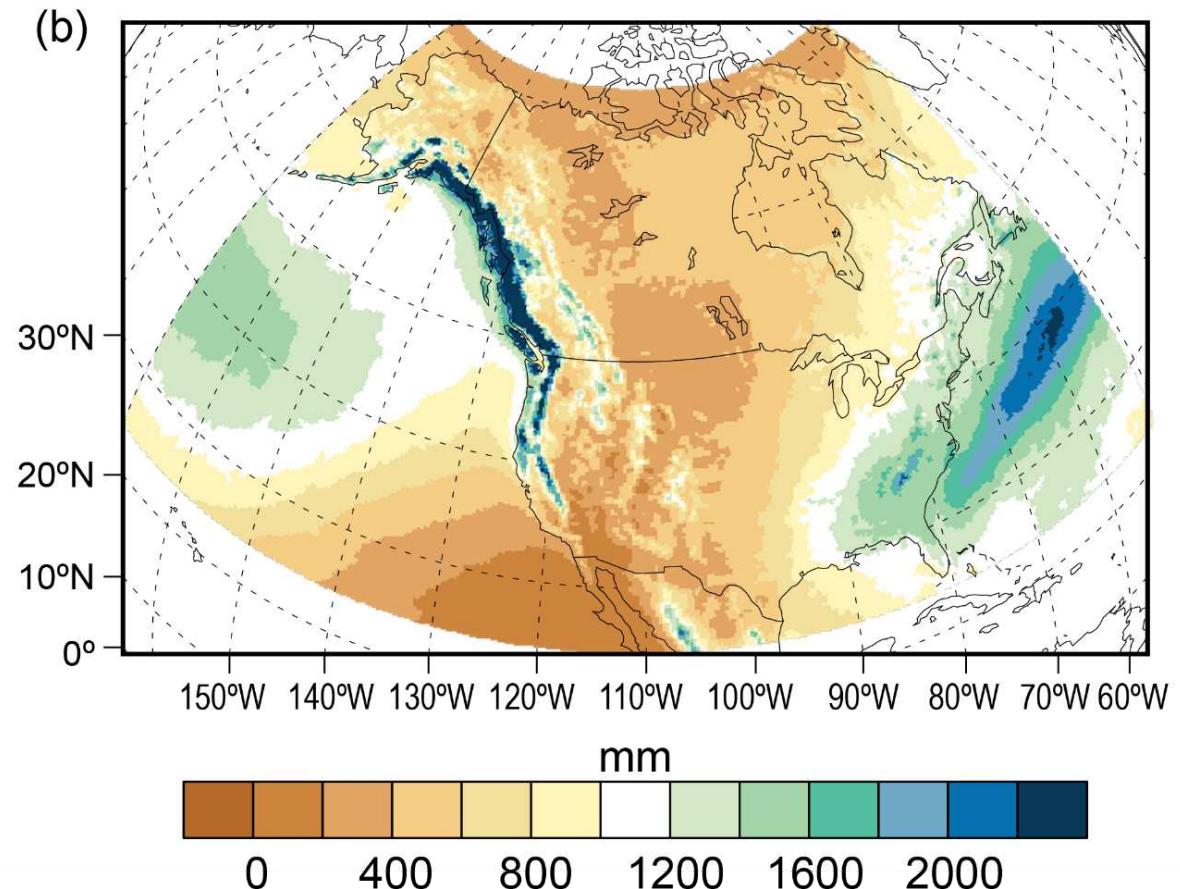
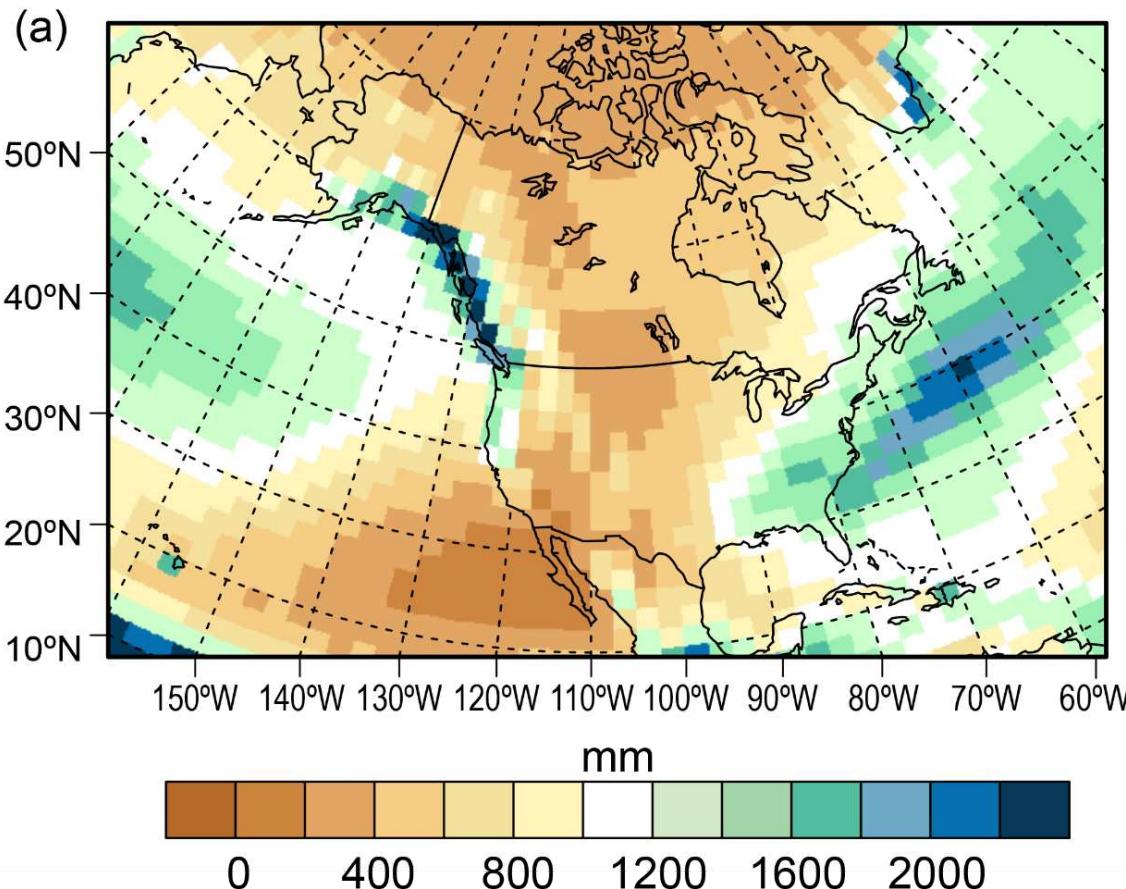
## Forces

- Couverture spatiale complète.
- Séries continues.
- Cohérence physique entre les variables.
- Permet de faire des projections dans le futur.
- Standards souvent bien suivis pour le calcul des variables et formats de données

## Faiblesses

- Plusieurs phénomènes encore paramétrés (p. ex. types spéciales de la précipitation).
- Les modèles ont des différences majeures entre eux.
  - Analyses des statistiques nécessaires
- Les résolutions spatiales ne supportent pas les analyses aux échelles locales / régionales

# Modèles régionaux du climat (RCM)



Source : Kotamarthi, et al. (2021) Global Climate Models. In: Downscaling Techniques for High-Resolution Climate Projections: From Global Change to Local Impacts. Cambridge University Press; 2021:19-39.

## Modèles régionaux du climat (RCM) - CORDEX

Tout comme la communauté de modélisation globale, la modélisation régionale a aussi établi des protocoles d'expériences.

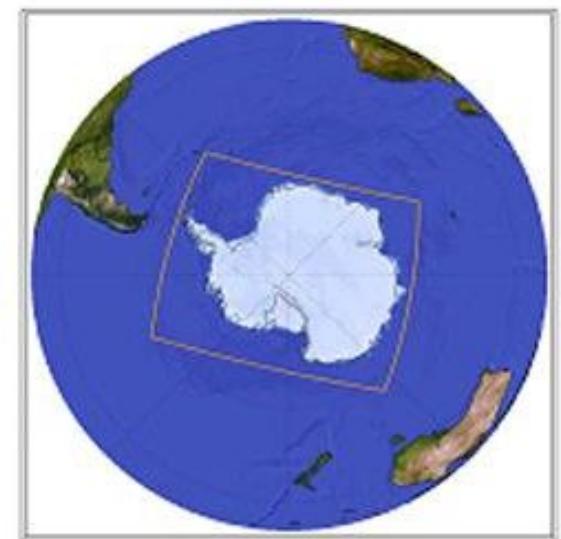
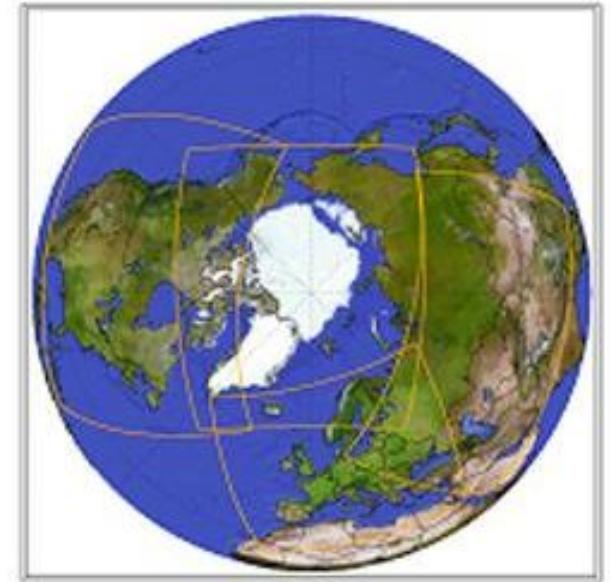
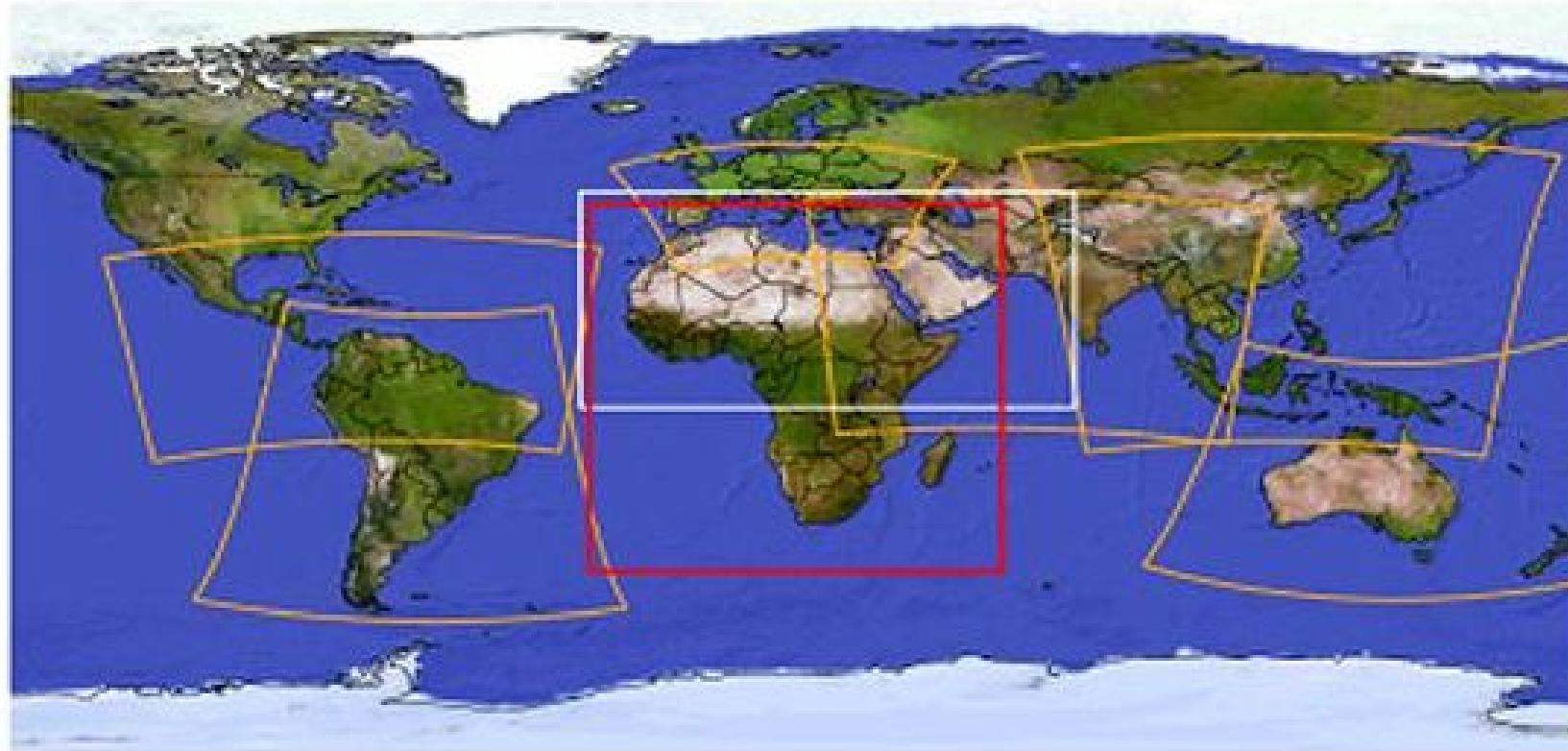
Les projets **PRUDENCE**, **ENSEMBLES** et **NARCCAP** sont les prédecesseurs de **CORDEX** :

- « COordinated Regional Downscaling EXperiment »

### **CMIP5-CORDEX (passé) et CMIP6-CORDEX (en production)**

- Plus que 10 instituts de recherche font partie du projet CMIP6-CORDEX
  - **Ouranos** et **UQAM**

