

Prédictibilité des températures de surface océaniques (SST) et des conditions de glace dans le golfe du Saint-Laurent (GSL) dans le contexte du système de prévision couplé

Collaborateurs:

CMC-RPN

Institut des Sciences de la Mer, Université du Québec à Rimouski

Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada

Garde-Côtière Canadienne, Pêches et Océans Canada

Service Canadien des Glaces, EC

Et d'autres s'ajouteront ...

Plan

Introduction au Golfe du Saint-Laurent (GSL)

(bref rappel sur la circulation générale et les couches d'eau)

Introduction au modèle océanique du GSL

Contexte des prévisions couplées et problématique
d'initialisation des températures et salinités (T, S)

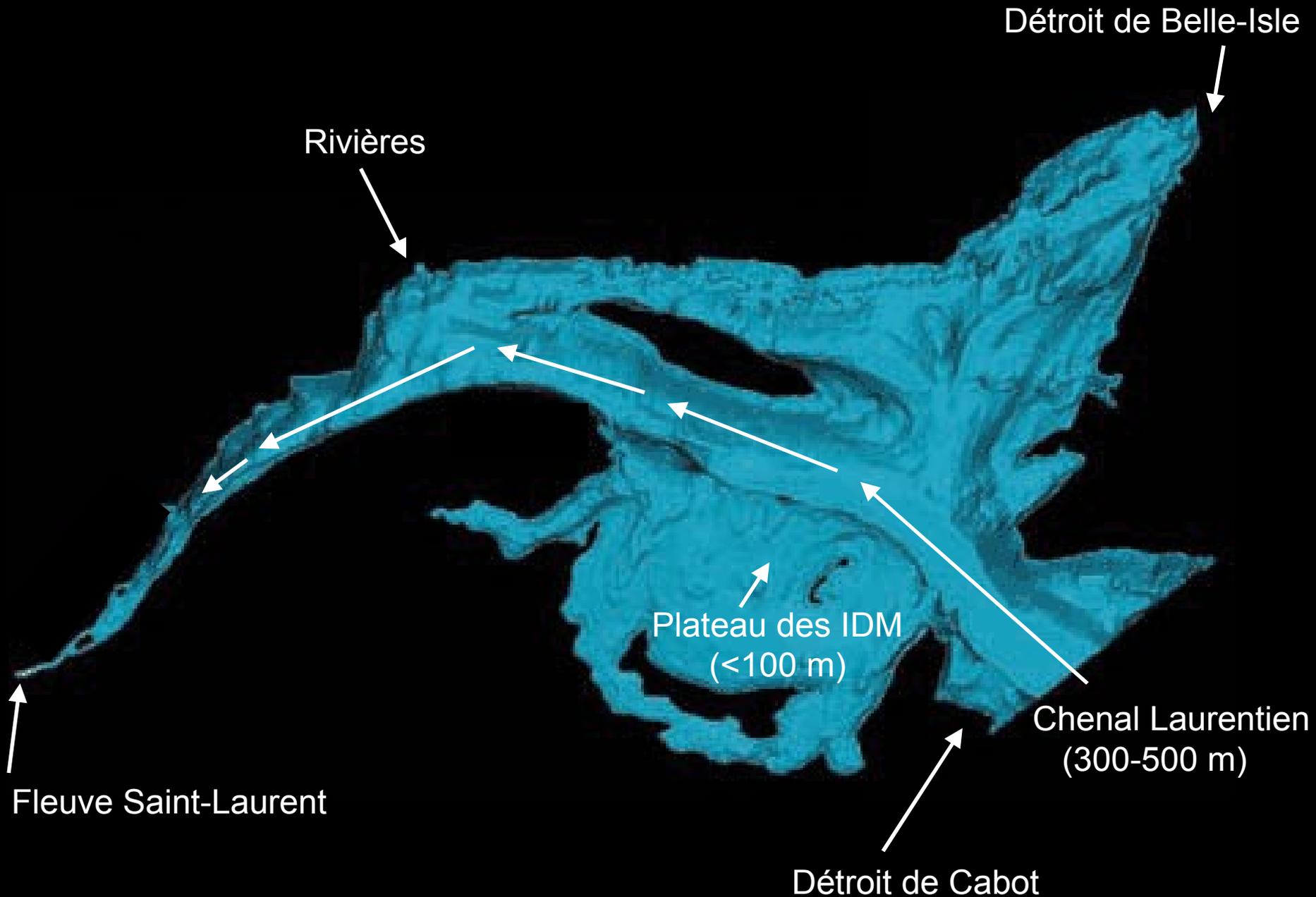
Modélisation quotidienne des SST

(méthode d'initialisation océanique des prévisions couplées)

