

INTRODUCTION AU SYSTÈME CANADIEN D'ANALYSE DE PRÉCIPITATIONS (CAPA)

Dikra Khedhaouria
Franck Lespinas, Guy Roy, Dorothy Durnford
Vincent Fortin, Stéphane Bélair

Présentation 14 avril 2021 - Centreau



ORDRE DU JOUR

- Introduction au concept d'analyse
- Principes de l'analyse CaPA
- Le cas particulier de la réanalyse CaPA
- Les applications de CaPA
- L'emplacement des données CaPA



QU'EST-CE QU'UNE ANALYSE ?



CONCEPT GÉNÉRAL

Pour réaliser la prévision d'un système (p.ex. atmosphérique), il est nécessaire de connaître:

- les lois régissant l'évolution temporelle de ce système
- les conditions initiales caractérisant ce système



LES CONDITIONS INITIALES SONT IMPORTANTES

- Plus le système est complexe, plus les erreurs dans les conditions initiales impactent les prévisions (forte divergences de ces dernières)
- Un moyen de contrer ces impacts est de disposer de conditions initiales avec la plus grande précision possible

Dans le monde des prévisions numériques du temps (*Numerical Weather Prediction*), on parle d'analyse



LA CRÉATION D'UNE ANALYSE

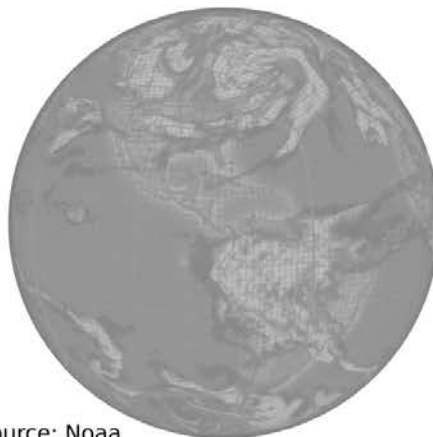


LA CRÉATION D'UNE ANALYSE



Source: WMO

+



Source: NOAA

Combinaison avec des prévisions effectuées dans le passé: champ d'essai

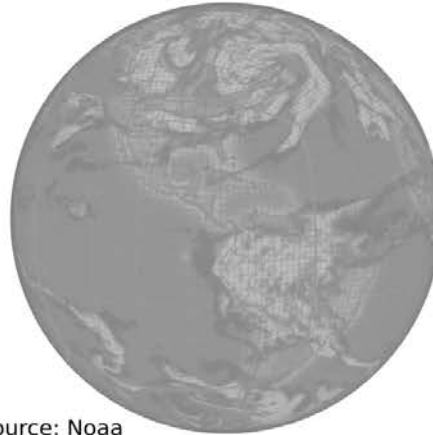


LA CRÉATION D'UNE ANALYSE

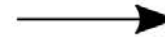


Source: WMO

+



Source: NOAA



Observations + champ d'essai = analyse
▸ On parle d'assimilation de données



L'ASSIMILATION DE DONNÉES: DOMAINE À PART ENTIÈRE

Plusieurs méthodes d'assimilations de données existent, chacune présente des défis mathématiques et numériques.

Parmi les plus connues, on peut citer:

- L'interpolation optimale
- Les filtres de Kalman
- Les approches variationnelles



L'ASSIMILATION DE DONNÉES: DOMAINE À PART ENTIÈRE

Plusieurs méthodes d'assimilations de données existent, chacune présente des défis mathématiques et numériques.

Parmi les plus connues, on peut citer:

- L'interpolation optimale
- Les filtres de Kalman
- Les approches variationnelles

Quelle est la spécificité de l'assimilation de données dans CaPA?