# CMIP5-CORDEX



## Modèles Régionaux

	RegCM4	WRF	CRCMS -OUR	CRCMS -UQAM	CanRCM4	RCA4	HIRHAM5	RCP	ECS (°C)
ERA-Int	50km 25km	50km 25km	0.22°	0.44° 0.22° 0.11°	0.44° 0.22°	0.44°	0.44°		
HadGEM2-ES	50km 25km	50km* 25km*						8.5	4.6
CanESM2				0.44° 0.22°	0.44° 0.22°	0.44°		4.5	3.7
GEMatm-Can 1†				0.44° 0.22°				8.5	~3.7 †
MPI-ESM-LR	50km* 25km*	50km 25km	0.22°	0.44° 0.22°				4.5	3.6
MPI-ESM-MR				0.44° 0.22°				8.5	3.4
GEMatm-MPI †				0.44° 0.22°				8.5	~3.4 †
EC-EARTH 3‡					0.44°			2.6	-3.3
					0.44°	0.44°	4.5		-3.3
					0.44°	0.44°	8.5		
CNRM-CM5				0.22°				4.5	-3.3
GFDL-ESM2M	50km 25km	50km* 25km*	0.22°					8.5	2.4
Institution	Iowa State *NCAR	U Arizona *NCAR	Okanagan	UQAM	CCCma	SMHI	DMI		
Modeler	R. Arritt *M. Bakovskiy	H.-I Chang *M. Bakovskiy	S. Bliner	K. Winger	J. Scinocca	G. Nikulin	O. Christensen		
Access	PoC	PoC	PoC	PoC	CCCma	ESGF	ESGF		

Instituts et responsables

Réanalyse †

## Modèles Globaux

CMIP5-  
CORDEXDomaine Amérique  
du nord

- « NA-  
CORDEX »

Couverture des  
expériences inégales

# Le reseau ESGF

Portail web

Distribué entre  
plusieurs centres  
de recherche

Source : ESGF-LLNL (<https://esgf-node.llnl.gov/search/esgf-llnl/>)

Hosted by  Department of Energy  
Lawrence Livermore National Laboratory

Powered by 

**ATTENTION:** We have completed the rename of this ESGF server to esgf-node.llnl.gov from pcmdi.llnl.gov. All pcmdi.llnl.gov openids have become esgf-node.llnl.gov for the server name (needed for manual entry in a wget script execution). Several data nodes are still in the process of updating their configuration to account for the server rename. Until complete, there might still be issues in accessing data at some sites. We recommend trying replica data (if available) in the meantime and apologize for the inconvenience.

Welcome, Guest | Login | Create Account

 Lawrence Livermore National Laboratory

You are at the ESGF@DOE/LLNL node | Technical Support

Home Contact Us

This search interface supports data discovery from many ESGF projects on multiple sites.  
Please use the "Search All Replicas" checkbox to expand the number of models available.

Project: CMIP5 (52984)

Product: Institute: Model: Experiment: Experiment Family: Time Frequency: Realm: CMIP Table: Ensemble: Variable: Variable Long Name: CF Standard Name: Driving Model: Datanode: obs4MIPs: Instrument: ISIMIP-FT: Impact Model: Impact Sector:

Enter Text:  Search Reset Display 10 results per page [More Search Options]

Show All Replicas Show All Versions Search Local Node Only (Including All Replicas)

Search Constraints: CMIP5

Total Number of Results: 52984  
-1 2 3 4 5 6 Next >

Please login to add search results to your Data Cart  
Expert Users: you may display the search URL and return results as XML or return results as JSON

- project=CMIP5, model=MRI-CGCM3, Meteorological Research Institute, experiment=10- or 30-year run initialized in year 1965, time\_frequency=mon, modelingrealm=atmos, ensemble=r8i1p1, version=20120701  
Description: MRI-CGCM3 model output prepared for CMIP5 10- or 30-year run initialized in year 1965  
Data Node: esgf-data1.diasjp.net  
Version: 20120701  
Total Number of Files (for all variables): 100  
[Show Metadata] [Show Files] [THREDDS Catalog] [WGET Script]
- project=CMIP5, model=MRI-CGCM3, Meteorological Research Institute, experiment=10- or 30-year run initialized in year 1965, time\_frequency=mon, modelingrealm=atmos, ensemble=r9i1p1, version=20120701  
Description: MRI-CGCM3 model output prepared for CMIP5 10- or 30-year run initialized in year 1965  
Data Node: esgf-data1.diasjp.net  
Version: 20120701  
Total Number of Files (for all variables): 100  
[Show Metadata] [Show Files] [THREDDS Catalog] [WGET Script]
- project=CMIP5, model=MRI-CGCM3, Meteorological Research Institute, experiment=10- or 30-year run initialized in year 1965, time\_frequency=mon, modelingrealm=land, ensemble=r1i1p1, version=20110915  
Description: MRI-CGCM3 model output prepared for CMIP5 10- or 30-year run initialized in year 1965  
Data Node: esgf-data1.diasjp.net  
Version: 20110915  
Total Number of Files (for all variables): 9  
[Show Metadata] [Show Files] [THREDDS Catalog] [WGET Script]

# ESGF- Download

# Gestion des données d'ESGF par ligne de commande

- Je contribue au projet sur GitHub!

Source : ESGF/esgf-download  
(<https://esgf.github.io/esgf-download/>)

# Introduction

**esgpull** is a modern ESGF data management tool, bundled with a custom asynchronous interface with the ESGF Search API. It handles scanning, downloading and updating **datasets**, **files** and *queries* from ESGF.

## Feature highlight

- Simple syntax for fast data exploration
- Asynchronous download
- Highly configurable

### Search datasets

esgpull allows multiple ways for searching ESGF data, with **facet** and **free-text** terms together with **options**.

Facet terms   Free-text terms   Facets hints   Hints   Finer grain query   Date filter

Query every CMIP6 dataset using facet syntax

```
esgpull search project:CMIP6
```

Rich

dataset	files	size
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.3hr.hfls.gr.v20181203	4	10.2 GiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.3hr.clt.gr.v20181203	2	7.3 GiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.cfadLidarsr532.gr.v20181203	2	10.3 GiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.clmisr.gr.v20181203	1	1.5 GiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.clcalipso.gr.v20181203	1	162.6 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.clhcalipso.gr.v20181203	1	82.5 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.clmcalipso.gr.v20181203	1	94.7 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.clcalipso.gr.v20181203	1	1.8 GiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.clccalipso.gr.v20181203	1	136.0 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.clisccp.gr.v20181203	1	1.0 GiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.jpdftaureliqmodis.gr.v20181203	1	651.6 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.jpdftaureicemodis.gr.v20181203	1	431.2 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.paraso1Refl.gr.v20181203	1	981.8 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.E3hrPt.hus.gr.v20181203	144	787.5 GiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.CFsubhr.hfss.gr.v20181203	1	390.1 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.CFsubhr.hfls.gr.v20181203	1	379.8 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.CFsubhr.mc.gr.v20181203	2	3.9 GiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.CFsubhr.prc.gr.v20181203	1	398.8 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.CFsubhr.huss.gr.v20181203	1	361.7 MiB
CMIP6.CMIP.CNRM-CERFACS.CNRM-CM6-1.amip.r1i1p1f2.CFsubhr.hurs.qn.v20181203	1	347.9 MiB

Table of contents

Feature highlight

Setup

Quickstart

## Ensemble du MRCC5

Quelques centres de recherche climatiques développent un ensemble de simulation relié à leur(s) modèle(s).

- Pour faire des tests de sensibilité
- Pour évaluer des améliorations ou ajouts au modèle
- Pour diverses expériences spécifiques
- Pour offrir des nouvelles jeu de données

## Ensemble du MRCC à Ouranos

Le MRCC a une **résolution spatiale allant jusqu'à ~12 km et une résolution temporelle d'archivage jusqu'aux heures.**

Conserver une centaine de variables aux  $3h$  sur une grille de  $12\text{ Km}$  sur l'Amérique du Nord pour une simulation de 100 ans requiert environ **~32 To d'espace disque**.

- **MRCC5-CMIP6 : 2500 années simulées à date → ~800 To d'espace disque**

**Ouranos a une système d'archivage créée uniquement pour les sortis du modèle MRCC**

# Système d'archivage à Ouranos



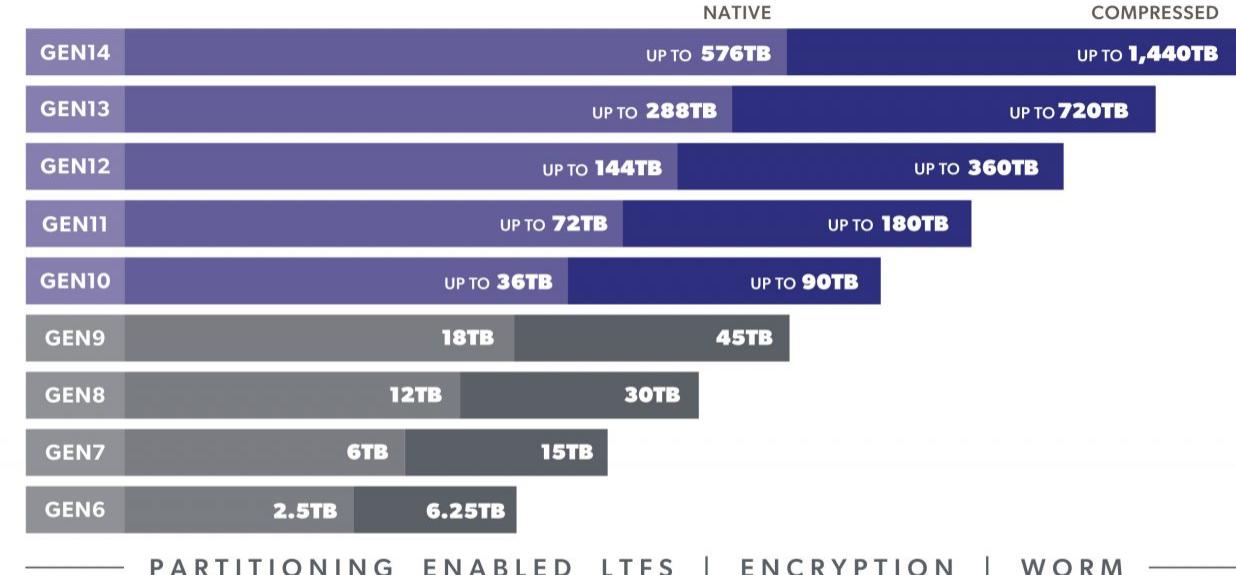
Crédit : Travis Logan et Pascal Bourgault, équipe PCDO

# Système d'archivage à Ouranos - Cassettes LTO



## LTO ULTRIUM ROADMAP

Addressing your storage needs



NOTE: Compressed capacities assume 2.5:1 compression (achieved with larger compression history buffer).

SOURCE: The LTO Program. The LTO Ultrium roadmap is subject to change without notice and represents goals and objectives only. Linear Tape-Open LTO, the LTO logo, Ultrium and the Ultrium logo are registered trademarks of Hewlett Packard Enterprise Company, International Business Machines Corporation and Quantum Corporation in the US and other countries. Please contact your supplier/manufacturer for more information.



**LTO : « Linear Tape-Open » peuvent contenir  
jusqu'à 18 To par cassette présentement!**

Données climatiques : Acquisition, interprétation et manipulation

# Modèles régionaux du climat - Conclusions

## Forces

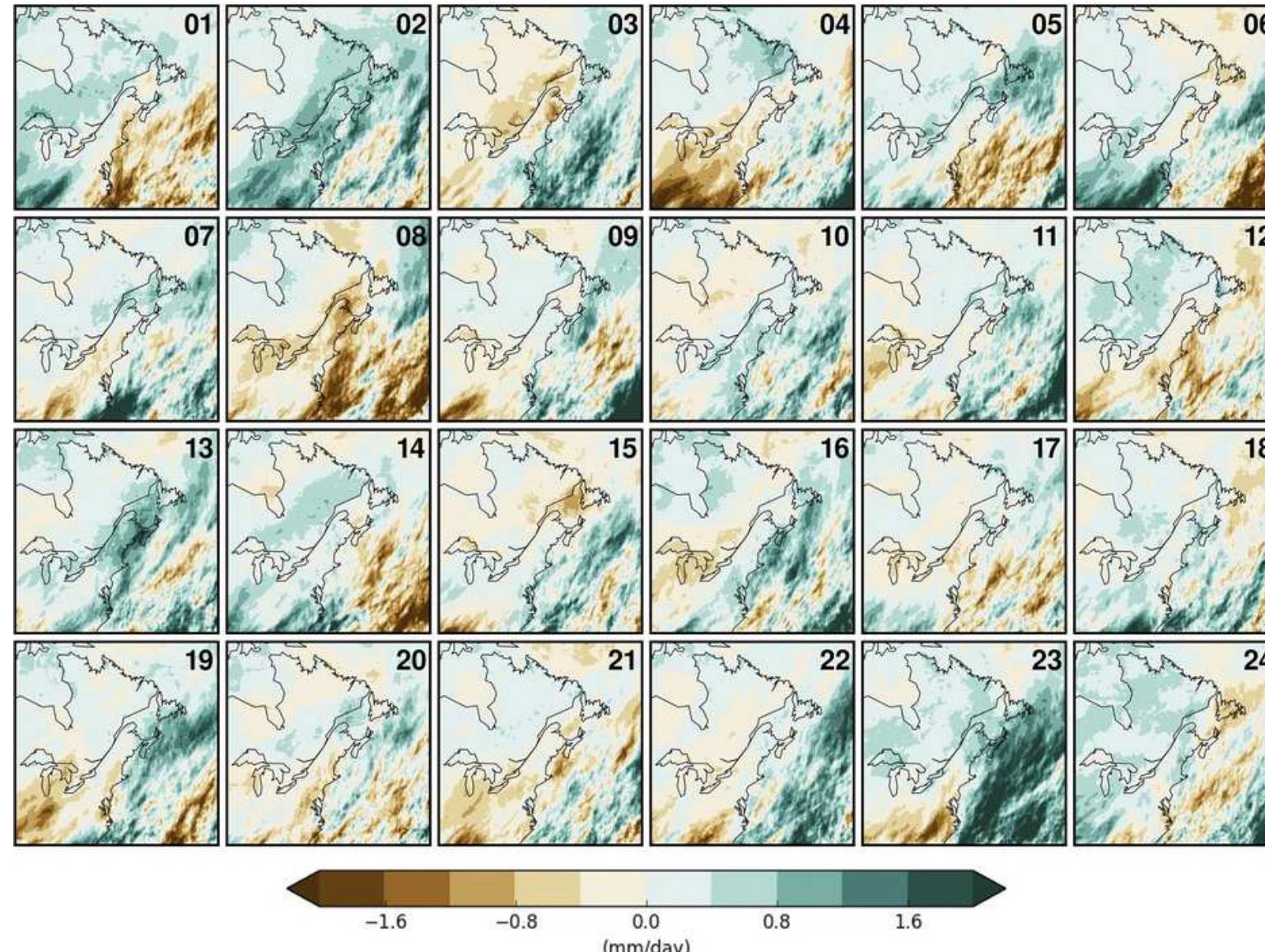
- Couverture spatiale à haute résolution sur un domaine choisi.
- Séries continues.
- Cohérence physique entre les variables.
- Permet de faire des projections dans le futur.

