

# Impact des incertitudes des conditions de surface dans le système d'ensemble régional

Christophe '*Armngro*' Lavaysse  
Marco Carrera, Stéphane Bélair, Normand Gagnon, Ronald Frénette,  
Martin Charron et Peter Yau

McGill University - Environnement Canada

Séminaire CMC - 18 mars 2011

# Les conditions de surfaces

Importantes sources d'incertitudes :

- Manque d'observations
- Représentativité des observations
- Grande variabilité spatio-temporelle  
→ Sensibilité aux évènements antérieurs

# Les conditions de surfaces

Importantes sources d'incertitudes :

- Manque d'observations
- Représentativité des observations
- Grande variabilité spatio-temporelle  
→ Sensibilité aux évènements antérieurs

Impacts sur les variables atmosphériques

- Albedo → température  
*Morcrette et al. (2008)*
- Humidité des sols → précipitations  
*Kostner et al. (2004)*
- Indice de végétation → dynamique de mousson  
*Li et al. (2007)*

# Les conditions de surfaces

Importantes sources d'incertitudes :

- Manque d'observations
- Représentativité des observations
- Grande variabilité spatio-temporelle  
→ Sensibilité aux évènements antérieurs

Impacts sur les variables atmosphériques

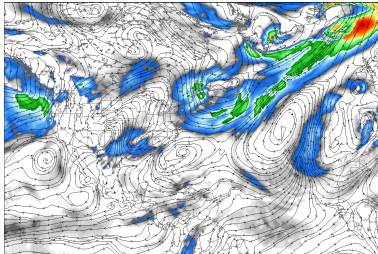
- Albedo → température  
*Morcrette et al. (2008)*
- Humidité des sols → précipitations  
*Kostner et al. (2004)*
- Indice de végétation → dynamique de mousson  
*Li et al. (2007)*

⇒ Pas pris en compte dans les modèles probabilistes



# Intérêt d'une prévision probabiliste

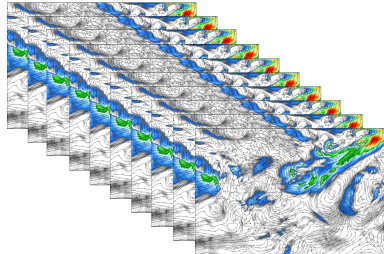
Prévision déterministe  
1 seul réalisation



Résolution

Prévision probabiliste  
n réalisations

- Cond. initiales et aux frontières
- Perturbations de la physique

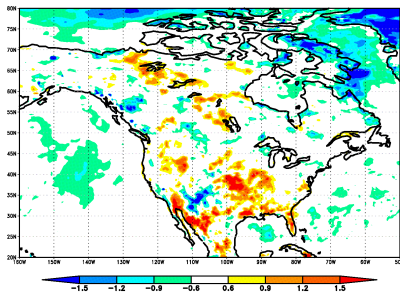


Sensibilité et incertitude

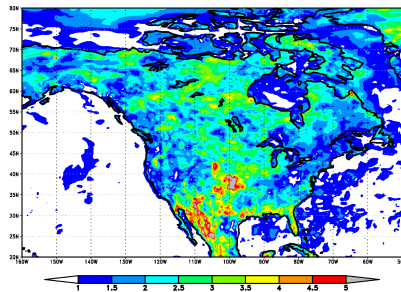
# Scores du modèle Canadien

Température à 2m

biais



écart quadratique

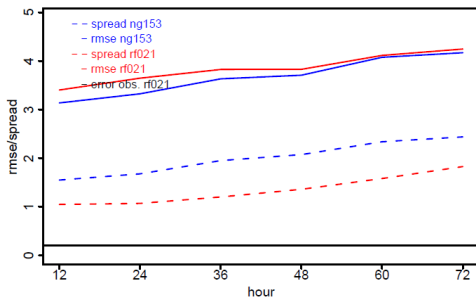


- Biais dans les basses couches

# Scores du modèle Canadien

Spread de la température à 2m (gracieuseté R. Frenette)

Air temperature



- REPS est sous-dispersif

# Objectif de l'étude

## Recherche

- 1 compréhension des interactions surface-atmosphère dans le modèle GEM

## Contexte opérationnel

- 1 prendre en compte les incertitudes de la surface
- 2 améliorer la qualité des simulations
  - biais des variables de surfaces, nébulosité, précipitations
  - augmenter la dispersion des membres

# Objectif de l'étude

- 1 Objectif de l'étude
- 2 Outils et méthodologies
  - le Système d'ensemble
  - Méthodologie
- 3 Résultats
  - Expériences de sensibilité
  - Apport de la surface dans le REPS
  - Le chaos vu par le GEM
- 4 Perspectives

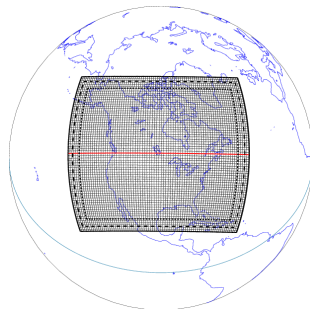
# Le système d'ensemble régional (REPS)

## Configuration

- 20 membres
- Résolution horizontale 33km
- 28 niveaux de pression
- Même paramétrisation sous-grille que GEM global déterministe
- Surface : ISBA (Bélaïr et al. 2003)
- Convection : Kain-Fritsch

## Intégration des Pilotes

## Perturbations du LAM

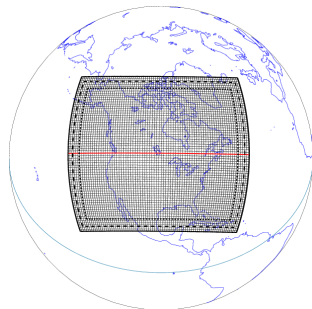


# Le système d'ensemble régional (REPS)

## Configuration

## Intégration des Pilotes

- Conditions initiales issues du système d'assimilation d'ensemble global (96 membres, filtre de Kalman)
- Conditions aux frontières issues du système d'ensemble global (20 membres, GEPS)
- Différents paramètres et paramétrisations (un seul noyau dynamique)
- Perturbations tendance de la physique et diffusion d'énergie cinétique (SKEB)