L'ASSIMILATION DE DONNÉES DANS CAPA



CAPA: L'INTERPOLATION OPTIMALE

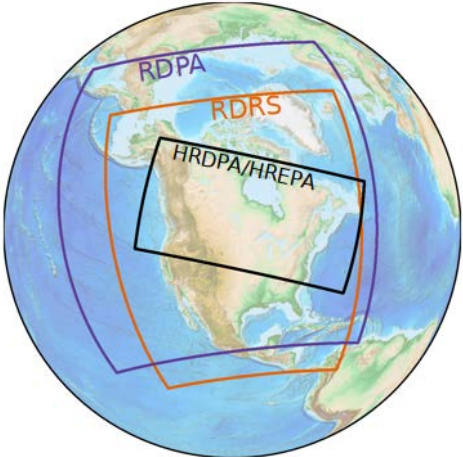
En chaque point de grille, l'analyse est donnée:

$$x_a^{(s)} = x_b^{(s)} + \mathbf{W}^T \cdot \left(y^{(v)} - x_b^{(v)} \right)$$

- x_a , x_b et y sont: l'analyse, le champ d'essai et les obs.
- s et v représentent le point de grille et son voisinage
- \mathbf{W}^T est le vecteur de poids estimé lors de l'interpolation optimale



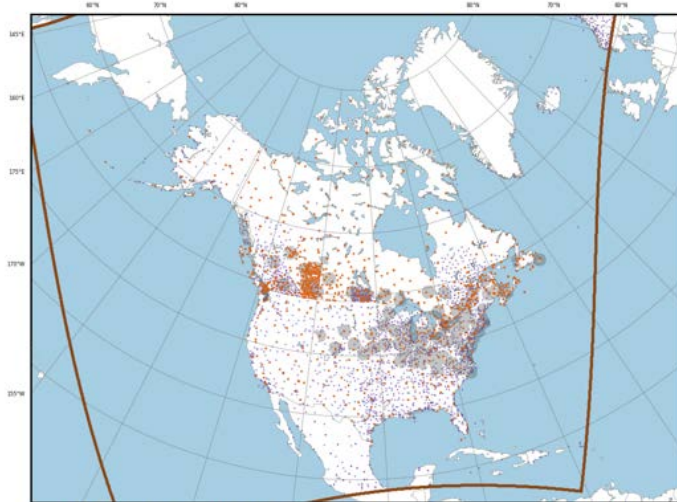
CAPA: LES DIFFÉRENTS PRODUITS



Produits	Résolution Δ_s	Résolution Δ_t	Disponibilité	Statut
RDPA	~ 10km	6h 24h	00, 06, 12 et 18UTC 06 et 12UTC	operationel
HRDPA	~ 2.5km	6h 24h	00, 06, 12 et 18UTC 06 et 12UTC	operationel
HREPA 24 membres	~ 2.5km	6h	00, 06, 12 et 18UTC	experimental



CAPA: DONNÉES ASSIMILÉES



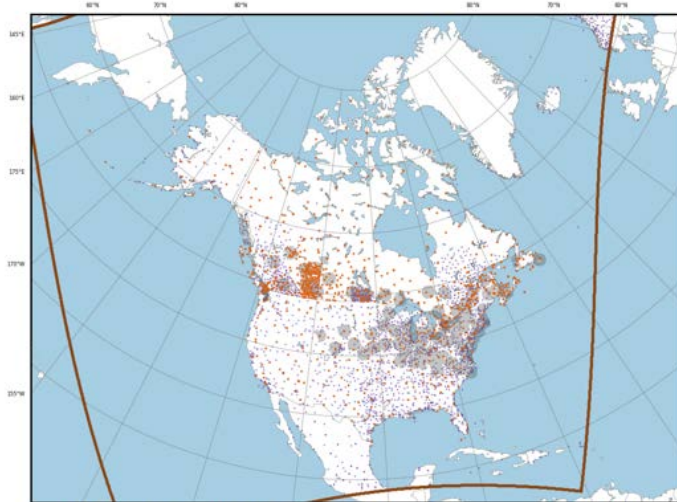
Valid assimilated data for ope. RDPA
(summer 2019)

- Les obs. de surface
- Les radars

RDPA/HRDPA/HREPA



CAPA: DONNÉES ASSIMILÉES

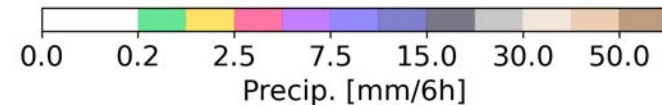
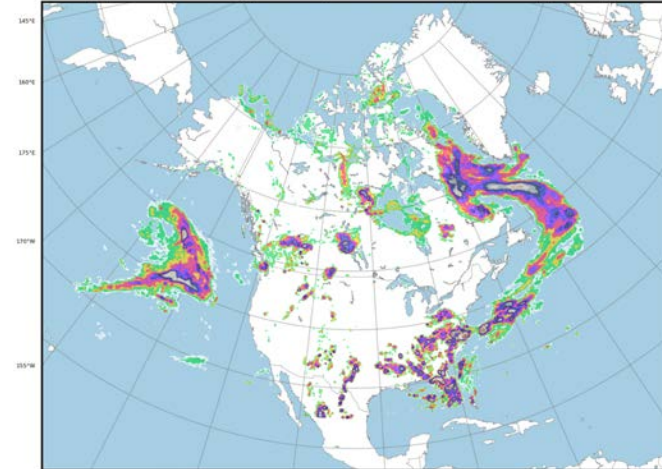