## Faiblesses

- Plusieurs phénomènes encore paramétrés (p. ex. formes de précipitation spéciales).
- Les modèles ont des différences majeures entre eux.
- Multiplication des expériences requises pour couvrir l'incertitude des modèles pilotes.
- Coûts énormes en calcul et en stockage / archivage des données

# Grands ensembles des modèles

École d'été en sciences du climat 2024



## Grands ensembles des modèles

Les grands ensembles consistent à produire plusieurs dizaines de membres d'une même configuration d'un modèle.

Permet de mieux évaluer le rôle de la variabilité naturelle dans la chaîne d'incertitude de la modélisation climatique.

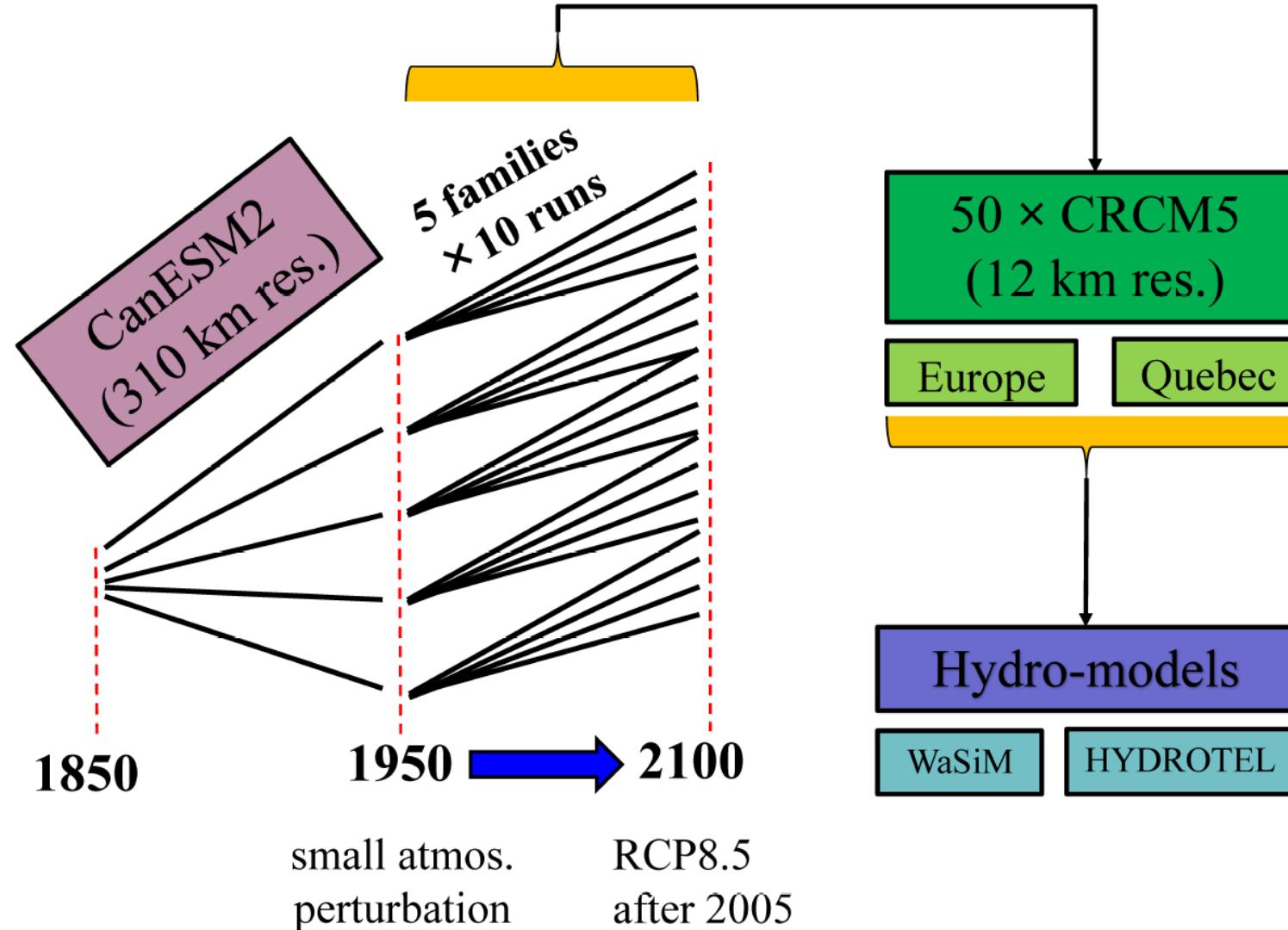
**NCAR CESM1 LENS** (*40 membres*)

**CanESM / CanESM2 Large Ensemble** (*50 membres*)

- **CanRCM4-LE → CanLEAD-LE (données post-traitées)**

# Ensemble de Simulations « ClimEx »

École d'été en sciences du climat 2024



Source : Leduc et al. (2016) The ClimEx Project: Dynamical downscaling of a GCM large ensemble at very high resolution for Bavaria and Quebec. International Conference on Regional Climate-CORDEX, Stockholm, 17-20 May 2016. Poster.

# Calendriers climatiques

Différents modèles climatiques utilisent différents calendriers :

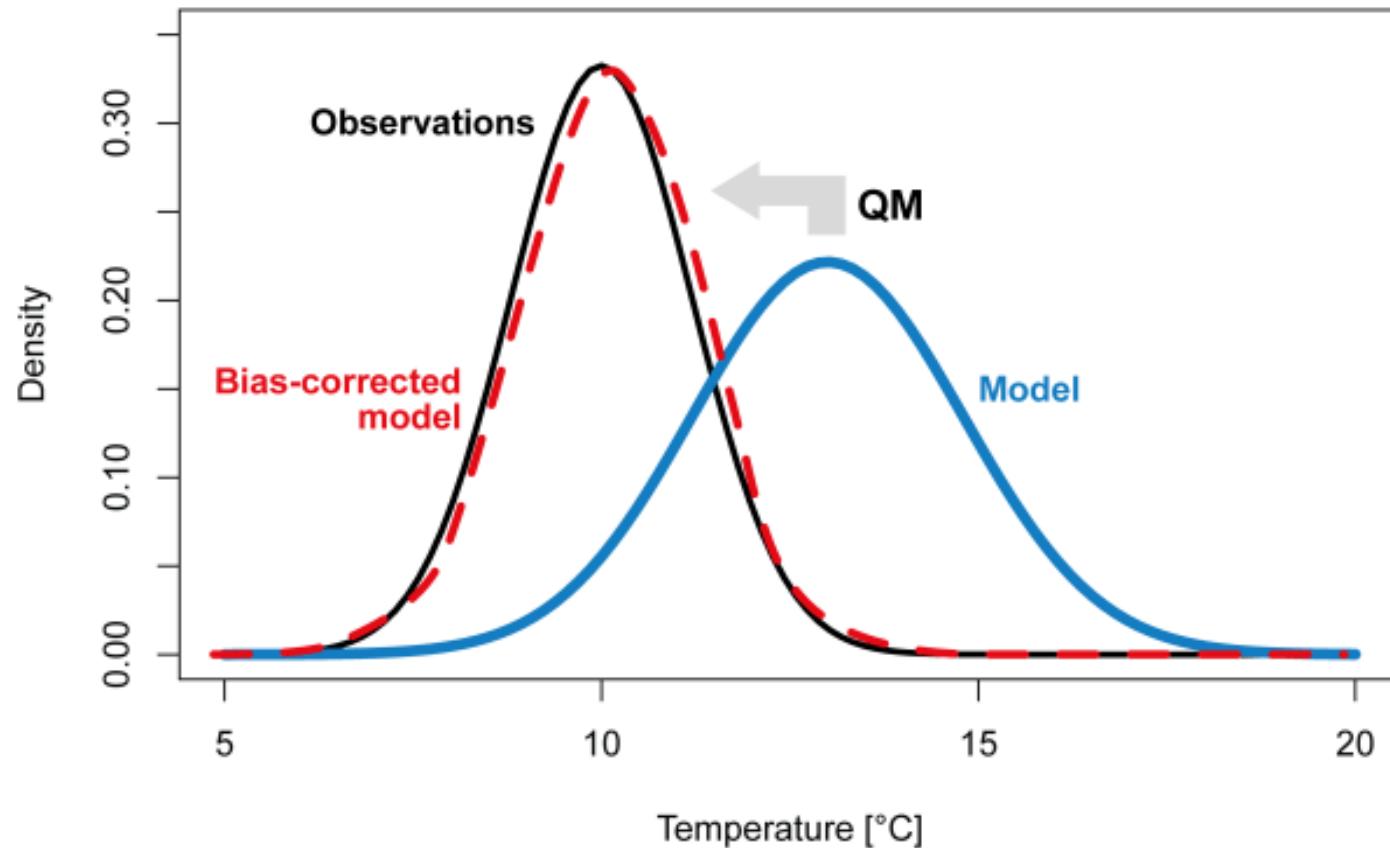
- « *standard* » (ancien nom : « *gregorian* » )
- « *proleptic\_gregorian* »
- « *julian* »
- 360 jours (« *360\_day* » : modèles **HadGEM** en particulier)
- 365 jours (« *no\_leap* »)
- 366 jours (« *all\_leap* »)

Pour savoir en plus :

- **Conventions CF** (<http://cfconventions.org/cf-conventions/cf-conventions#calendar>)

## Données « post-traitées »

Sortis des modèles ajustées statistiquement pour enlever les biais de modèles et pour supplémerter les analyses du climat générales.



Source : Feigenwinter et al (2018) Exploring quantile mapping as a tool to produce user-tailored climate scenarios for Switzerland ([lien](#))

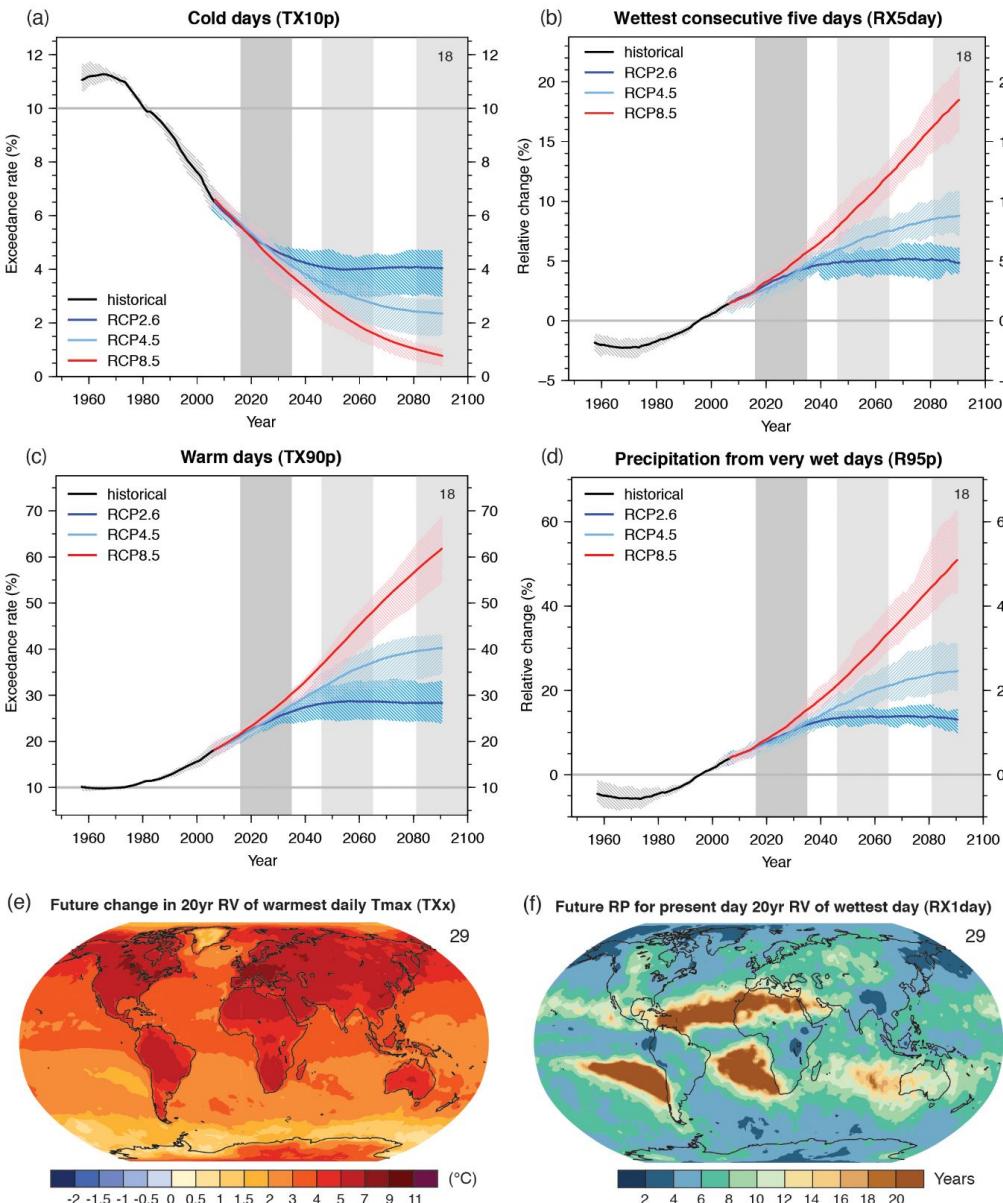
# Données « post-traitées »

- Ouranos
  - **ESPO-G** (<https://doi.org/10.1038/s41597-023-02855-z>)
- Climate Impact Lab
  - **GDPCIR** (<https://doi.org/10.5194/gmd-17-191-2024>)
- NASA Center for Climate Simulation (NCCS)
  - **NEX-GDDP** (<https://doi.org/10.1038/s41597-022-01393-4>)

Pour en savoir plus

- **Maraun D. (2016) Correcting Climate Change Simulations - a Critical Review**  
(<https://doi.org/10.1007/s40641-016-0050-x>)

## 6. Données « dérivées »



## Données « dérivées »

Transformation de données bruts vers des indices qui décrit des conditions climatiques dans une manière plus accessible / décrivant / pertinente

Aide en faisant les comparaisons des conditions climatiques entre :

- Sources des données; Horizons temporelles; Régions spatiales; etc...