Prédictibilité des glaces sur 0-48h

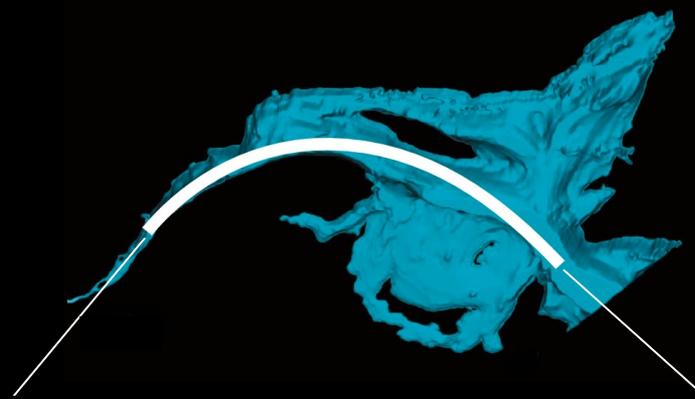
Conclusion

La topographie du Golfe du Saint-Laurent (GSL)



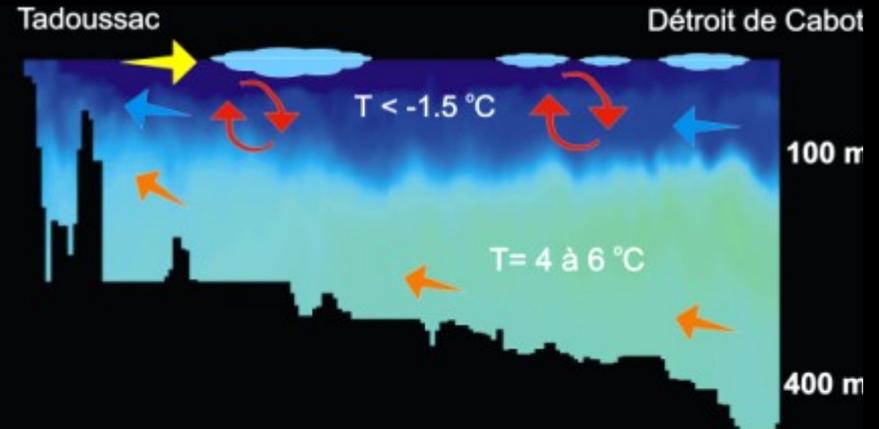
Les couches d'eau du GSL

- *La couche de surface*
- *La couche intermédiaire froide*
- *La couche profonde*



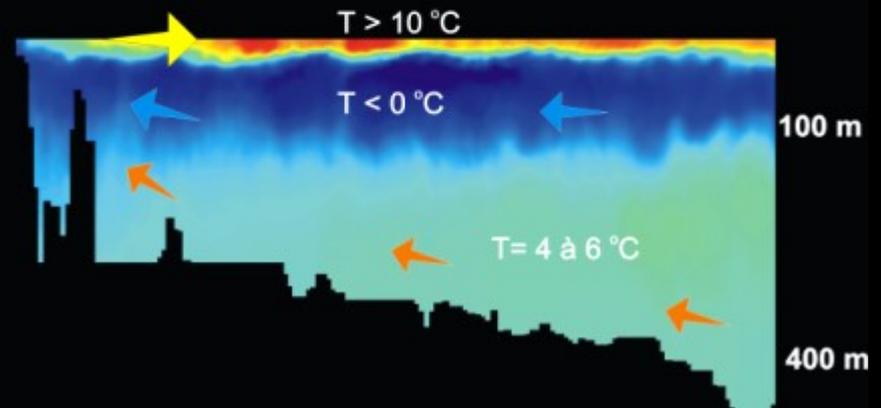
En hiver...