Valid assimilated data for op. RDPA
(summer 2019)

- Les obs. de surface
- Les radars

RDPA/HRDPA/HREPA

IMERG: Valid precipitation accumulation



- Satellites: IMERG (*early*)

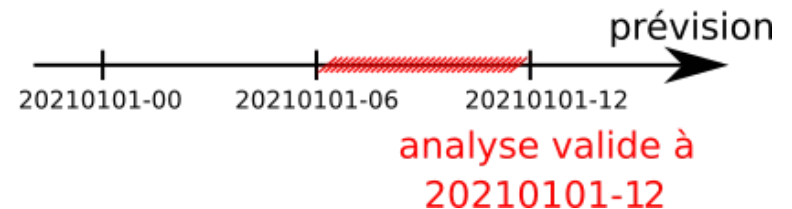
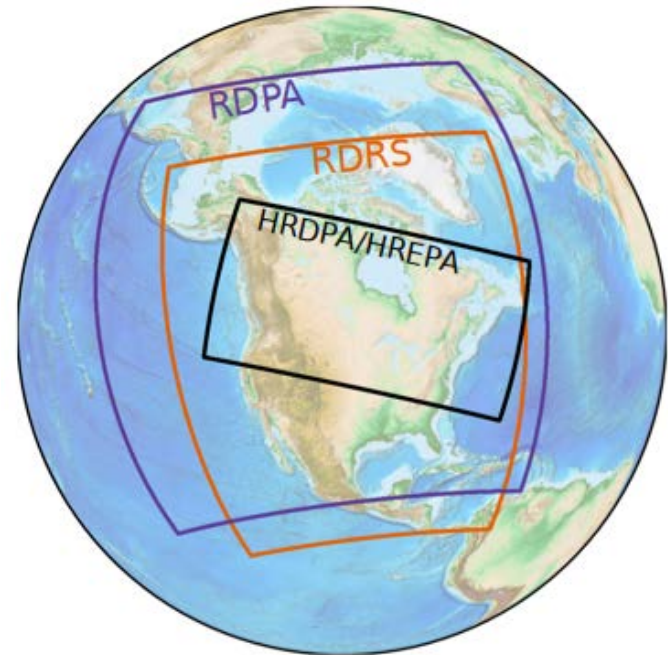
RDPA (à partir de l'été 2021)



CAPA: LE CHAMP D'ESSAI

Chaque produit CaPA a un champ d'essai donné par un système de prévision

- RDPS: RDPA
- HRDPS: HRDPA et HREPA
- RDRS: RDRA



CAPA: TRAITEMENT DE QUALITÉ DES DONNÉES

Obs. de surface (Lespinas et al. 2015)

→ Traitement de qualité spatial et temporel avant d'assimiler une station



CAPA: TRAITEMENT DE QUALITÉ DES DONNÉES

Obs. de surface (Lespinas et al. 2015)

→ Traitement de qualité spatial et temporel avant d'assimiler une station

Radars (Fortin et al. 2015)

- Application d'un masque de nuage (images satellites)
 - Suppression de portions de radars avec artefacts
- Correction de biais à l'aide de stations sous les radars



CAPA: TRAITEMENT DE QUALITÉ DES DONNÉES

Obs. de surface (Lespinas et al. 2015)

→ Traitement de qualité spatial et temporel avant d'assimiler une station

Radars (Fortin et al. 2015)

→ Application d'un masque de nuage (images satellites)

→ Suppression de portions de radars avec artefacts

→ Correction de biais à l'aide de stations sous les radars

IMERG

→ Correction de biais à l'aide des prévisions des champs d'humidité relative



CAPA: TRAITEMENT DE QUALITÉ DES DONNÉES

Obs. de surface (Lespinas et al. 2015)