## Perturbations du LAM

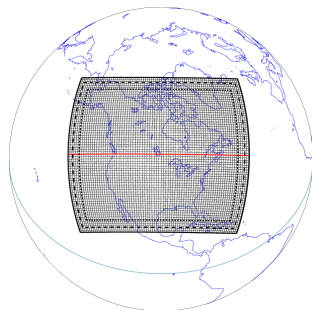
# Le système d'ensemble régional (REPS)

## Configuration

## Intégration des Pilotes

## Perturbations du LAM

- Perturbations stochastiques de la tendance de la physique
- Conditions aux frontières mises à jour toutes les 3h





# Identification des paramètres et des variables

## 8 paramètres de surface

	type	Intensité	Limites
Fraction végétale (K1)	*	0.2 ; 1.8	[0 ; 1]
Indice foliaire (J4)	*	0.2 ; 1.8	[0 ; +∞[
Albedo (AL)	*	0.5 ; 1.5	[0 ; 1]
Rugosité (Z0)	*	0.2 ; 1.8	∅
Masque Terre-Mer (MG)	+	-0.05 ; +0.05	[0 ; 1]
SST (TM)	+	-1.5 ; +1.5	∅
fract. glace mer (GL)	*	0.5 ; 1.5	[0 ; 1]
épais. glace mer (I8)	*	0.8 ; 1.2	[0 ; +∞[

# Identification des paramètres et des variables

## 2 variables prognostiques

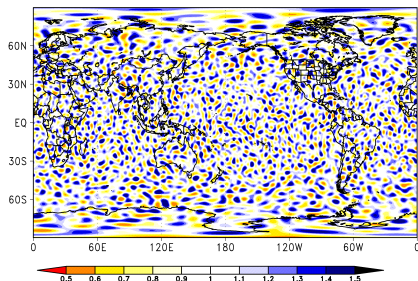
	Couche *	type	Intensité	Limites
Humidité des sols (I1)	Sup.	+	-0.06 ; +0.06	[0 ; 1]
	Rac.	+	-0.04 ; +0.04	[0 ; 1]
Température des sols (I0)	Sup.	+	-6 ; 6	∅
	Rac.	+	-2 ; 2	∅

\* Utilisation de patrons de perturbations identiques, seules les intensités diffèrent.

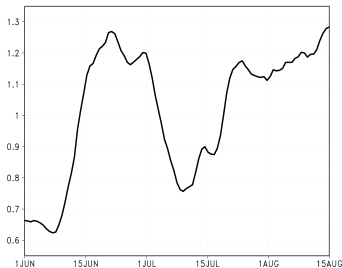
# Perturbations par des chaînes de Markov

Fonction aléatoire  $f$  (latitude, longitude, temps) (Charron et al. 2010)

$$f(\lambda, \phi, t) = \mu + \sum_{l=Lmin}^{Lmax} \sum_{m=1}^l a_{l,m}(t) Y_{l,m}(\lambda, \phi)$$



Longueur d'onde régionale  
500-1000 km



Temps de décorrelation  
5 jours

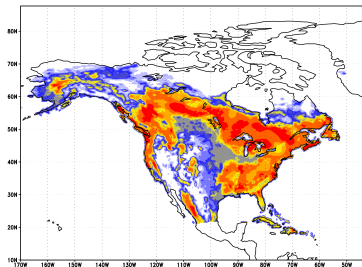
# Configuration expérimentale

- 20 jours (entre juin et août 2009)
- Initialisation à 00Z
- Prévision à court terme (48h)

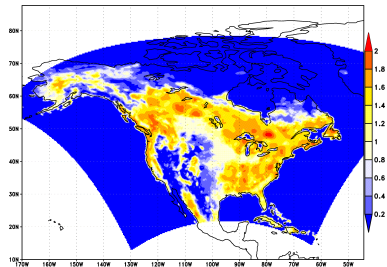
	Surface	Atmosphère	Grande échelle
Paramètre	8 para. indep.		
Variable	itemp. / humidité		
Version pré-op		✓	✓
Grande échelle			✓
Physique		✓	
Version test	✓	✓	✓

# Perturbations vus par le modèle - L'indice foliaire

Indice moyen :

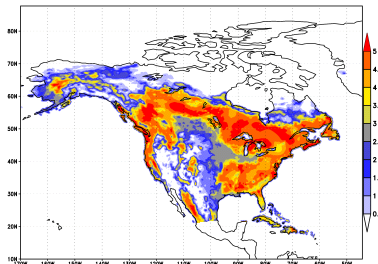


Ecart type moyen :

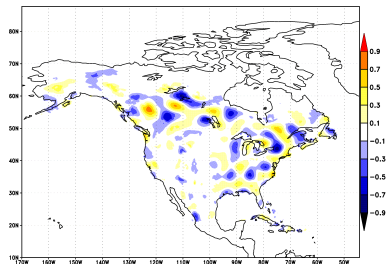


# Perturbations vus par le modèle - L'indice foliaire

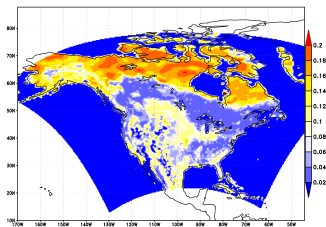
Indice moyen :



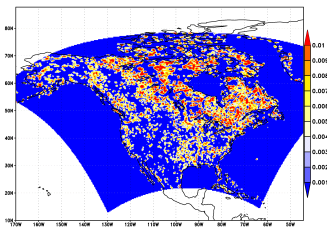
Biais :



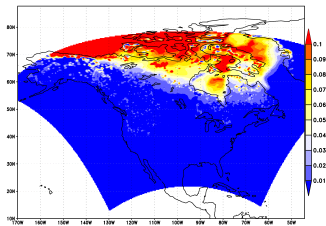
# Perturbations vus par le modèle



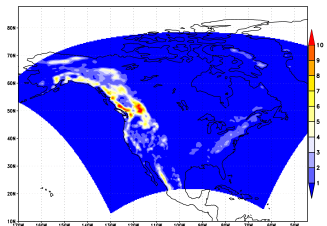
Fraction végétale



Masque T-M



Sea Ice thickness



Rugosité

# Expériences de sensibilité - Paramètres et variables

Résultat après 48h de simulation en terme de :

- Dispersion moyenne des membres (20 jours \* 20 membres)
- Biais relatif entre la moyenne de l'ensemble, et la simulation de reference