- *Une nouvelle couche froide se forme chaque hiver avec la formation de glace*
- *Cette nouvelle couche est aussi alimentée par les eaux froides et salées qui arrivent du Labrador.*



En été...

- *La couche d'eau intermédiaire froide est recouverte par l'eau douce provenant de la fonte des neiges et des glaces.*
- *Cette nouvelle couche de surface isole la couche froide tel un bouclier thermique. En réchauffant au Soleil, la couche de surface acquiert encore plus de flottabilité.*
- *La couche froide intermédiaire est isolée et persistera ainsi tout l'été.*



Description du modèle: noyau

Modèle océan-glace couplé à aire limitée de Saucier *et al.* (2004)

Dynamique de l'océan basée sur Backhaus (1983;1985), et Stronach *et al.* (1993) en approximation Boussinesq et "shallow water"

Transport des traceurs océaniques basé sur Zalesak (1979) (FCT)

Diffusion horizontale de Smagorinsky (1963)

Mélange vertical (TKE): modèle k (niveau 2.5) (Mellor et Yamada 1982) utilisant les fonctions de stabilité de Canuto *et al.* (2001)

Friction du fond selon Cox (1984) et ajustée selon les phases et les amplitudes de marée

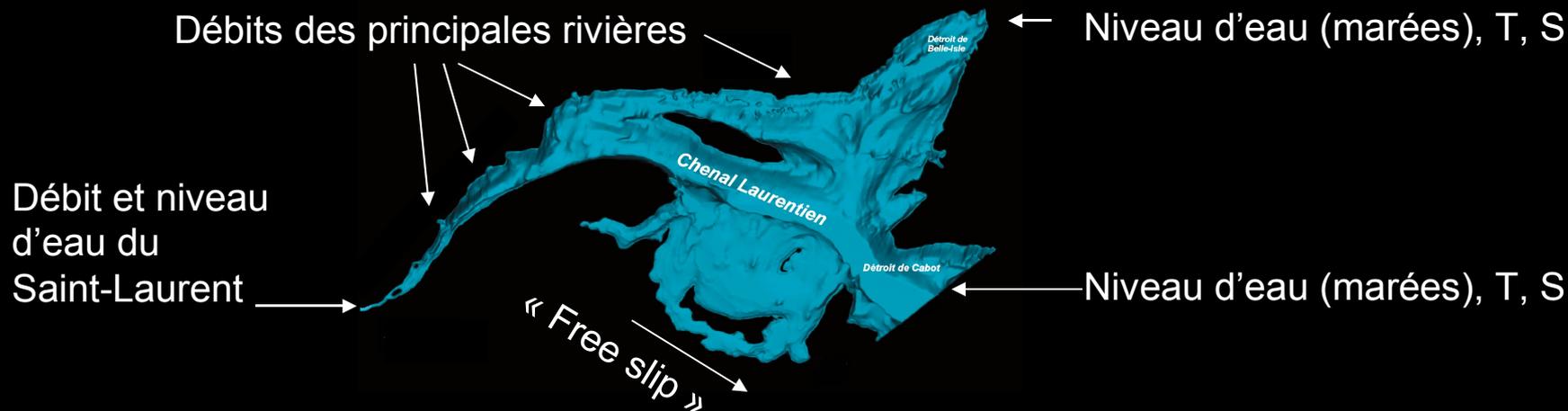
Dynamique de la glace basée sur Hunke et Dukowicz (1997) (EVP)

Thermodynamique de la glace basée sur Semtner (1976) (2 couches) et Parkinson et Washington (1979)

Redistribution mécanique de la glace basée sur Thorndike *et al.* (1975)

Description du modèle: pilotage

Conditions aux frontières latérales



Conditions frontières à la surface (Forçage de GEM 06-18)

Température de l'air
Humidité (Point de rosée)
Couverture nuageuse
Vents (U,V)
Précipitation
+ Formules de Parkinson
et Washington (1979)