- Traitement de qualité spatial et temporel avant d'assimiler une station

Radars (Fortin et al. 2015)

- Application d'un masque de nuage (images satellites)
 - Suppression de portions de radars avec artefacts
- Correction de biais à l'aide de stations sous les radars

IMERG

- Correction de biais à l'aide des prévisions des champs d'humidité relative

Cas particulier des precip. hivernales

- Beaucoup de stations sont rejetées (vents, type de stations), radars et données IMERG non assimilés
- Mais les prévisions hivernales (champs d'essai) sont de meilleure qualité qu'en été

LE CFIA: UN CHAMP COMPLÉMENTAIRE DE CAPA

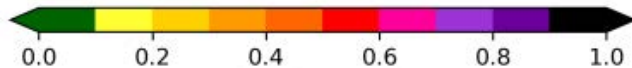
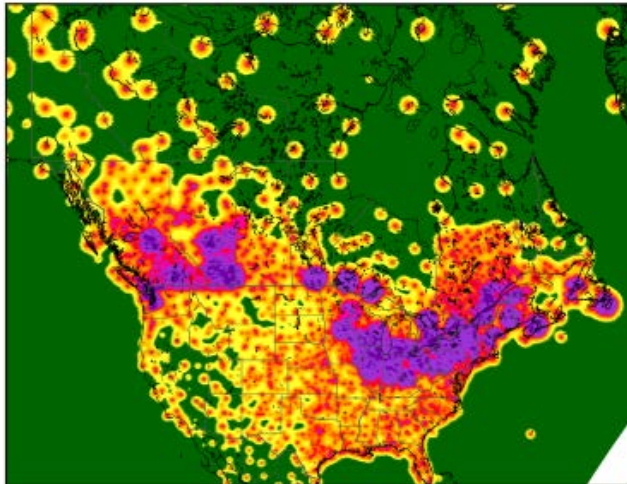
- CFIA (*Confidence index*): 1 moins le rapport des erreurs de l'analyse et du champ d'essai
- Le CFIA est estimé pour chaque point de grille et chaque temps valide de l'analyse
- $CFIA \in [0, 1]$; les valeurs proches de 1 indiquent un poids important des obs. assimilées



LE CFIA: UN CHAMP COMPLÉMENTAIRE DE CAPA

- CFIA (*Confidence index*): 1 moins le rapport des erreurs de l'analyse et du champ d'essai
- Le CFIA est estimé pour chaque point de grille et chaque temps valide de l'analyse
- $CFIA \in [0, 1]$; les valeurs proches de 1 indiquent un poids important des obs. assimilées

CFIA RDPA470 6h 20190701-20190901



CFIA (Average)

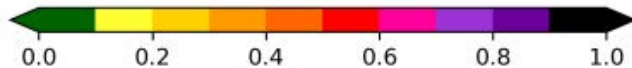
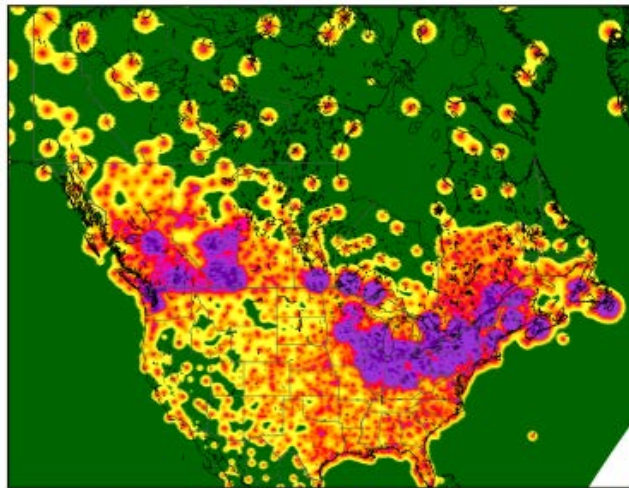
Image: Franck Lespinas

stations et radars

LE CFIA: UN CHAMP COMPLÉMENTAIRE DE CAPA

- CFIA (*Confidence index*): 1 moins le rapport des erreurs de l'analyse et du champ d'essai
- Le CFIA est estimé pour chaque point de grille et chaque temps valide de l'analyse
- $CFIA \in [0, 1]$; les valeurs proches de 1 indiquent un poids important des obs. assimilées