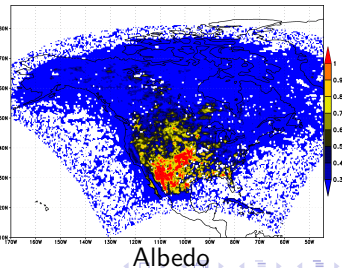
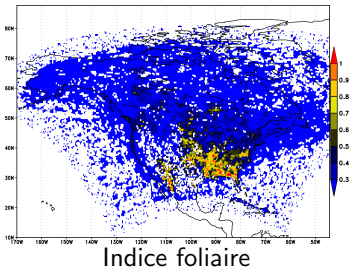
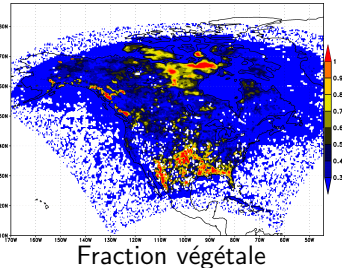
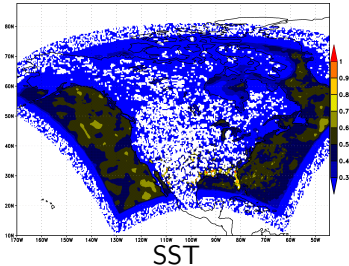
Pour les variables :

- Température
- Vitesse du vent
- Précipitations
- Nébulosité

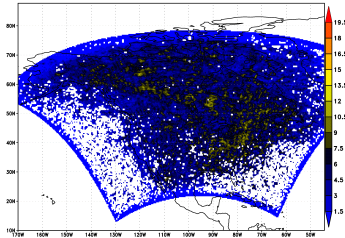
Présentation des paramètres les plus significatifs



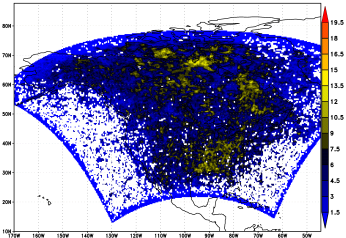
# Impact sur l'écart type de la température



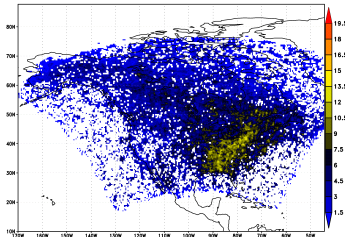
# Impact sur l'écart type de la nébulosité



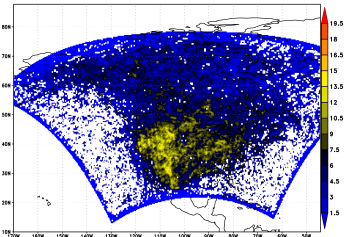
Rugosité



Fraction végétale

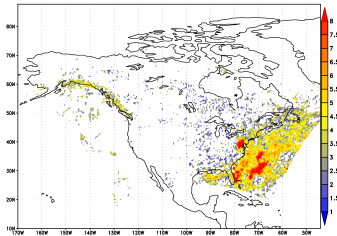


Indice foliaire

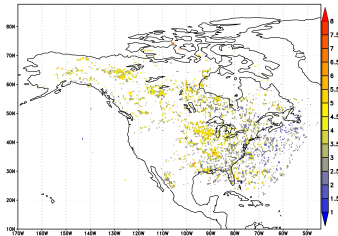


Albedo

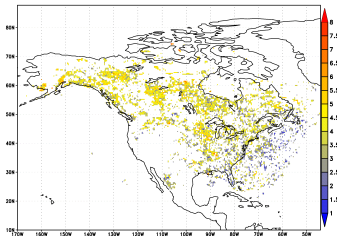
# Impact sur l'écart type des précipitations



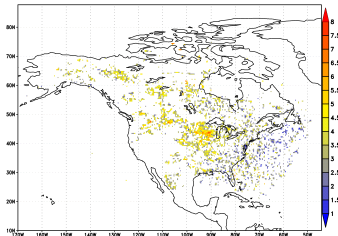
SST



Fraction végétale

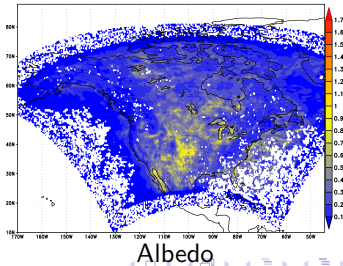
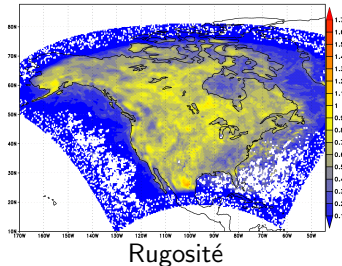
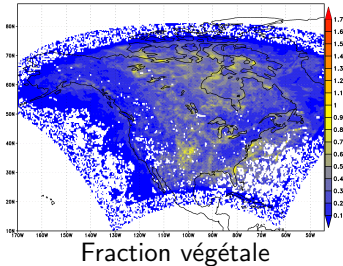
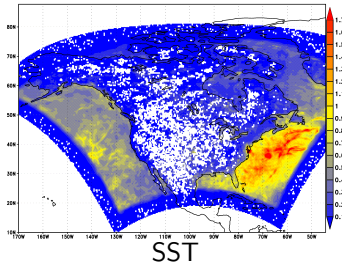


Rugosité

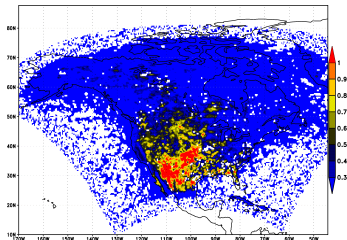


Albedo

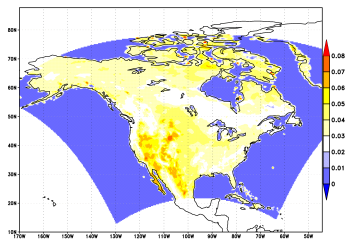
# Impact sur l'écart type de la vitesse du vent