Pour mieux communiquer les informations avec les grands publics

## Données « dérivées »

Plusieurs indicateurs climatiques sont calculés à partir de données observées et publiés comme jeu des données

Ressources Naturelles Canada calcule des indicateurs bioclimatiques (p. ex. début de la saison de croissance)

Standard pour plusieurs indices climatiques : European Climate Assessment & Dataset (ECAD)

Pour en savoir plus :

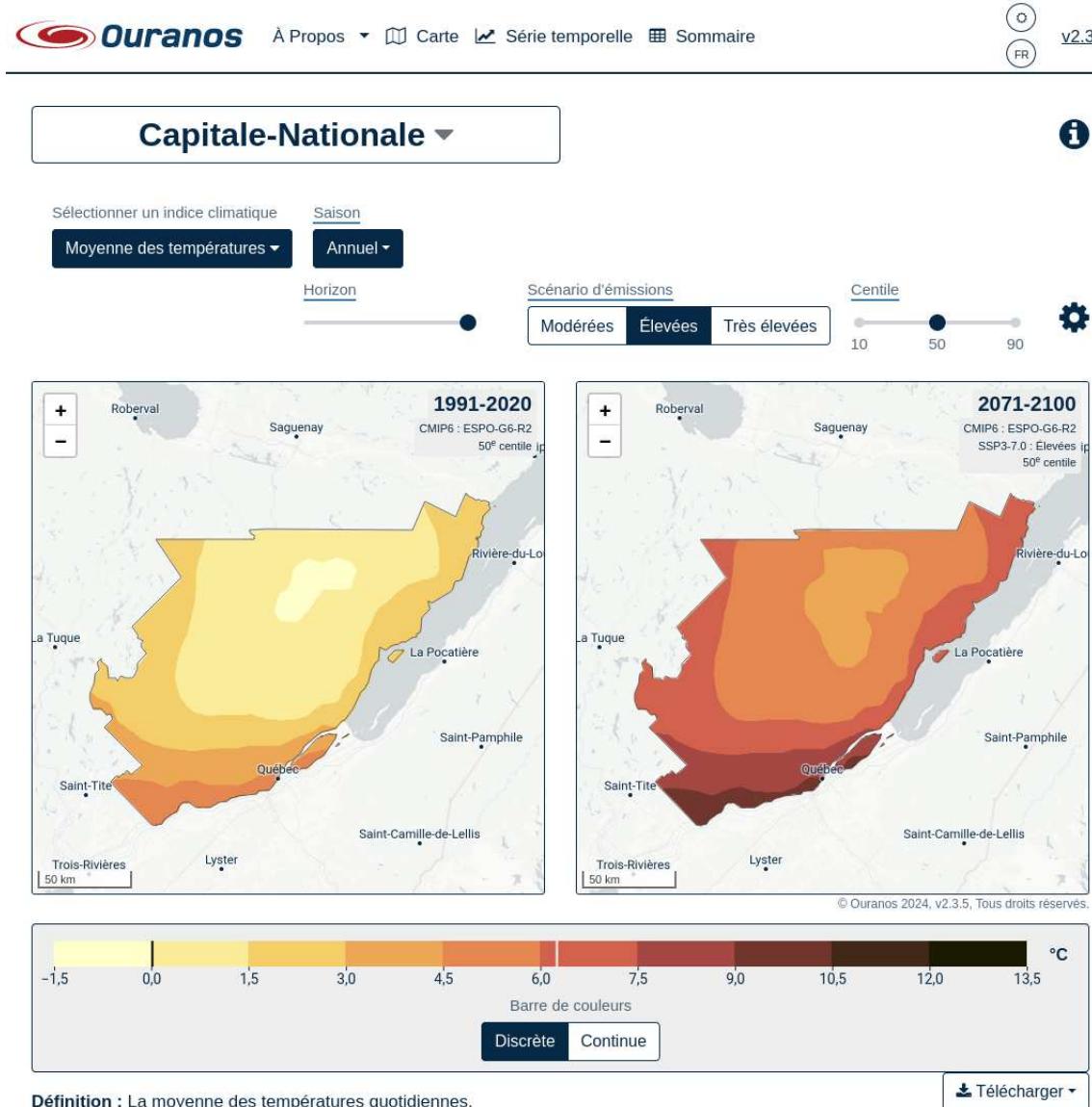
- **ETCCDI Comparaison -**

<https://www.ecad.eu/documents/ETCCDMIndicesComparison.pdf>

# Données « dérivées » par Ouranos

## Les Portraits climatiques

- Données CMIP5 ou CMIP6 post-traitées
- **25 indices climatiques** pré-calculées
- Domaine de Québec\* (et sous-domaines)
- Sommaires disponibles pour téléchargement
- Données sources accessibles par OPeNDAP / PAVICS, etc..



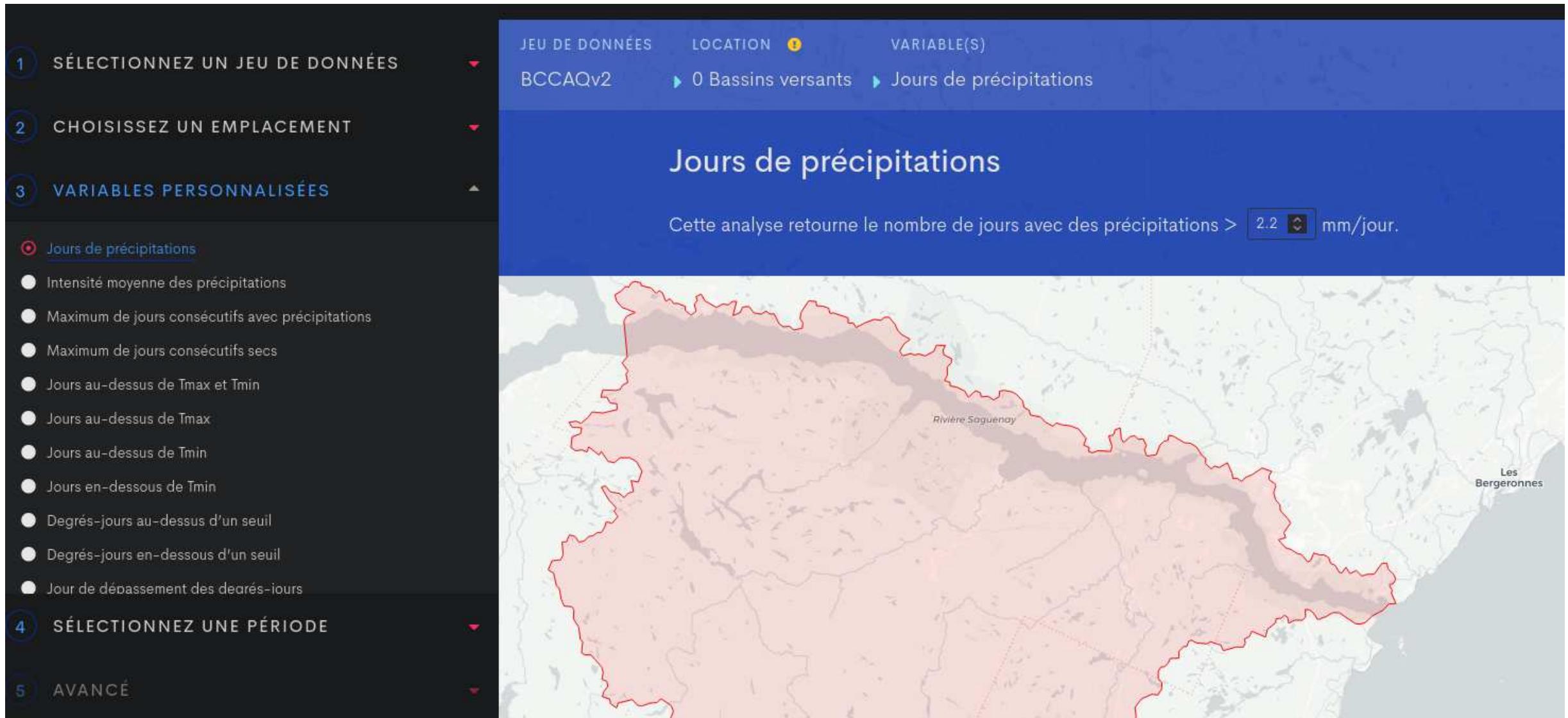
Définition : La moyenne des températures quotidiennes.  
Voir la documentation des données.

## Données dérivées « sur mesure »

Calculs des indices par requête internet / en-ligne :

- Microsoft Planetary Computer (Global) : <https://planetarycomputer.microsoft.com/>
- Données Climatiques (Canada) : <https://donneesclimatiques.ca/>
- Copernicus Data Store (Global / Europe) : <https://cds.climate.copernicus.eu/>
- PAVICS (Amérique du Nord) : <https://pavics.ouranos.ca/>

# Données dérivées sur site-web - [DonneesClimatiques.ca](https://donneesclimatiques.ca/)



# Données dérivées - Conclusions

## Forces

- Transformation des données vers les informations utiles pour montrer des conditions / changements au grand public
- Facilite la comparaison entre sources / formes différents des données
- Moins d'espace disque nécessaire pour les stocker

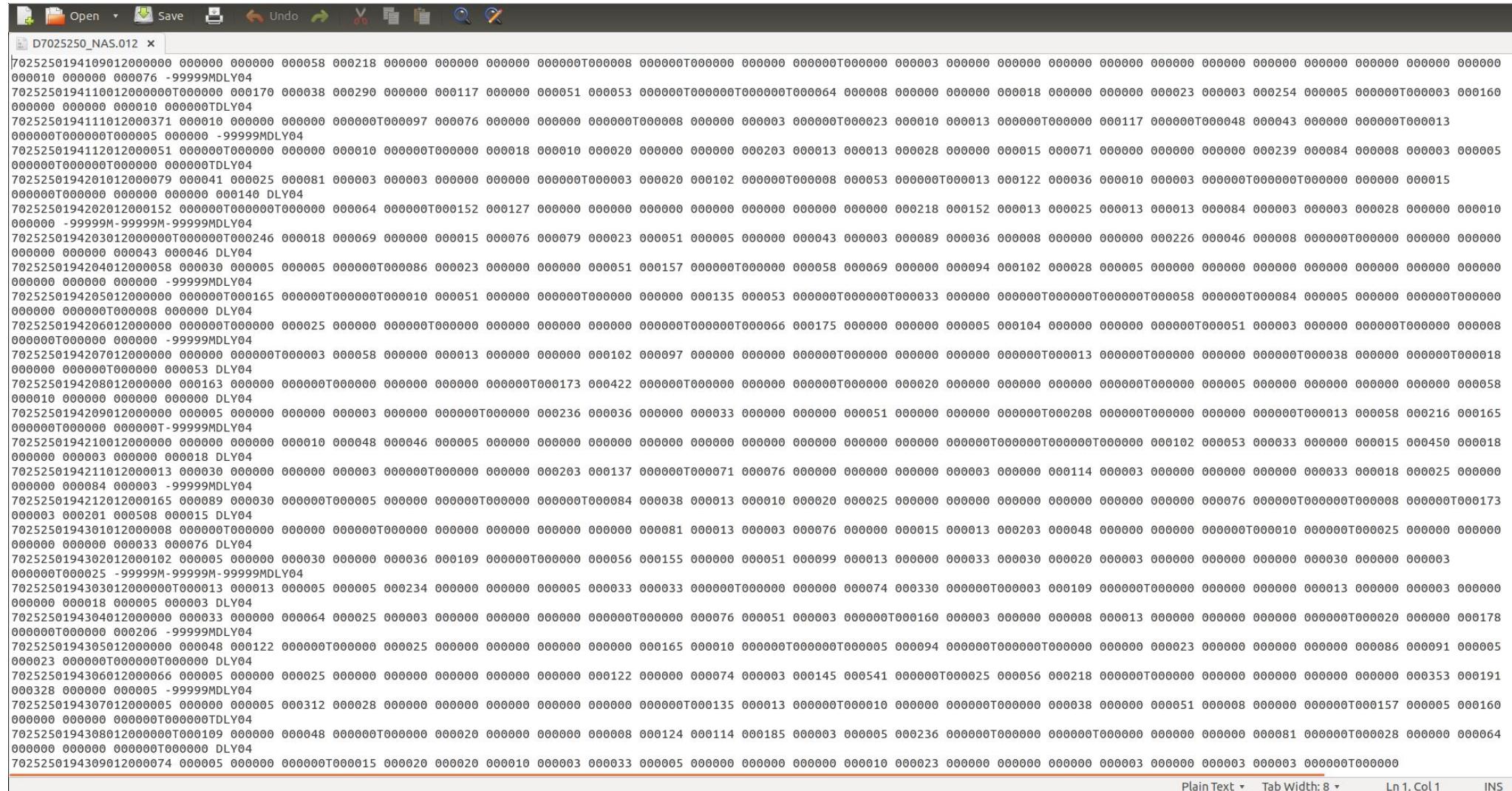
## Faiblesses

- « Filtrage » des données - enlève plusieurs détails
- Seuils et paramétrages sont très spécifiques de cas à cas – besoin de refaire des calculs
- Outils et algorithmes de calcul complexe nécessaires pour traiter des données énormes
- ~~Produits « one-shot » (Faite une fois) – besoin de refaire des calculs souvent~~