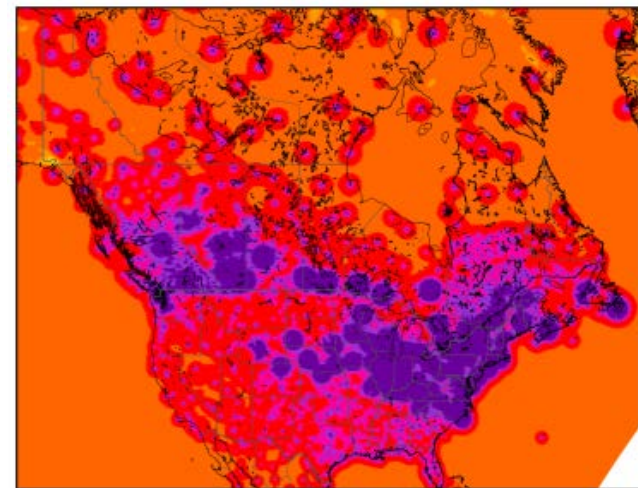
CFIA RDPA470 6h 20190701-20190901



CFIA (Average)

Image: Franck Lespinas

CFIA RDPA500 6h 20190701-20190901



CFIA (Average)

stations et radars

stations, radars et IMERG

LA RÉANALYSE CAPA



LES RÉANALYSES

Concept général

- Travail d'analyse refait pour le climat passé avec l'avantage
 - 1) d'utiliser un seul et même système de prévision
 - 2) éventuellement assimiler plus d'observations



LES RÉANALYSES

Concept général

- Travail d'analyse refait pour le climat passé avec l'avantage
 - 1) d'utiliser un seul et même système de prévision
 - 2) éventuellement assimiler plus d'observations

Myriade de réanalyses existantes

- ERA5 pour le centre européen (ECMWF)
- CFSR ou NARR pour les USA (NCEP)
- CRA40 pour la Chine (CMA)
- ...



LA RÉANALYSE AU CPMEC (CENTRE DE PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DU CANADA)

- Système conçu pour supporter la modélisation hydrologique et de surface
 - Pas d'assimilation atmosphérique
 - Couplage entre le système d'assimilation de surface & de prévision atm.
 - Une analyse de précipitations *offline* qui assimile plus d'observations
- ↔ avantage par rapport aux autres réanalyses



LA RÉANALYSE AU CPMEC (CENTRE DE PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DU CANADA)

- Système conçu pour supporter la modélisation hydrologique et de surface
 - Pas d'assimilation atmosphérique
 - Couplage entre le système d'assimilation de surface & de prévision atm.
 - Une analyse de précipitations *offline* qui assimile plus d'observations
- ↔ avantage par rapport aux autres réanalyses