# Sensibilité aux perturbations initiales et à la convection

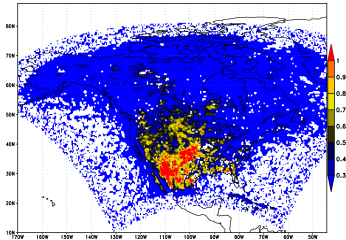


Albedo

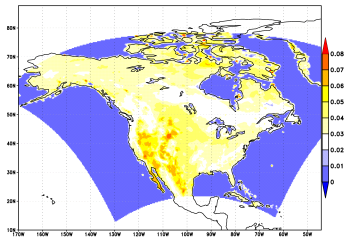


Perturbations initiales

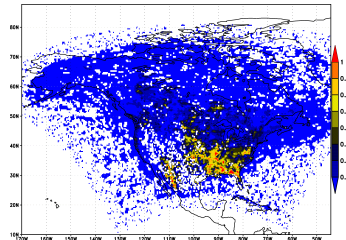
# Sensibilité aux perturbations initiales et à la convection



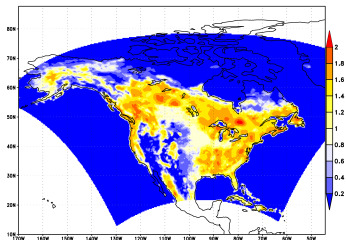
Albedo



Perturbations initiales

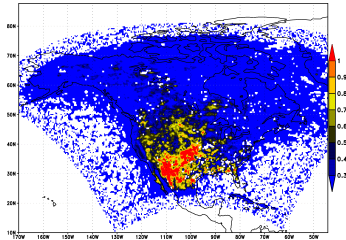


Indice foliaire

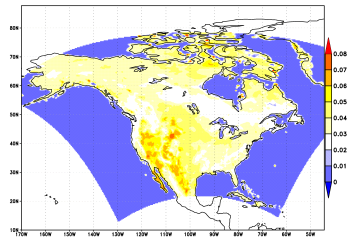


Perturbations initiales

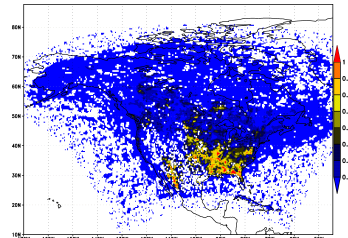
# Sensibilité aux perturbations initiales et à la convection



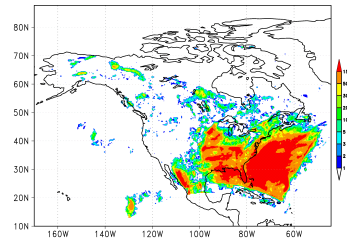
Albedo



Perturbations initiales

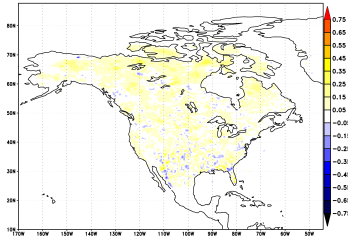


Indice foliaire

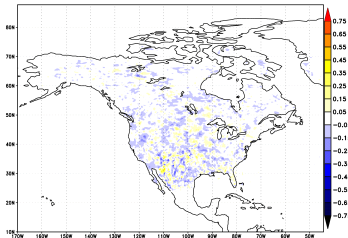


Cumul des précipitations

# Biais de température @48h / référence



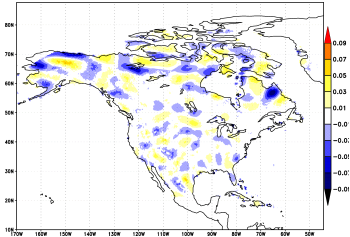
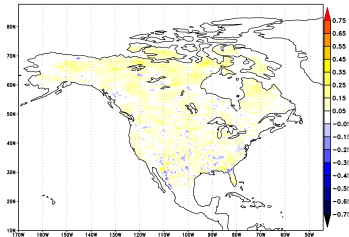
Fraction de végétation



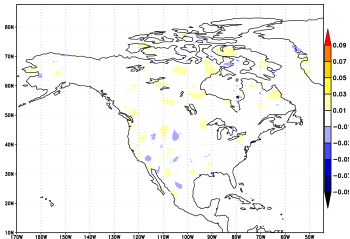
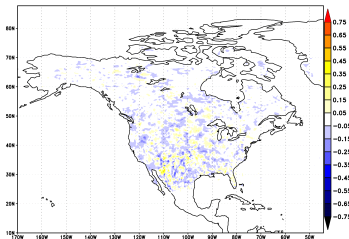
Albedo



# Biais de température @48h / référence

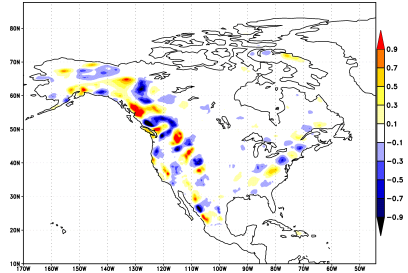
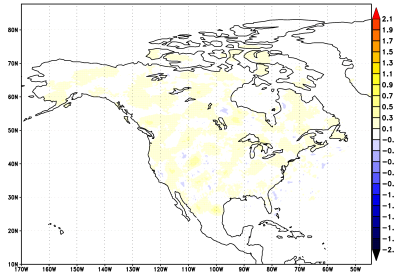


Fraction de végétation



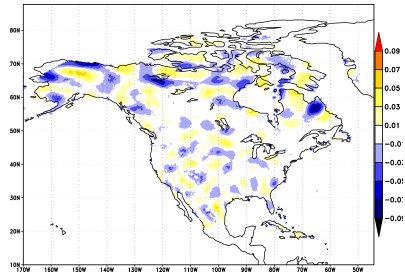
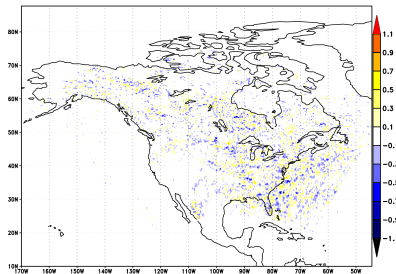
Albedo