## 7. Formats habituels des données climatiques et outils d'analyses

# Format des données de stations

École d'été en sciences du climat 2024



The screenshot shows a text editor window with a dark theme. The title bar reads "D7025250\_NAS.012 x". The main area contains a large amount of tab-separated data. The first few lines of the data are:

```
7025250194109012000000 000000 000058 000218 000000 000000 000000T000008 000000T000000 000000 000000T000000 000003 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000  
000010 000000 000076 -99999MDLY04  
7025250194110012000000T000000 000170 000038 000290 000000 000117 000000 000051 000053 000000T000000T000000T000064 000008 000000 000000 000018 000000 000000 000023 000003 00254 000005 000000T000003 000160  
000000 000000 000010 000000TDLY04  
7025250194111012000371 000010 000000 000000T000097 000076 000000 000000 000000T000008 000000 000003 000000T000023 000010 000013 000000T000000 000117 000000T000048 000043 000000 000000T000013  
000000T000000T000005 000000 -99999MDLY04  
7025250194112012000051 000000T000000 000000 000010 000000T000000 000018 000010 000020 000000 000000 0000203 000013 000013 000028 000000 000015 000071 000000 000000 000239 000084 000008 000005  
000000T000000T000000 000000TDLY04  
7025250194201012000079 000041 000003 000003 000000 000000 000000T000003 000020 000102 000000T000008 000053 000000T000013 000122 000036 000010 000003 000000T000000T000000 000000 000015  
000000T000000 000000 000140 DLY04  
7025250194202012000152 000000T000000T000000 000064 000000T000152 000127 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000218 000152 000013 000025 000013 000013 000084 000003 000003 000028 000000 000010  
000000 -99999M-99999M-99999MDLY04  
7025250194203012000000T000000T000246 000018 000069 000000 000015 000076 000079 000023 000051 000005 000000 000043 000003 000089 000036 000008 000000 000000 000226 000046 000008 000000T000000 000000  
000000 000043 000046 DLY04  
7025250194204012000058 000030 000005 000005 000000T000086 000023 000000 000000 000051 000157 000000T000000 000058 000069 000000 000094 000102 000028 000005 000000 000000 000000 000000 000000  
000000 000000 -99999MDLY04  
7025250194205012000000 000000T000000T000000 000000T000000 000000 000051 000000 000000T000000 000135 000053 000000T000000T000033 000000 000000T000000T000000T000058 000000T000084 000005 000000 000000T000000  
000000 000000T000008 000000 DLY04  
7025250194206012000000 000000T000000 000025 000000 000000T000000 000000 000000 000000T000000T000066 000175 000000 000000 000005 000104 000000 000000 000000T000051 000003 000000 000000T000000 000008  
000000T000000 000000 -99999MDLY04  
7025250194207012000000 000000 000000T000003 000058 000000 000013 000000 000102 000097 000000 000000 000000T000000 000000 000000T000013 000000T000000 000000 000000T000038 000000 000000T000018  
000000 000000T000000 000053 DLY04  
7025250194208012000000 000163 000000 000000T000000 000000 000000T000173 000422 000000T000000 000000 000000T000000 000020 000000 000000 000000T000000 000005 000000 000000 000000 000000  
000010 000000 000000 000000 DLY04  
7025250194209012000000 000005 000003 000000 000000T000000 000236 000036 000000 000033 000000 000000 000051 000000 000000 000000T000208 000000T000000 000000 000000T000013 000058 000216 000165  
000000T000000 000000T-99999MDLY04  
7025250194210012000000 000000 000010 000048 000046 000005 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000T000000T000000 000102 000053 000033 000000 000015 000450 000018  
000000 000003 000000 000010 DLY04  
7025250194211012000013 000030 000003 000000T000000 000000 000203 000137 000000T000071 000076 000000 000000 000003 000000 000114 000003 000000 000000 000033 000018 000025 000000  
000000 000084 000003 -99999MDLY04  
7025250194212012000015 000089 000030 000000T000005 000000 000000T000000 000000T000084 000038 000013 000010 000020 000025 000000 000000 000000 000000 000076 000000T000000T000008 000000T000173  
000003 000201 0000508 000015 DLY04  
7025250194301012000008 000000 000000T000000 000000 000000T000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000 000000T000010 000000T000025 000000  
000000 000000 000033 000076 DLY04  
70252501943020120000102 000005 000000 000030 000000 000036 000109 000000T000000 000056 000155 000000 000051 000099 000013 000000 000033 000030 000020 000003 000000 000000 000000 000003  
000000T000025 -99999M-99999M-99999MDLY04  
7025250194303012000000T000013 000013 000005 0000234 000000 000005 000033 000000T000000 000000 000074 000330 000000T000003 000109 000000T000000 000000 000000 000013 000000 000003 000000  
000000 000018 000005 000003 DLY04  
7025250194304012000000 000033 000000 000064 000025 000003 000000 000000 000000T000000 000076 000051 000003 000000T000160 000003 000000 000008 000013 000000 000000 000000T000020 000000 000178  
000000T000000 000206 -99999MDLY04  
7025250194305012000000 000048 000122 000000T000000 000025 000000 000000 000000 000165 000010 000000T000000T000005 000094 000000T000000T000000 000000 000023 000000 000000 000086 000091 000005  
000023 000000T000000T000000 DLY04  
7025250194306012000066 000005 000000 000025 000000 000000 000000 000000 000122 000000 000074 000003 000145 000541 000000T000025 000056 000218 000000T000000 000000 000000 000353 000191  
000328 000000 000005 -99999MDLY04  
7025250194307012000005 000005 000000 000312 000028 000000 000000 000000 000000T000135 000013 000000T000010 000000 000000T000000 000038 000000 000051 000008 000000 000000T000157 000005 000160  
000000 000000 000000T000007DLY04  
7025250194308012000000T000109 000000 000048 000000T000000 000020 000000 000008 000124 000114 000185 000003 000005 000236 000000T000000 000000 000000 000081 000000T000028 000000 000064  
000000 000000 000000T000000 DLY04  
7025250194309012000074 000005 000000 000000T000015 000020 000010 000003 000033 000005 000000 000000 000000 000010 000023 000000 000000 000003 000003 000000T000000
```

Plain Text ▾ Tab Width: 8 ▾ Ln 1, Col 1 INS

## Format des données de stations

L'information sur les variables, les unités et les “flags” se trouve dans une documentation à part.

Pour les données de précipitations sur le Canada, la base de données contient ~10000 fichiers texte pour un total de ~550 Mo.

Ce format des données est utilisé à l'interne d'ECCC, alors pas facilement accessible aux grand publics.

# Format des données de stations

mds015687.txt

7010478;ARRIERE STONEHAM;QUE;47.1667;-71.2500;597.4;19630101;19760301 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7010480;ARRIERE TOURILLI;QUE;47.1667;-71.6167;493.8;19490801;19601001 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7010565;BEAUPORT;QUE;46.8369;-71.1972;10;19990505;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7010566;BEAUPORT;QUE;46.8833;-71.2000;84.1;19820701;19850504 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7010720;BERTHIERVILLE;QUE;46.0500;-73.1833;12.2;19190801;19950601 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7010D76;ARRIERE RIV A PIERRE;QUE;46.9667;-72.2500;213.4;19630501;19640901 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7010DPE;ARRIERE REMOUS CARRIER;QUE;47.5500;-71.5500;-10000;19760101;19770101 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011045;CAP DE LA MADELEINE;QUE;46.3667;-72.5333;17.1;19201201;19320401 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011170;CAP ROUGE;QUE;46.7667;-71.3000;12.2;19110501;19400601 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011290;CHAMPLAIN;QUE;46.4667;-72.3333;12;19801101;19911130 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011308;CHARLESBOURG JAR ZOO;QUE;46.9000;-71.3000;152.4;19630101;19770801 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011309;CHARLESBOURG PARC ORLEAN;QUE;46.8667;-71.2667;114.3;19710981;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011600;CHUTE PANET;QUE;46.8667;-71.8667;152.4;19490801;19820301 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011760;CLUB TOURILLI;QUE;47.0333;-71.7000;265.2;19490901;19510701 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011800;CLUB TOURILLI;QUE;47.0833;-71.9000;249.9;19490801;19530601 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011947;COTEAU DU LAC;QUE;45.3167;-74.1667;49.4;19660701;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011950;COURVILLE;QUE;46.8667;-71.1667;76.2;19630101;19640601 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011960;DEPOT JOBIN;QUE;47.2333;-71.6333;68.8;19501001;19590601 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011982;DESCHAMBault;QUE;46.6667;-71.9167;15.2;19710701;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7011983;DESCHAMBault;QUE;46.6908;-71.9717;61;19970730;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7012040;DOMAINE-DE-MAIZERETS;QUE;46.8333;-71.2167;6;19911101;19940620 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7012070;DONNACONA;QUE;46.6667;-71.7500;10.7;19180701;19640801 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7012071;DONNACONA 2;QUE;46.6833;-71.7333;45.7;19521201;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7012232;DUBERGER;QUE;46.8167;-71.3000;15.2;19711001;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7012240;DUCHESNAY;QUE;46.8667;-71.6500;166.1;19350901;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7012K4A;DUCHESNAY-SRT;QUE;46.8667;-71.6500;160;19710801;19931001 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013100;HEROUXVILLE;QUE;46.6667;-72.6000;145;19630501;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013102;HERVEY JONCTION;QUE;46.8500;-72.4667;177.4;19260801;19780901 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013200;HUDSON HEIGHTS;QUE;45.4667;-74.1667;26.8;19520901;19550301 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013279;ILE BOUCHARD;QUE;45.8167;-73.3500;9.1;19741001;19750701 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
70132G9;ILE D'ORLEANS;QUE;46.9967;-70.8083;3.6;19850613;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013360;JOLIETTE VILLE;QUE;46.0167;-73.4333;58;19131001;19721001 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013362;JOLLIETTE VILLE;QUE;46.4333;-73.4333;56;19670201;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013570;LAC BROWN;QUE;46.9167;-73.1667;365.8;19630501;19770901 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
70135H5;LAC CACHE;QUE;47.2167;-71.7000;701;19671001;19770101 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013640;LAC EDOUARD;QUE;47.6500;-72.2667;369.7;19490901;19580401 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013642;LAC EDOUARD S;QUE;47.6667;-72.2667;364.2;19630501;19750901 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013646;LAC GREGORY;QUE;47.3500;-71.6000;-10000;19760101;19770101 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013655;LAC JACQUES CARTIER;QUE;47.5667;-71.2333;798.6;19630101;19740901 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013678;LAC MINOGAMI;QUE;46.6667;-72.8667;259.1;19640101;19780601 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013687;LAC SACAMOCIE;QUE;46.5000;-73.2167;-10000;19760101;19770101 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013705;LAC ST EDOUARD;QUE;47.2167;-71.5667;-10000;19760101;19770101 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013708;LAC TERRIEN;QUE;46.9833;-72.4333;152.4;19630501;19640901 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013735;LAKE EDWARD;QUE;47.6500;-72.2500;406.3;19100101;19240201 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7013FP8;LAC MITCHELL;QUE;47.1500;-71.5333;609.6;19680701;19780101 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7014160;L'ASSOMPTION;QUE;45.8094;-73.4347;21;19300101;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7014260;LALVALTRIE CDA;QUE;45.9333;-73.3167;30.5;19570601;19821201 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7014290;LES CEDRES;QUE;45.3000;-74.0500;47.2;19130201;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7014298;LES SAULES;QUE;46.8167;-71.3167;25.9;19730101;19730501 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693  
7014300;LINTON;QUE;45.3000;-74.0500;47.2;19130201;20120127 ;18500101;20111231;001 003 002 013 012 010 011 ; 015687 015688 015689 015690 015691 015692 015693

# Formats « maison »

## Données de radiosonde dans le format « FSL »

### LEGEND

LINTYP: type of identification line

254 = indicates a new sounding in the output file

1 = station identification line

2 = sounding checks line

3 = station identifier and other indicators line

4 = mandatory level

5 = significant level

6 = wind level (PPBB) (GTS or merged data)

7 = tropopause level (GTS or merged data)

8 = maximum wind level (GTS or merged data)