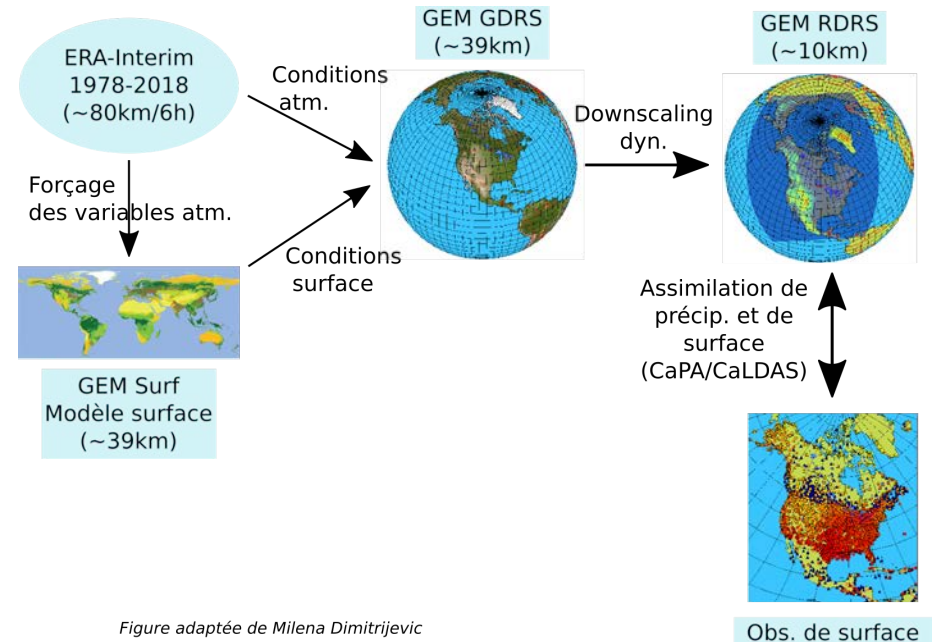


Figure adaptée de Milena Dimitrijevic



LES APPLICATIONS DE CAPA



CAPA: AU CPMEC (CENTRE DE PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DU CANADA)

À l'heure actuelle

- une ancienne version de CaPA alimente CaLDAS (*Canadian Land Data Assimilation System*)
- CaLDAS fournit à son tour des analyses de champs de surface (p.ex. le ruissellement pour l'hydrologie, l'humidité pour l'atmosphère)



CAPA: AU CPMEC (CENTRE DE PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DU CANADA)

À l'heure actuelle

- une ancienne version de CaPA alimente CaLDAS (*Canadian Land Data Assimilation System*)
- CaLDAS fournit à son tour des analyses de champs de surface (p.ex. le ruissellement pour l'hydrologie, l'humidité pour l'atmosphère)

À partir de l'été 2021

- un système intégré va permettre à CaLDAS de bénéficier de la version de CaPA (HREPA) la plus à jour (radars et plus de stations)
- Plusieurs systèmes d'analyses et de prévisions en aval vont pouvoir en bénéficier (p.ex., l'hydrologie, le système hydrodynamique)



CAPA: À L'EXTÉRIEUR DU CPMEC

Une revue de littérature de Fortin et al. (2018) donne un très bon aperçu de l'utilisation de CaPA depuis ses débuts



CAPA: À L'EXTÉRIEUR DU CPMEC

Une revue de littérature de Fortin et al. (2018) donne un très bon aperçu de l'utilisation de CaPA depuis ses débuts

Études avec des applications dans divers domaines:

→ Hydrométéorologie

→ Hydrologie

→ Analyses de surface et prévisions atmosphériques



CAPA: À L'EXTÉRIEUR DU CPMEC

Une revue de littérature de Fortin et al. (2018) donne un très bon aperçu de l'utilisation de CaPA depuis ses débuts

Études avec des applications dans divers domaines:

→ Hydrométéorologie

→ Hydrologie

→ Analyses de surface et prévisions atmosphériques

CaPA est soit utilisé comme proxy de la réalité soit considéré comme un jeu de données à évaluer (voir Tableau 1 dans Fortin et al. 2018)



CAPA: À L'EXTÉRIEUR DU CPMEC

Une revue de littérature de Fortin et al. (2018) donne un très bon aperçu de l'utilisation de CaPA depuis ses débuts

Études avec des applications dans divers domaines:

→ Hydrométéorologie

→ Hydrologie

→ Analyses de surface et prévisions atmosphériques

CaPA est soit utilisé comme proxy de la réalité soit considéré comme un jeu de données à évaluer (voir Tableau 1 dans Fortin et al. 2018)

Avantages

- Données continues dans le temps et l'espace sur le domaine Nord Américain
- Valeurs ajoutées de la zone couverte par les

Limitations

- Zones montagneuses



CAPA: PROJETS DE RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT



LISTE NON EXHAUSTIVE DES DIVERS PROJETS RELIÉS À CAPA

Utilisation des prévisions ensemblistes régionales dans la méthode d'assimilation

→ **Objectif** : Méthode hybride entre interpolation optimale et filtres de Kalman d'ensemble pour mieux estimer les erreurs des champs d'essai



LISTE NON EXHAUSTIVE DES DIVERS PROJETS RELIÉS À CAPA

Utilisation des prévisions ensemblistes régionales dans la méthode d'assimilation

→ **Objectif** : Méthode hybride entre interpolation optimale et filtres de Kalman d'ensemble pour mieux estimer les erreurs des champs d'essai

Projet d'assimilation des précipitations solides

→ **Objectif** : Avoir plus de données assimilées durant la période hivernale



LISTE NON EXHAUSTIVE DES DIVERS PROJETS RELIÉS À CAPA

Utilisation des prévisions ensemblistes régionales dans la méthode d'assimilation