# Biais de vent @ 48h / référence



Rugosité

# Biais de précipitations @ 48h / référence

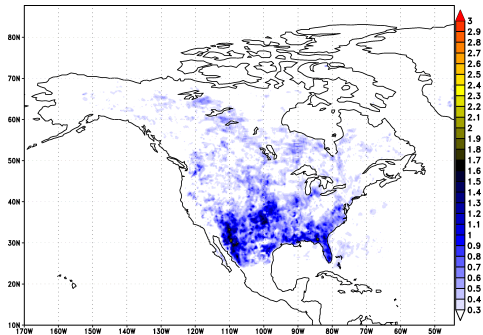


Fraction de végétation

# Impact de la perturbation des variables

## Température de la surface

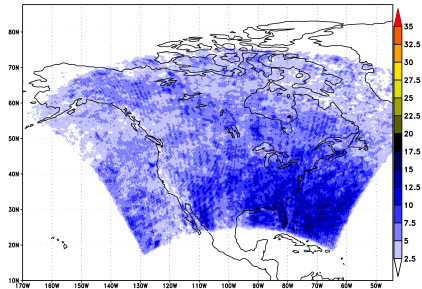
- Impact T2m au sud des USA
- Sans biais significatif



# Impact de la perturbation des variables

## Température de la surface

- Impact T2m au sud des USA
- Sans biais significatif
- Nébulosité et précipitation, même région

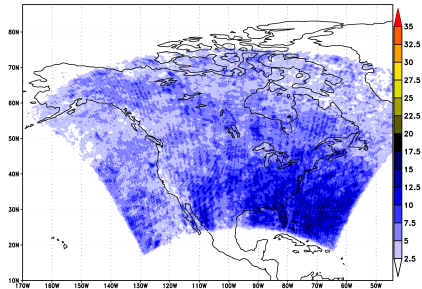


# Impact de la perturbation des variables

## Température de la surface

- Impact T2m au sud des USA
- Sans biais significatif
- Nébulosité et précipitation, même région

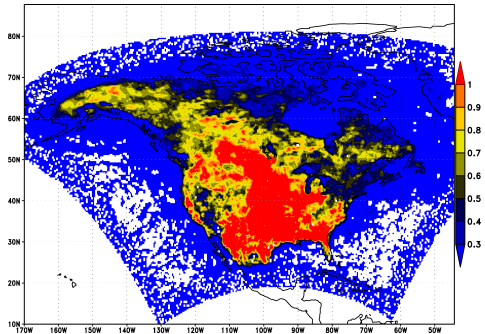
→ peu d'impact @ 48h



# Impact de la perturbation des variables

## Humidité du sol

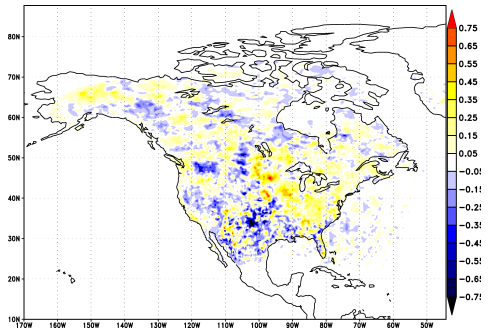
- Température : Impact le plus fort,
- En accord avec Koster et al. (2004)



# Impact de la perturbation des variables

## Humidité du sol

- Température : Impact le plus fort,
- En accord avec Koster et al. (2004)
- Structuration spatiale du biais

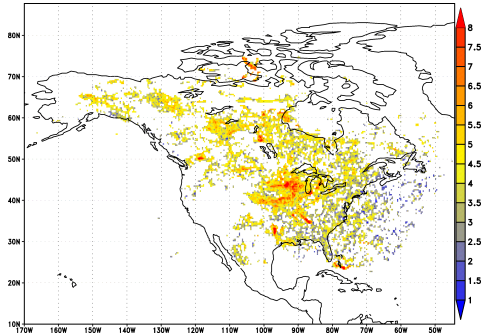




# Impact de la perturbation des variables

## Humidité du sol

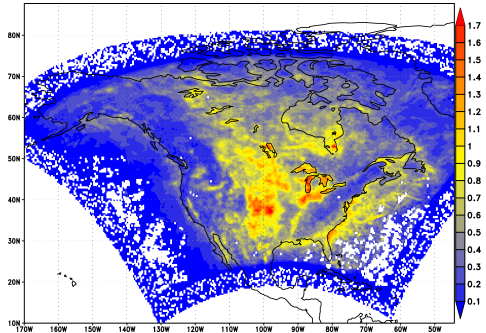
- Température : Impact le plus fort,
- En accord avec Koster et al. (2004)
- Structuration spatiale du biais
- Impact sur les précipitations



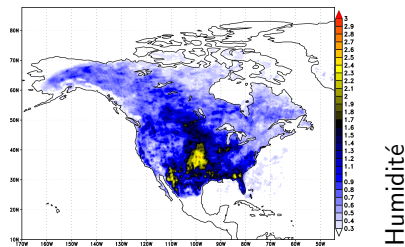
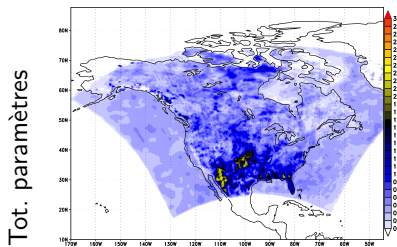
# Impact de la perturbation des variables

## Humidité du sol

- Température : Impact le plus fort,
- En accord avec Koster et al. (2004)
- Structuration spatiale du biais
- Impact sur les précipitations
- Impact sur le champ de vent