9 = surface level

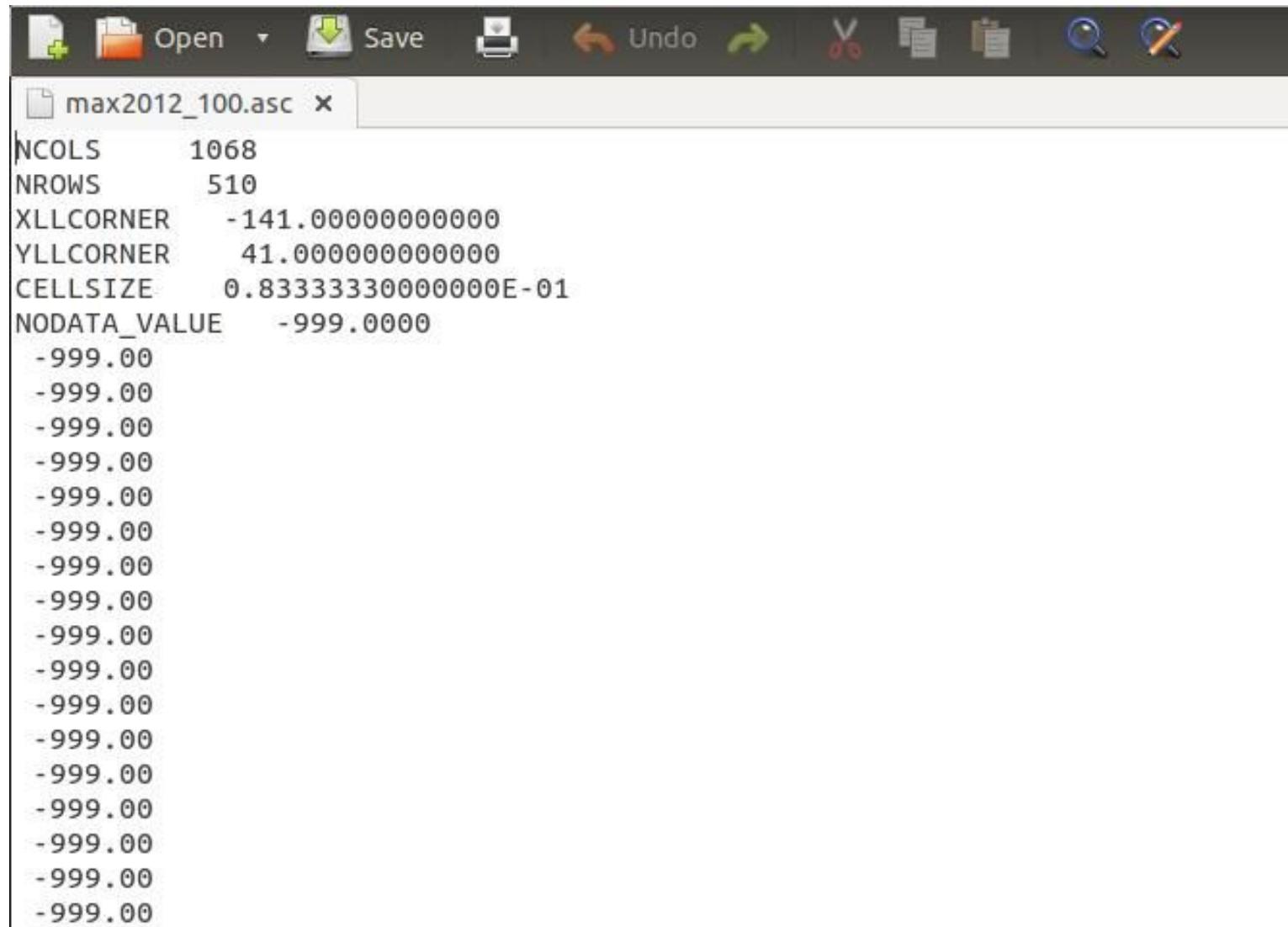
HOUR: time of report in UTC

LAT: latitude in degrees and hundredths

LON: longitude in degrees and hundredths

254	0	24	MAY	2017			
1	4734	71722	46.38N	75.97W	170	2318	
2	70	2190	2060	140	99999	3	
3		YMW			99999	kt	
9	9860	170	176	86	0	0	
4	10000	63	99999	99999	99999	99999	
5	9790	231	182	72	99999	99999	
6	9709	304	99999	99999	315	1	
6	9377	609	99999	99999	240	4	
4	9250	728	142	52	275	4	
6	9046	914	99999	99999	280	8	
6	8721	1219	99999	99999	280	8	
4	8500	1433	78	28	285	9	
6	8094	1828	99999	99999	285	14	
6	7793	2133	99999	99999	275	15	
6	7504	2438	99999	99999	255	21	
6	7225	2743	99999	99999	260	16	
4	7000	2998	-49	-64	260	18	
6	6955	3048	99999	99999	260	18	
5	6820	3201	-67	-72	99999	99999	
5	6760	3270	-73	-96	99999	99999	
5	6700	3340	-47	-187	99999	99999	
6	6435	3657	99999	99999	290	24	
5	6370	3736	-49	-249	99999	99999	
6	5949	4267	99999	99999	285	31	
5	5940	4279	-89	-249	99999	99999	
5	5900	4331	-85	-265	99999	99999	
6	5718	4572	99999	99999	280	33	
5	5500	4871	-107	-377	99999	99999	
6	5496	4876	99999	99999	290	31	
5	5390	5026	-117	-417	99999	99999	
6	5072	5486	99999	99999	265	30	
5	5020	5564	-161	-341	99999	99999	
4	5000	5600	-163	-313	270	27	

# Format ArcInfo (Grille ASCII)



## Format ArcInfo (Grille ASCII)

Pour une base de données comme les données journalières interpolées de Ressource Naturelle Canada sur une grille à 10 km (1068x510) :

Un fichier par jour de ~5 Mo :

- Pour 62 années → ~22 000 fichiers pour un total de *~110 Go par variable*

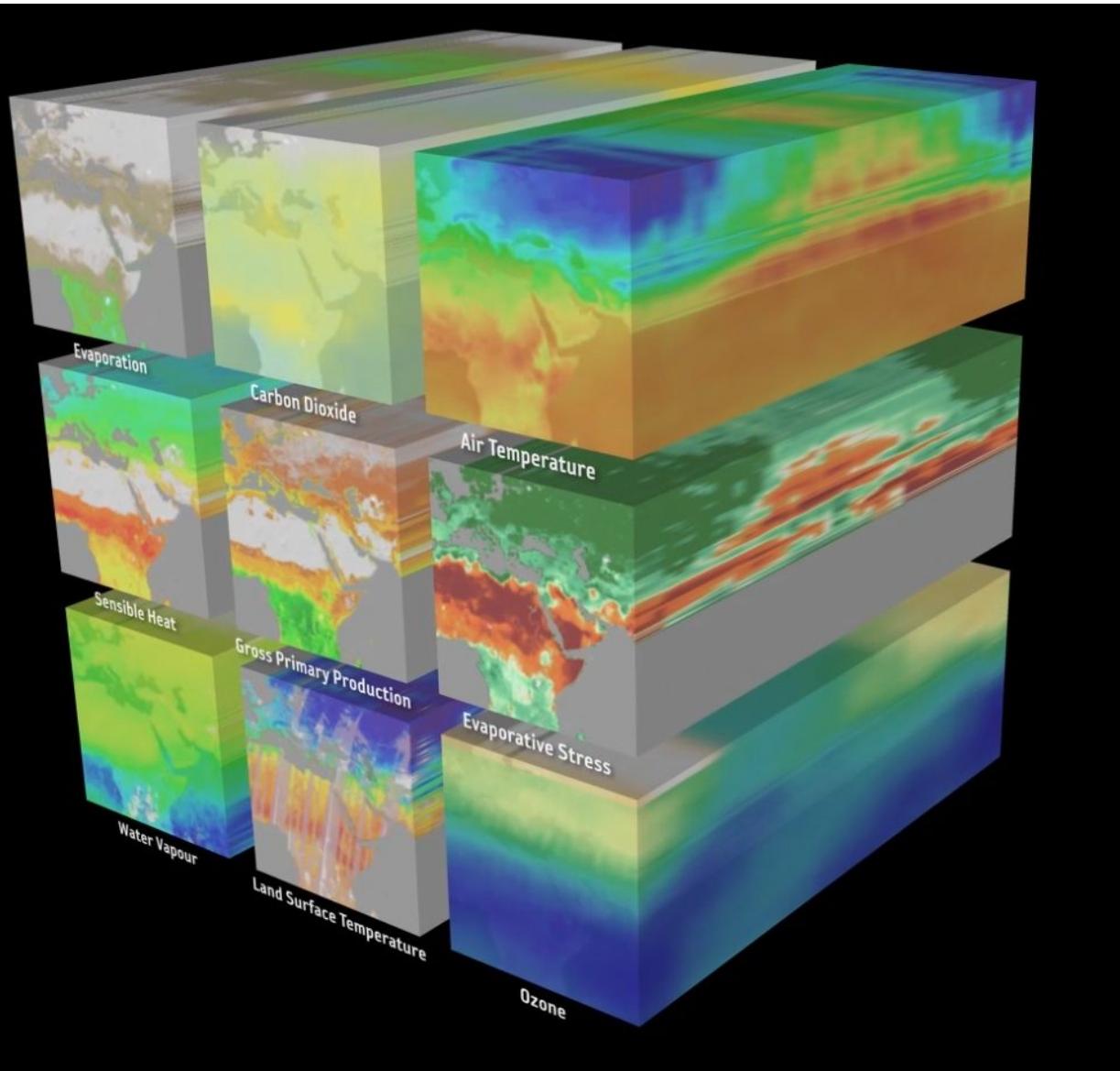
**Simple, stable, mais...**

- **Aucun compression (gourmand pour l'espace disque)**
- **Aucun métadonnées**

## À côté – Les métadonnées

Des données qui décrit / défini les données

- Historique / changements / provenance des opérations
- Créeateur, origine, date de création, versions des outils, modèles et grilles utilisées, standard de métadonnées, unités des valeurs, etc.
- Calendrier(s), fréquences de temps
- Codes de qualité de données



## Format « Datacube »

Données avec plusieurs dimensions  
(**« N-dimensional matrices »**)

- latitude, longitude, élévation, temps, autres coordonnées, variables, etc...
- Données satellitaires et climatiques sur grille
- **Compression !**
- **Métadonnées intégrés !**

## Format « NetCDF »

Ce format permet d'enregistrer des données multidimensionnelles ainsi que les métadonnées qui s'y rattachent.

Algorithmes de compression disponibles lors de l'écriture du fichier.

Développé par UCAR (pas UQAR, malheureusement) et le National Science Foundation (NSF) aux États-Unis

Pour en savoir plus :

- Site web du projet (<https://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf>)
- Entrée sur Wikipédia (<https://en.wikipedia.org/wiki/NetCDF>)

# Définition du format « NetCDF »

École d'été en sciences du climat 2024

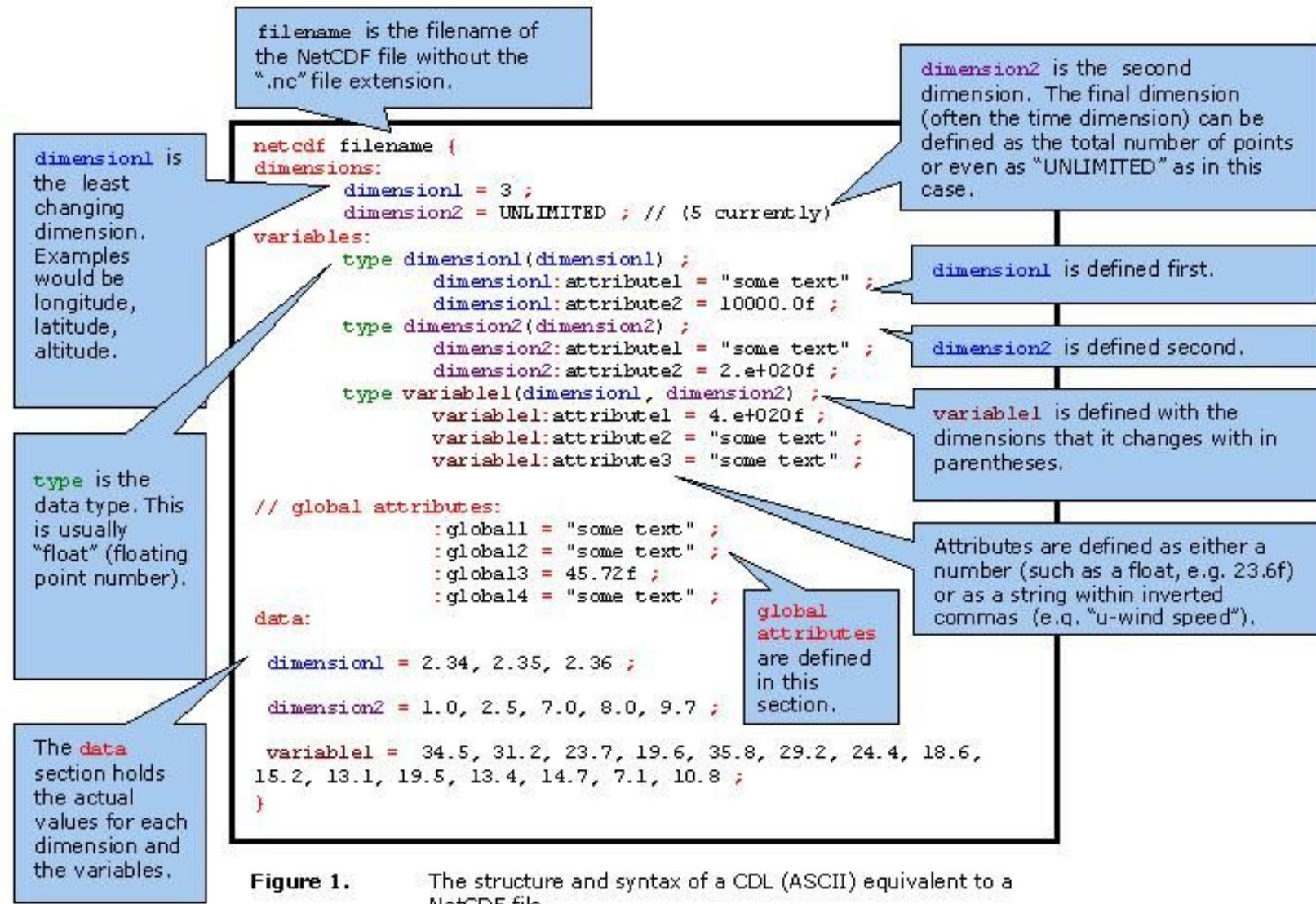


Figure 1. The structure and syntax of a CDL (ASCII) equivalent to a NetCDF file.