→ **Objectif** : Méthode hybride entre interpolation optimale et filtres de Kalman d'ensemble pour mieux estimer les erreurs des champs d'essai

Projet d'assimilation des précipitations solides

→ **Objectif** : Avoir plus de données assimilées durant la période hivernale

CaPA global

→ **Objectif** : Générer une analyse globale à l'aide de l'approche hybride, utile pour CaLDAS (entre autres)



LISTE NON EXHAUSTIVE DES DIVERS PROJETS RELIÉS À CAPA

Utilisation des prévisions ensemblistes régionales dans la méthode d'assimilation

→ **Objectif** : Méthode hybride entre interpolation optimale et filtres de Kalman d'ensemble pour mieux estimer les erreurs des champs d'essai

Projet d'assimilation des précipitations solides

→ **Objectif** : Avoir plus de données assimilées durant la période hivernale

CaPA global

→ **Objectif** : Générer une analyse globale à l'aide de l'approche hybride, utile pour CaLDAS (entre autres)

Ajout de nouveaux réseaux d'observations de surfaces ainsi que de nouveaux radars au Canada et aux USA

LES MOYENS D'ACCÈS À CAPA



Visualiser des données

[https://climate-viewer.canada.ca/climate-maps.html#/?](https://climate-viewer.canada.ca/climate-maps.html#/?v=rdpa24&d=capa&cp=-95.80098000546008,59.67409464609375&z=2&ts=1618228800000)

[v=rdpa24&d=capa&cp=-95.80098000546008,59.67409464609375&z=2&ts=1618228800000](https://climate-viewer.canada.ca/climate-maps.html#/?v=rdpa24&d=capa&cp=-95.80098000546008,59.67409464609375&z=2&ts=1618228800000)

Disponibilité: dernières 24h

Datamart

<https://collaboration.cmc.ec.gc.ca/science/outgoing/capa.grib>

Fichiers grib2 - Disponibilité: Avril 2011 - aujourd'hui

Extraction par sous-domaine

<https://changements-climatiques.canada.ca/donnees-climatiques/#/analyse-regionale-deterministe-precipitation>

Fichiers netCDF - Disponibilité: 2012 - aujourd'hui

Données ouvertes depuis github

https://eccc-msc.github.io/open-data/msc-data/readme_fr/

Fichiers grib2/couches GIS - Disponibilité: derniers 30 jours

CasPar

<https://caspar-data.ca/>

Fichiers netCDF - dépend des jeux de données

⚠ nécessite un compte [globus ID](#)



RÉFÉRENCES

Traitement de qualité des obs.

▸ Lespinas, F., Fortin, V., Roy, G., Rasmussen, P., & Stadnyk, T. (2015). Performance evaluation of the Canadian Precipitation Analysis (CaPA). *Journal of Hydrometeorology*, 16(5), 2045-2064.

Assimilation des radars

▸ Fortin, V., Roy, G., Donaldson, N., & Mahidjiba, A. (2015). Assimilation of radar quantitative precipitation estimations in the Canadian Precipitation Analysis (CaPA). *Journal of Hydrology*, 531, 296-307.

Assimilation des satellites (Δ méthodologie actuelle différente)

▸ Boluwade, A., Stadnyk, T., Fortin, V., & Roy, G. (2017). Assimilation of precipitation estimates from the integrated multisatellite retrievals for GPM (IMERG, early run) in the Canadian Precipitation Analysis (CaPA). *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 14, 10-22.

Revue de littérature sur CaPA

▸ Fortin, V., Roy, G., Stadnyk, T., Koenig, K., Gasset, N., & Mahidjiba, A. (2018). Ten years of science based on the Canadian precipitation analysis: A CaPA system overview and literature review. *Atmosphere-Ocean*, 56(3), 178-196.

CaPA ensembliste

▸ Khedhaouria, D., Bélair, S., Fortin, V., Roy, G., & Lespinas, F. (2020). High-Resolution (2.5 km) Ensemble Precipitation Analysis across Canada. *Journal of Hydrometeorology*, 21(9), 2023-2039.

CaPA réanalyse

▸ Gasset, N., Fortin, V. et al. (2021). A 10 km North American Precipitation and Land Surface Reanalysis Based on the GEM Atmospheric Model. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 1-50.