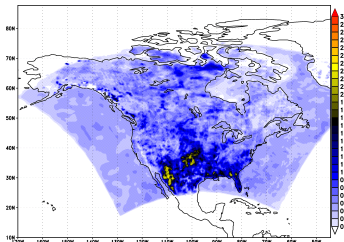


# Intercomparaison avec les perturbations de l'atmosphère

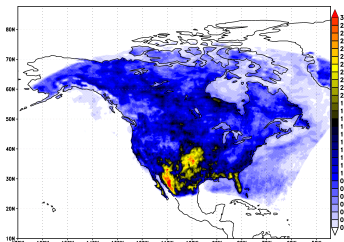


# Intercomparaison avec les perturbations de l'atmosphère

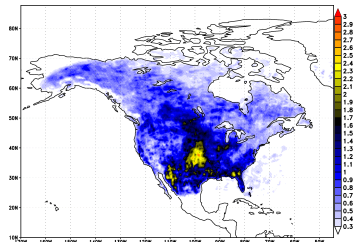
Tot. paramètres



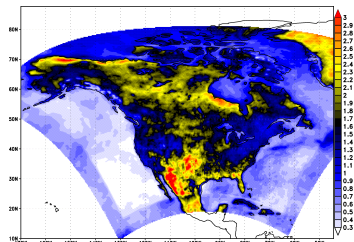
Tend. physique



Humidité

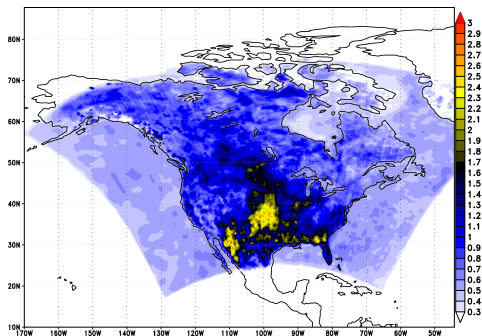


Grande échelle



# Evolution temporelle des impacts sur les températures

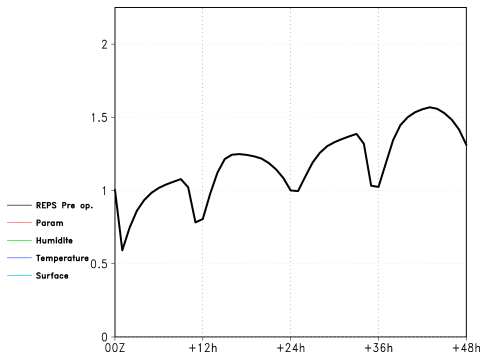
- sélection de sous régions



# Evolution temporelle des impacts sur les températures

- sélection de sous régions
- cycle diurne du modèle

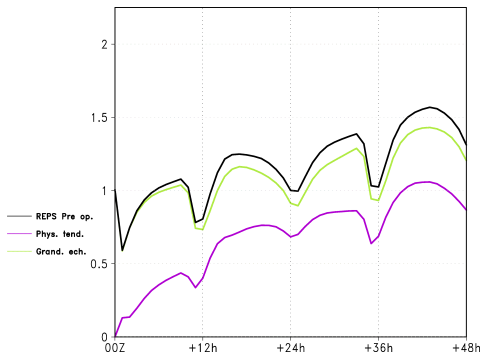
Région sud QC- Ont



# Evolution temporelle des impacts sur les températures

- sélection de sous régions
- cycle diurne du modèle
- décomposition suivant l'origine grande échelle / perturbation de la tendance de la physique

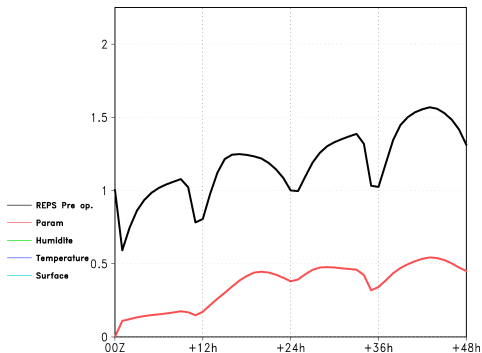
Région sud QC- Ont



# Evolution temporelle des impacts sur les températures

- sélection de sous régions
- cycle diurne du modèle
- décomposition suivant l'origine grande échelle / perturbation de la tendance de la physique
- **Paramètres**
- Humidité des sols
- Température
- Surface

Région sud QC- Ont

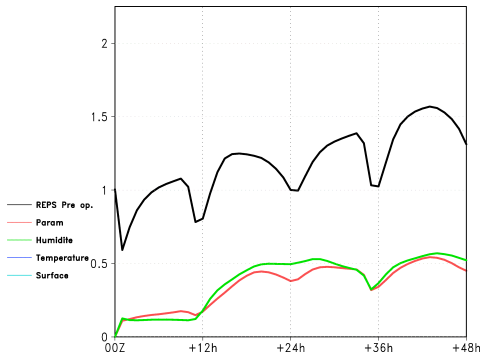




# Evolution temporelle des impacts sur les températures

- sélection de sous régions
- cycle diurne du modèle
- décomposition suivant l'origine grande échelle / perturbation de la tendance de la physique
- Paramètres
- **Humidité des sols**
- Température
- Surface

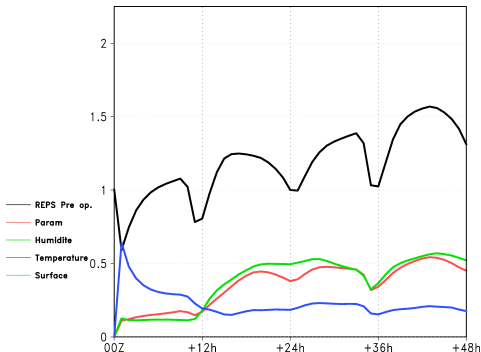
Région sud QC- Ont



# Evolution temporelle des impacts sur les températures

- sélection de sous régions
- cycle diurne du modèle
- décomposition suivant l'origine grande échelle / perturbation de la tendance de la physique
- Paramètres
- Humidité des sols
- **Température**
- Surface

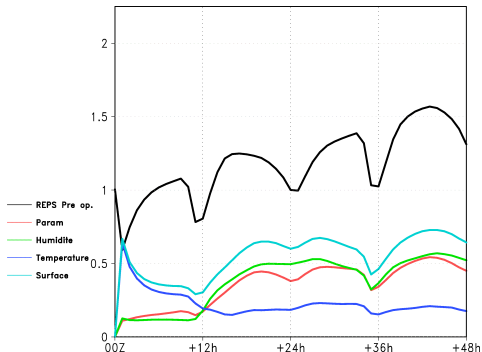
Région sud QC- Ont



# Evolution temporelle des impacts sur les températures

- sélection de sous régions
- cycle diurne du modèle
- décomposition suivant l'origine grande échelle / perturbation de la tendance de la physique
- Paramètres
- Humidité des sols
- Température
- Surface

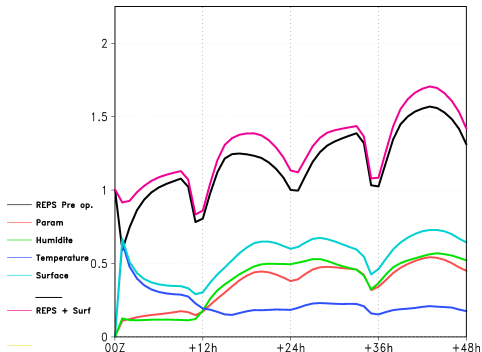
Région sud QC- Ont



# Evolution temporelle des impacts sur les températures

- sélection de sous régions
- cycle diurne du modèle
- décomposition suivant l'origine grande échelle / perturbation de la tendance de la physique
- Paramètres
- Humidité des sols
- Température
- Surface
- **Apport réel des perturbations de la surface**