## Format « NetCDF »

La communauté des sciences du climat a établi une convention à suivre pour bien écrire des données climatiques.

Standards pour les données parmi les climatologues

- **Conventions CF** : <http://cfconventions.org>
- **COARDS (ancien)** :  
<https://ferret.pmel.noaa.gov/Ferret/documentation/coards-netcdf-conventions>

Les variables ont des noms standardisés.

La définition des unités temporelles et de la grille géospatiales est standardisée.

# À côté - Standardisation des données

Outils de **conversion / gestion / conformité** des données et métadonnées en NetCDF

- En développement pour plusieurs années
- Objectif : en opération pendant hiver 2024

Pour en savoir plus :

- GitHub : [Ouranosinc/Miranda](#)



The screenshot shows the GitHub repository page for 'Miranda'. At the top, there's a large blue globe icon with white latitude and longitude lines. Below it, the word 'Miranda' is written in a sans-serif font. The page has a dark background with light-colored text and buttons. At the top right, there are buttons for 'Versions' (pypi v0.5.0, python 3.7 | 3.8 | 3.9 | 3.10 | 3.11), 'Documentation and Support' (docs failing), and three tabs: 'README' (selected), 'Apache-2.0 license', and 'Security'. Below these are two sections: 'Coding Standards' (code style black, Ruff, pre-commit.ci passed) and 'Development Status' (repo status Active, miranda Testing Suite passing, coverage 18%). A brief description follows: 'Python utilities for climate data collection, conversion, and management.' Two bullet points are listed under 'Features': 'Free software: Apache Software License 2.0' and 'Documentation: <https://miranda.readthedocs.io>'. The page then lists several sections with bullet points: 'Data collection functions for climate and forecast data hosted at:' (ECMWF (ERA5, ERA5-Land, TIGGE), ECCC (Canada) (Monthly Climate Summaries, ECCC GEOAPI - In development), NCAR (CORDEX-NA on AWS)); 'Data conversion for [Climate and Forecasting \(CF\)](#) Variable and Metadata compliance:' (ECMWF (ERA5, ERA5-Land, TIGGE - In Development), ECCC (Canada) (Flat File Observations, Monthly Climate Summaries, Adjusted and Homogenized Climate Data, ECCC GEOAPI - In Development), MELCC (Québec), Hydro-Québec (In Development)); and 'Database structuring and facets validation:' (Simulations: WCRP (CMIP5, CMIP6, CMIP5-CORDEX, CORDEX-ADJUST, ISIMIP, etc.)).

# Formats infonuagiques

Services propriétaires de calcul et entreposage :

- « Amazon AWS » (S3)
- « Google Big Query » / « Earth Engine » (Cloud)
- « Apache Spark » (Hadoop)



Protocole ouverte pour servir des données NetCDF et formats similaires en-ligne : « [OPeNDAP](#) »

« Datacube » similaire à NetCDF optimisé pour la téléchargement et lecture en-ligne :  
« [Zarr](#) »



## Autres formats traditionnels

GRIB « Gridded Binary » : <http://www.grib.us/>

CCC, RPN : formats de données sur grille d'Environnement Canada.

Vectorielle : définition des points, des lignes ou des contours de polygones représentant des phénomènes ou objets spatiaux.

- *Shapefile, GeoJSON, GML, KML ...*
- *PostgreSQL/PostGIS, SQLite, GeoPackage* →



# Plateformes et langages de programmation

École d'été en sciences du climat 2024



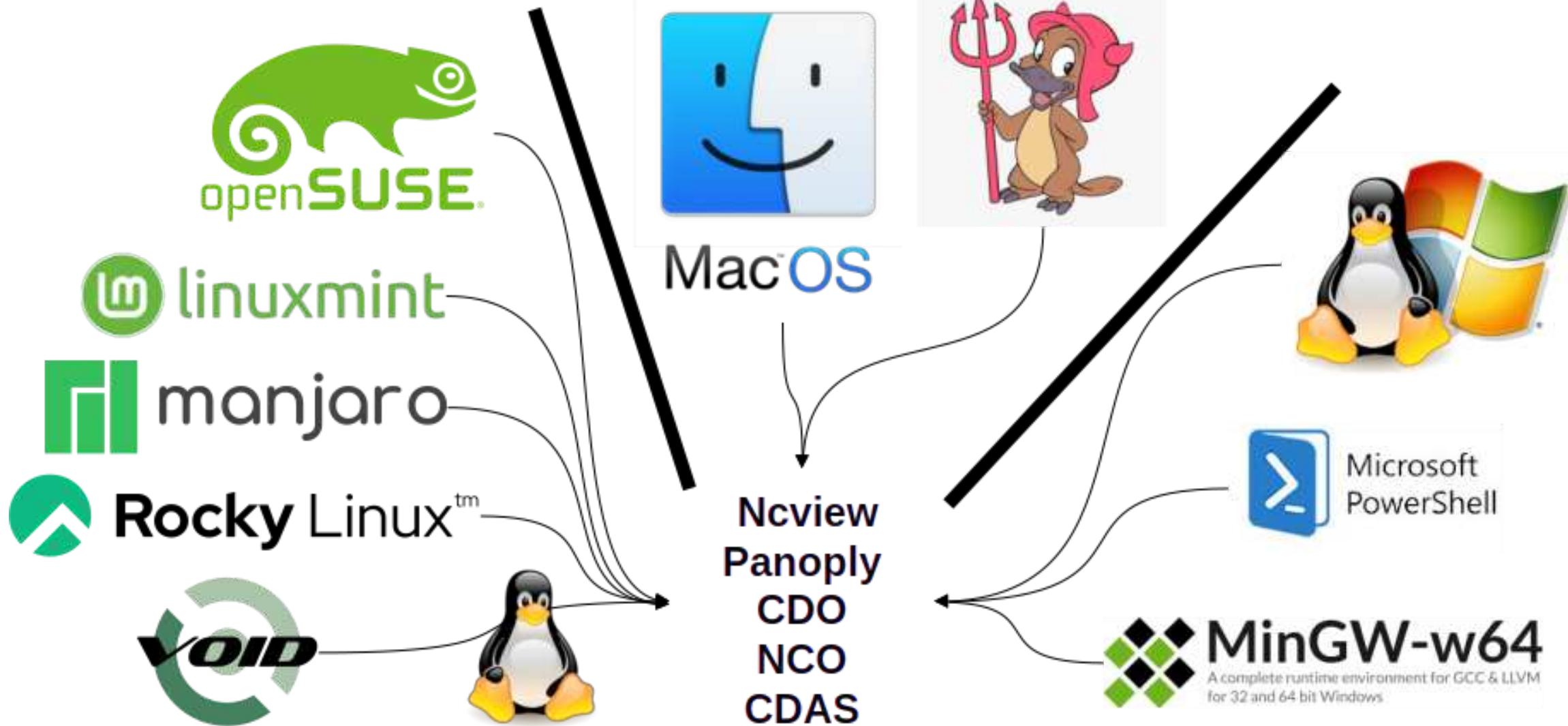
ArcGIS



Interactive/GNU  
Data  
Language

# Outils pour systèmes d'opérations

École d'été en sciences du climat 2024

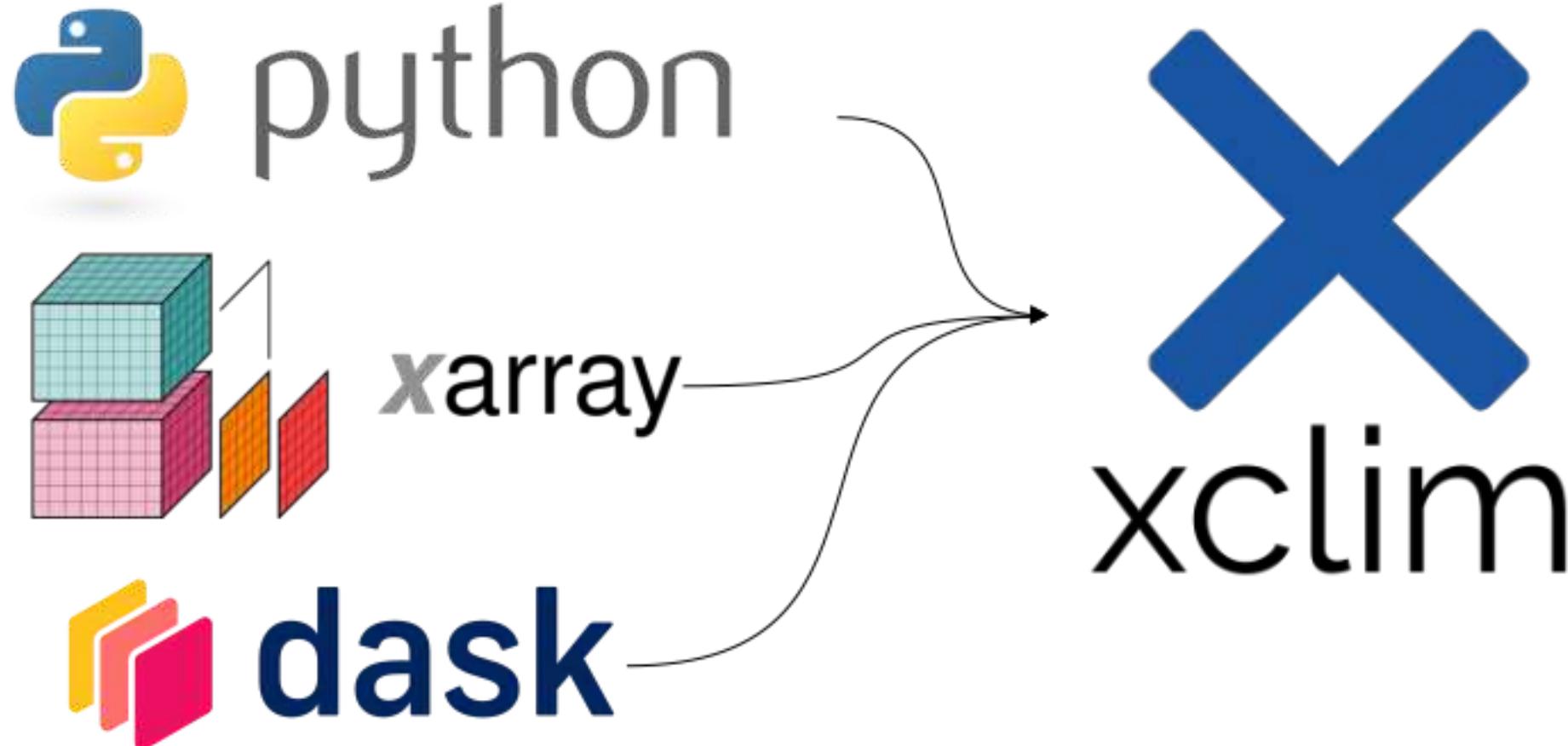


## Exemple : `ncvue`

- Un nouveau implémentation de `ncview`

# Outils d'analyses créés par Ouranos

École d'été en sciences du climat 2024



Source : Ouranosinc/xclim (<https://github.com/Ouranosinc/xclim>)

Présentation à PyCon Global 2023 (<https://www.youtube.com/watch?v=3zS3IQJ6pb4>) (25 mins)

Bourgault et al. (2023). xclim: xarray-based climate data analytics (<https://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.05415>)

## Comment choisir ses données ?

Qu'est-ce qui est **disponible** (ou **accessible**) à la résolution spatiale et temporelle nécessaire ?

Est-ce que le jeu de données **représente bien** le processus à étudier ?

Lors de la validation, est-ce que **l'incertitude** sur les données observées et l'aspect de **la représentativité spatiale et temporelle** est pris en compte ?

Faites-vous une **étude d'impact** ou un projet d'**analyse de processus** ?

## 8. Les services climatiques

Pont entre la science du climat et la prise de décisions en matière d'adaptation aux changements climatiques.

Les groupes **Scénarios et services climatiques (SSC)** et **Plateformes climatiques, données et opérations (PCDO)** à Ouranos offre des produits synthétisés ou pré-traités, et aussi les rapports informationnels aux partenaires qui n'ont pas l'expertise ou la capacité pour traiter autant de données.

Ouranos offre aussi une plateforme de calcul intégré avec les données climatiques.

# Plateforme de calcul « PAVICS »

PAVICS est un laboratoire virtuel facilitant l'analyse de données climatiques. Il permet d'accéder à plusieurs collections de données d'observations, de projections climatiques et de réanalyse. Il offre aussi un environnement de programmation Python permettant d'analyser ces données sans avoir à les télécharger. Cet environnement de travail est constamment mis à jour avec les librairies les plus performantes pour l'analyse de données climatiques. De plus, Ouranos assure un contrôle de qualité sur les données offertes et leurs métadonnées.