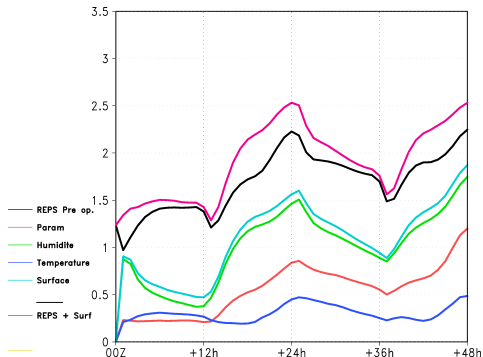
Région sud QC- Ont



# Evolution temporelle des impacts sur les températures

- sélection de sous régions
- cycle diurne du modèle
- décomposition suivant l'origine grande échelle / perturbation de la tendance de la physique
- Paramètres
- Humidité des sols
- Température
- Surface
- Apport réel des perturbations de la surface

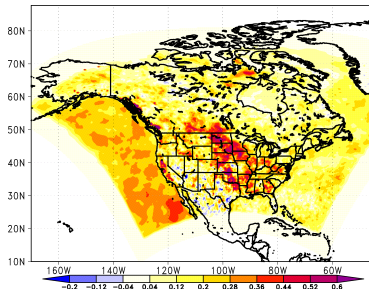
## Région sud USA



# Apports réels des perturbations de surface

## Température

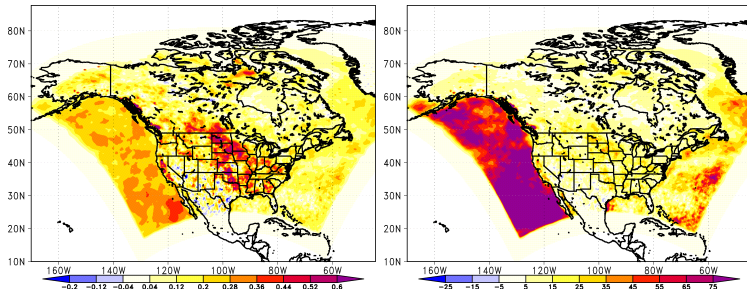
- jusqu'à  $+0.75^{\circ}$  dans les grandes plaines
- équivalent de  $+30\%$  sur le centre du continent



# Apports réels des perturbations de surface

## Température

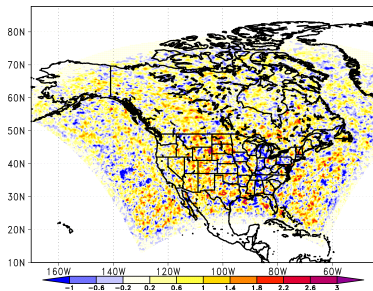
- jusqu'à  $+0.75^\circ$  dans les grandes plaines
- équivalent de  $+30\%$  sur le centre du continent



# Apports réels des perturbations de surface

## Nébulosité et précipitations

- impact contrasté pour la nébulosité
- évolution des précipitations peu significative (manque de cas)

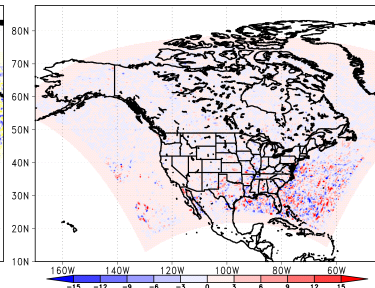
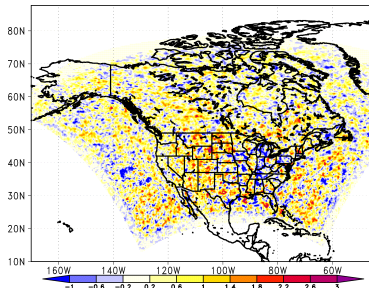




# Apports réels des perturbations de surface

## Nébulosité et précipitations

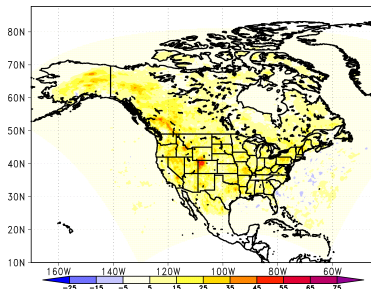
- impact contrasté pour la nébulosité
- évolution des précipitations peu significative (manque de cas)



# Apports réels des perturbations de surface

## Vent

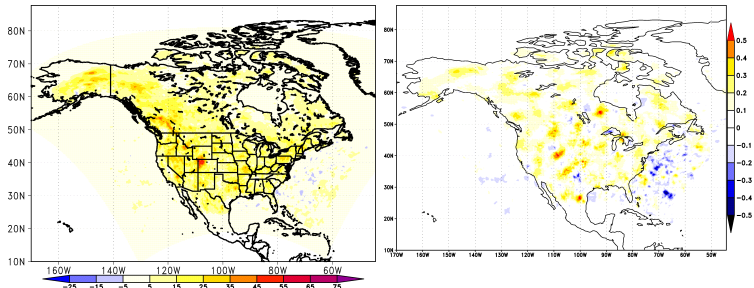
- influence de la perturbation de la rugosité
- sensibilité aux biais de la rugosité



# Apports réels des perturbations de surface

## Vent

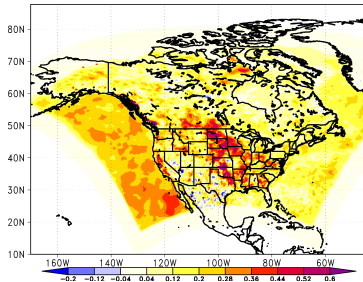
- influence de la perturbation de la rugosité
- sensibilité aux biais de la rugosité



# Objectif

## Conditions nécessaires mais pas suffisantes

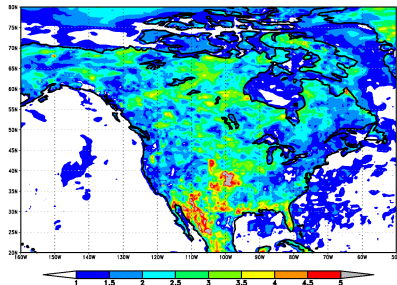
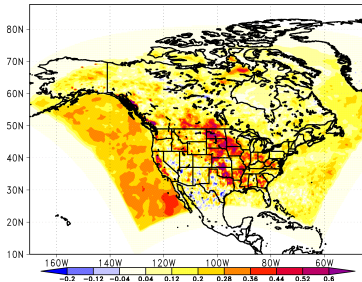
- ✓ impact de la surface sur les variables atmosphériques
- ✓ région concernées sont des régions cibles
- ↔ poursuivre ces travaux dans une étude de validation



# Objectif

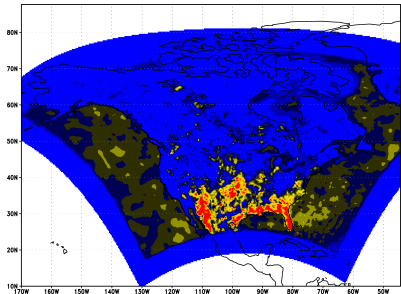
## Conditions nécessaires mais pas suffisantes

- ✓ impact de la surface sur les variables atmosphériques
  - ✓ région concernées sont des régions cibles
- ↔ poursuivre ces travaux dans une étude de validation

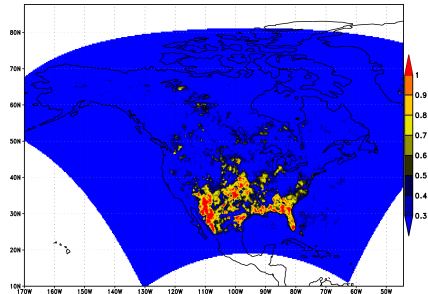


# Le chaos vu par GEM ?

'Bruit de fond' des impacts pour toutes les expériences :



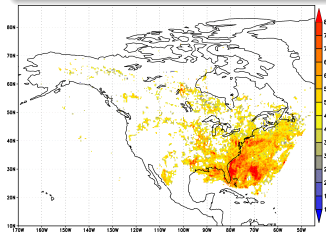
SST



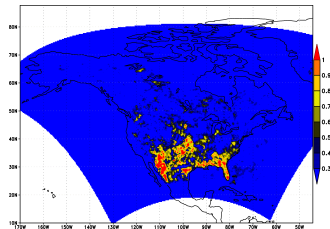
Fraction de glace de mer

# Le chaos vu par GEM ? Expérience LSIT

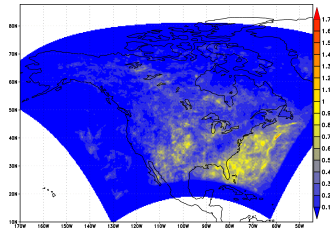
- Perturbations  $\times 10^{-5}$  de l'épaisseur de glace de mer
- Résultats systématiques pour toute autre perturbation
- Zones associées aux précipitations convectives



Précipitations

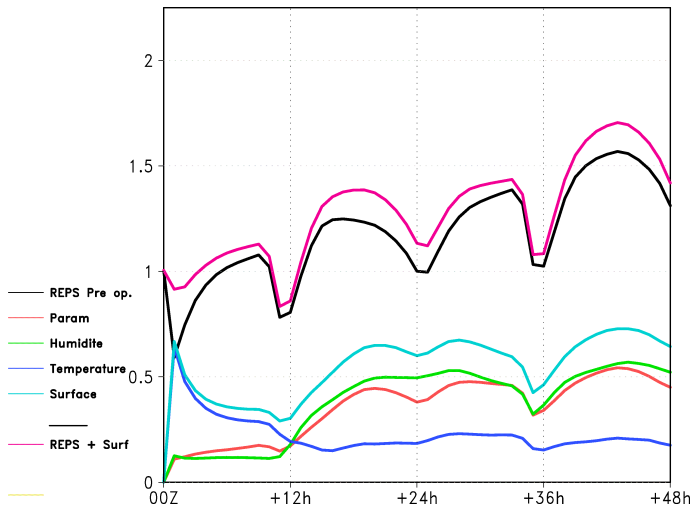


Température



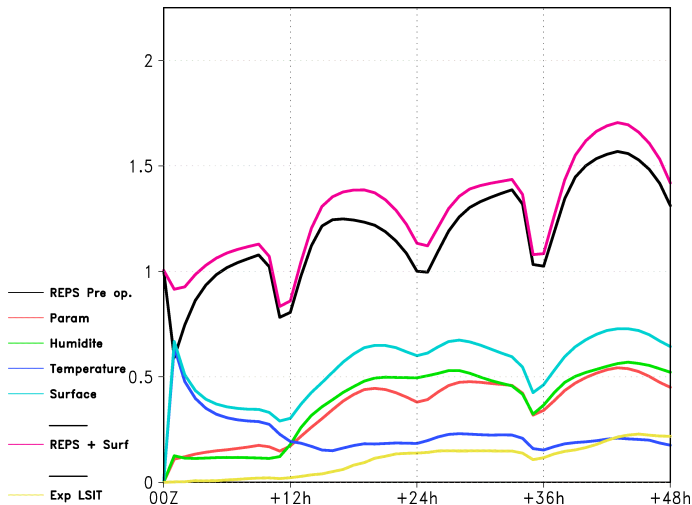
Vitesse du vent

# Le chaos vu par GEM ? Expérience LSIT





# Le chaos vu par GEM ? Expérience LSIT



# Le chaos vu par GEM ? Expérience LSIT

# Résumé et perspectives

## Travaux réalisés

- ✓ Sélection des paramètres et des perturbations
- ✓ Intégration des perturbations dans le système d'ensemble
- ✓ Test de sensibilité
- ✓ Impact de la surface sur le système d'ensemble

*Lavaysse et al. en préparation*

## Perspectives

- ① quantifier les gains sur les prévisions
  - échelle événementielle
  - confrontation aux observations
  - utilisation des scores (fiabilité, résolution, biais, dispersion)
- ② études similaires en hiver
- ③ impact sur la nouvelle version du REPS (4.1)
- ④ implémentation opérationnelle ?

Merci de votre attention