- Fichiers et données en format netCDF
- Métadonnées suivant la convention CF
- Environnement d'analyse parallèle (xarray + dask)

Nouvelles

Pour enregistrer : <https://pavics.ouranos.ca/>

## Accéder aux données

PAVICS fournit un accès aux données via un serveur THREDDS dédié, donnant accès à une variété croissante de données climatiques et météorologiques, notamment

- Projections futures des changements climatiques
- Données d'observation (aux stations et sur grille)
  - Données de réanalyse
  - Données de prévisions météorologiques

## Analyser les données climatiques

PAVICS fournit des méthodes de recherche et d'analyse des données climatiques, offrant des outils qui couvrent une gamme d'étapes courantes d'analyse des données, notamment

- Recherche et accès aux données
- Découpage spatio-temporel
- Calculs d'indices climatiques
  - Statistiques d'ensemble
  - Visualisation de données

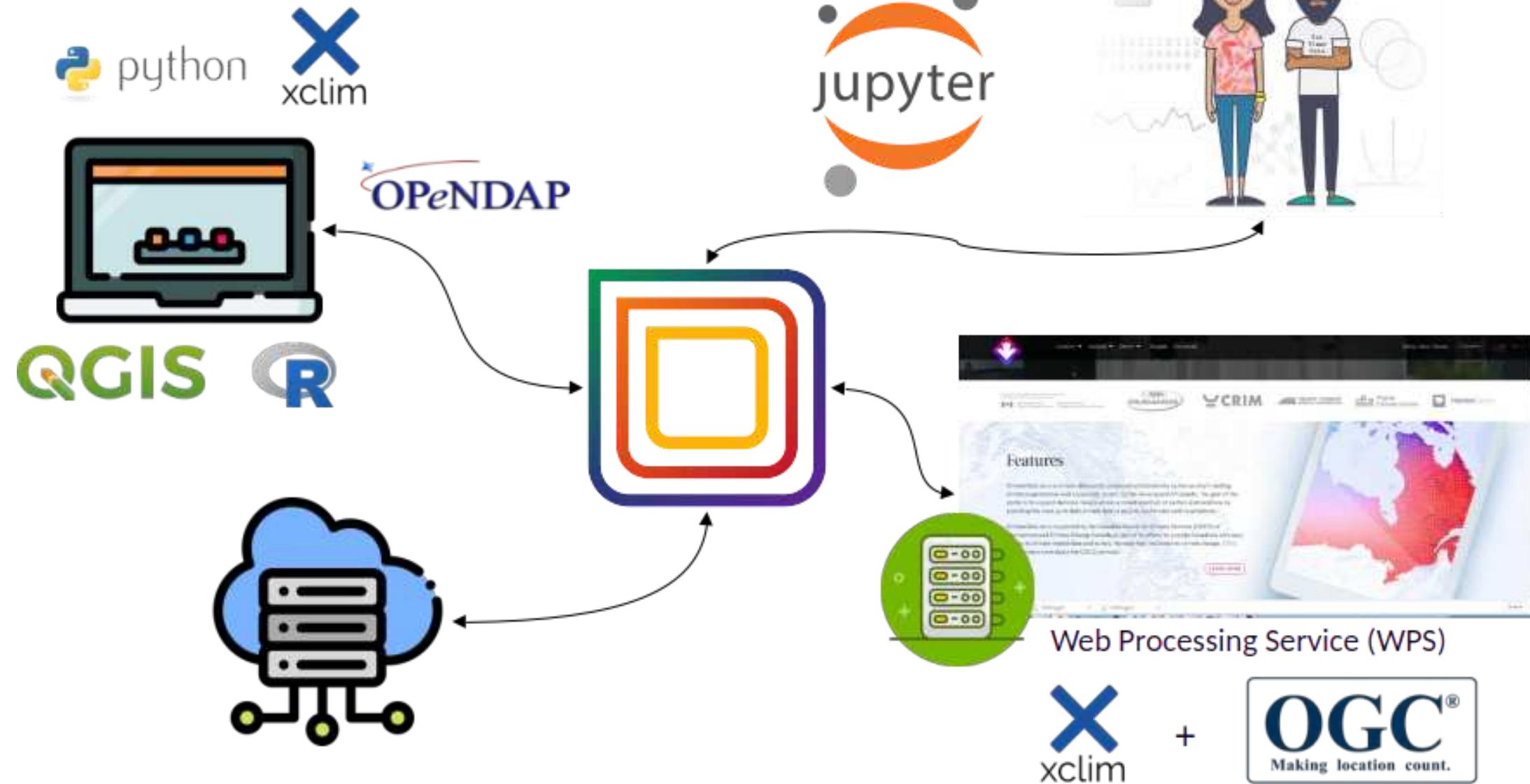
## Exécuter des modèles hydrologiques

PAVICS offre une gamme d'outils pour faciliter l'analyse des impacts des changements climatiques sur l'hydrologie. Elle s'appuie pour cela sur Raven, un cadre de modélisation hydrologique qui permet d'assembler différents processus hydrologiques pour créer des modèles sur mesure ou émuler des modèles existants. Ces modèles doivent minimalement être forcés par des séries journalières de températures et de précipitations, et retournent des séries de débits en rivière et les variables d'état du modèle, comme la neige ou l'eau dans le sol.

- Simuler les débits en rivière par quatre modèles globaux: HMETS, GR4J-CemaNeige, HBV-EC et MOHYSE
  - Faire de l'analyse fréquentiel sur les séries de débits
  - Extraire les propriétés physiographiques d'un bassin versant
  - Estimer des paramètres d'un modèle en bassin non-jauge
  - Piloter un modèle hydrologique par les prévisions d'ECCC

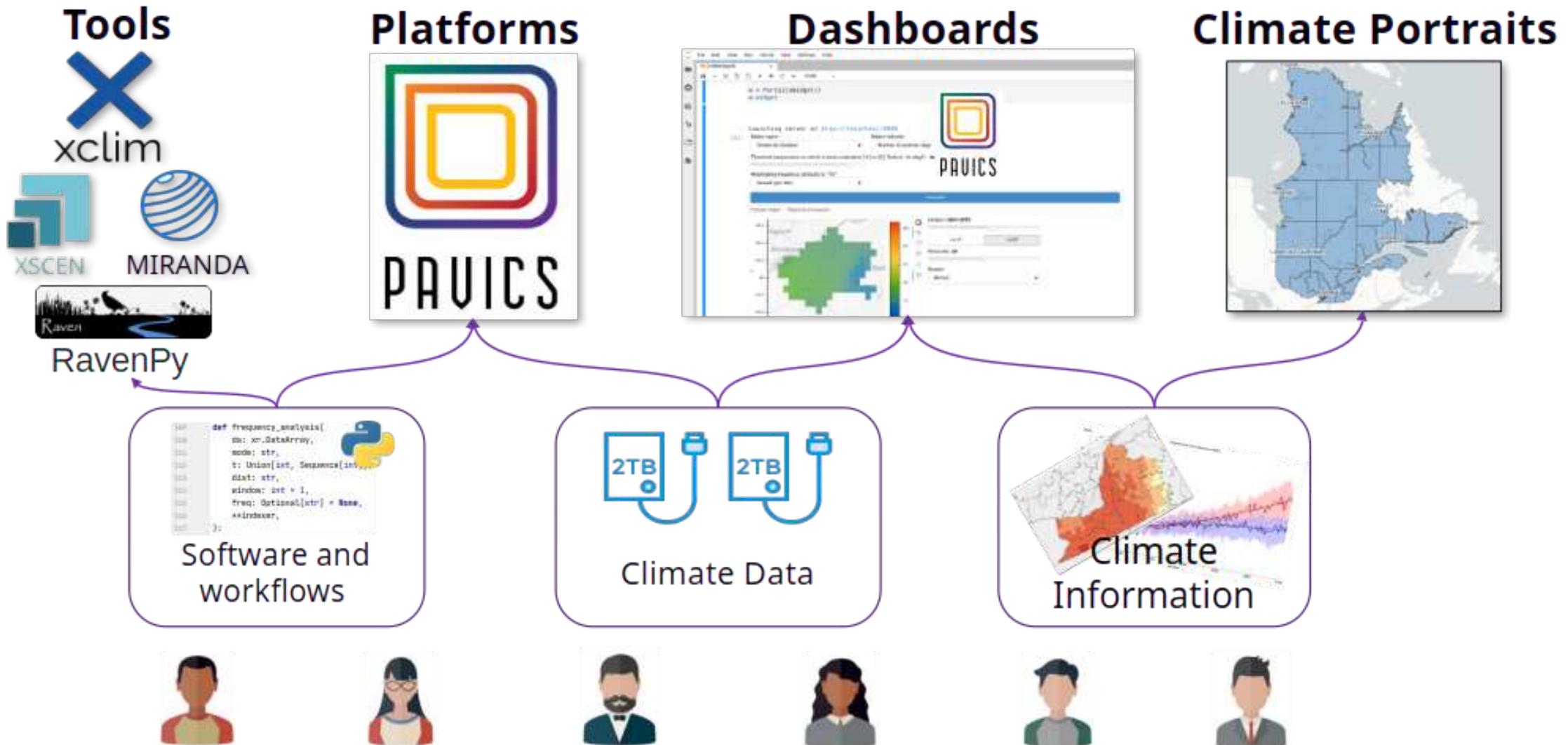
# Plateforme de calcul « PAVICS »

École d'été en sciences du climat 2024



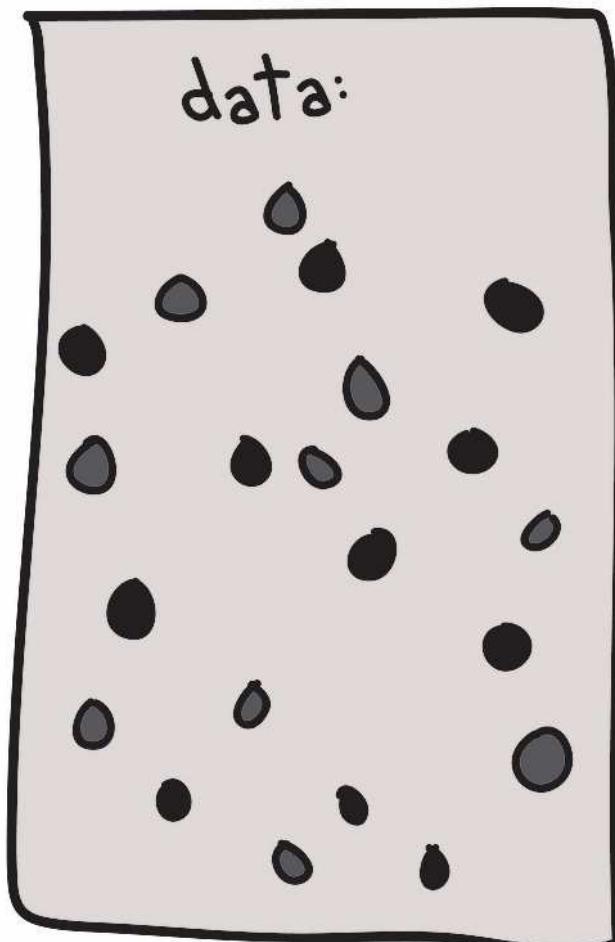
# Les services climatiques chez Ouranos

École d'été en sciences du climat 2024



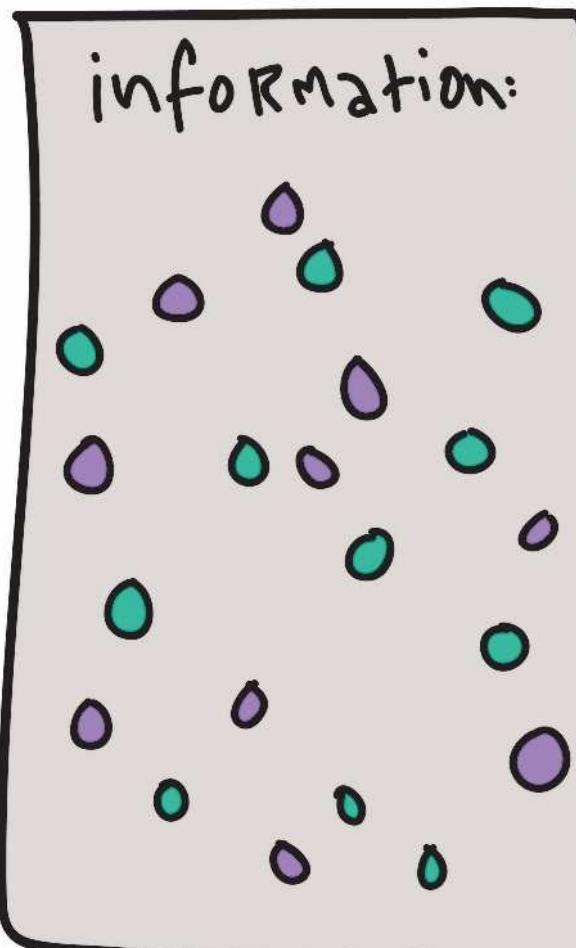
# Merci pour votre attention !

École d'été en sciences du climat 2024

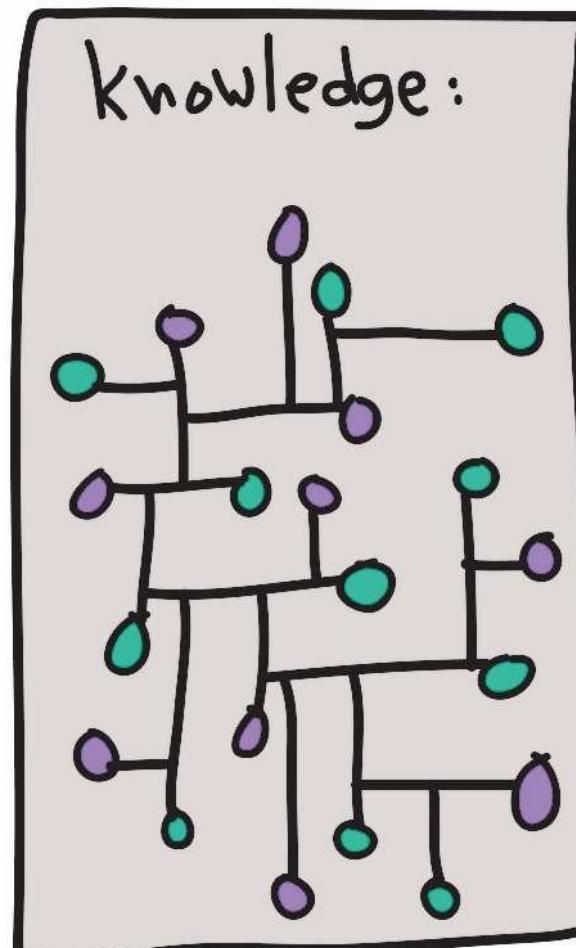


@bestqualitycrab

Diapositives disponibles à : [FIXME: LIEN-ICI](#)



@gapingvoid



@gapingvoid



Trevor James Smith

Spécialiste Plateformes climatiques,  
données et opérations

Sciences du climat et services  
climatiques

[smith.trevorj@ouranos.ca](mailto:smith.trevorj@ouranos.ca)

[ouranos.ca](http://ouranos.ca)