H_{AO}, Q_{AO}, M_{AO}

T

F_{sens}

F_{lat}

LW

SW

H_{AI}, Q_{AI}, M_{AI}

Glace marine

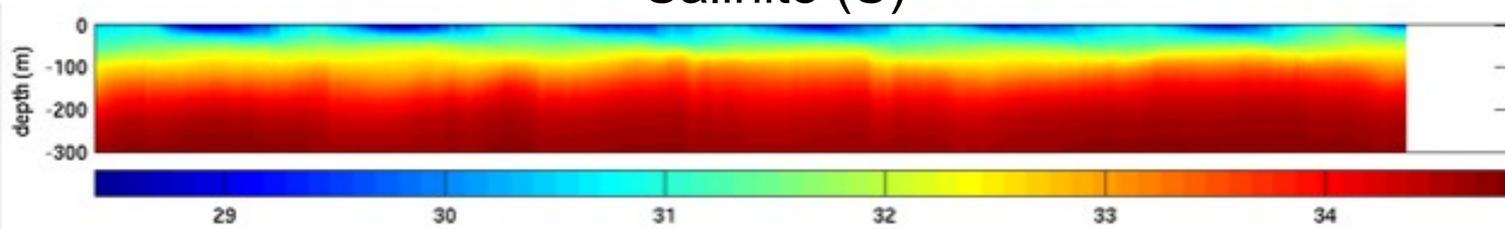
H_{IO}, Q_{IO}, M_{IO}

Océan

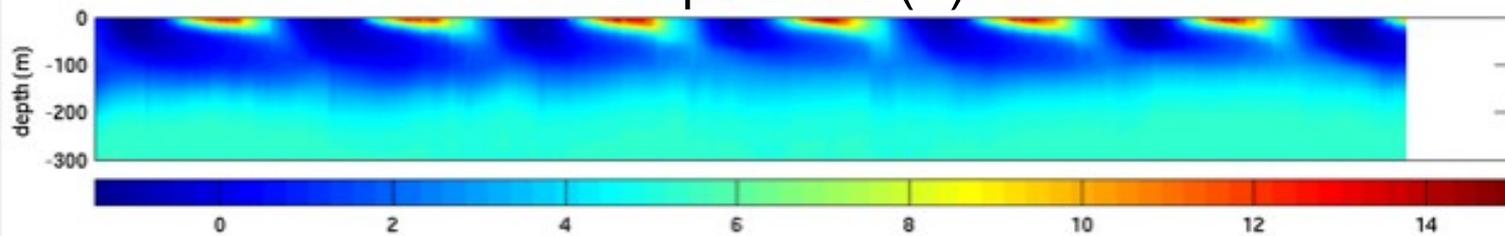
Exemple de résultats:

Simulation pluriannuelle rétrospective en mode pronostique forcée par GEM 06-18

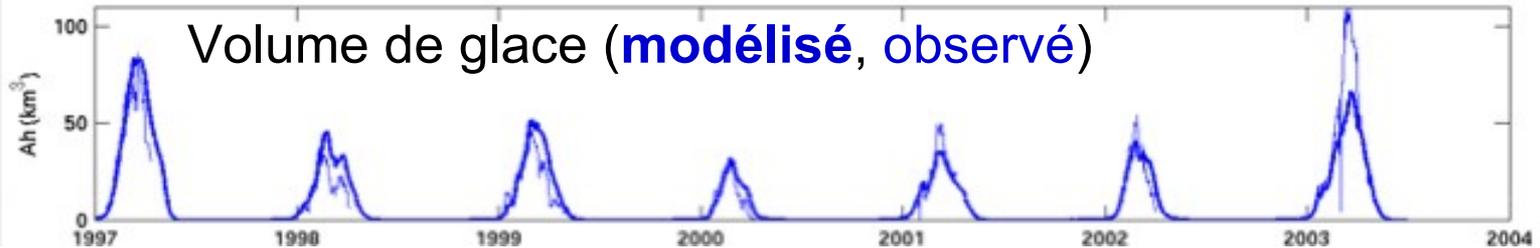
Salinité (S)



Température (T)

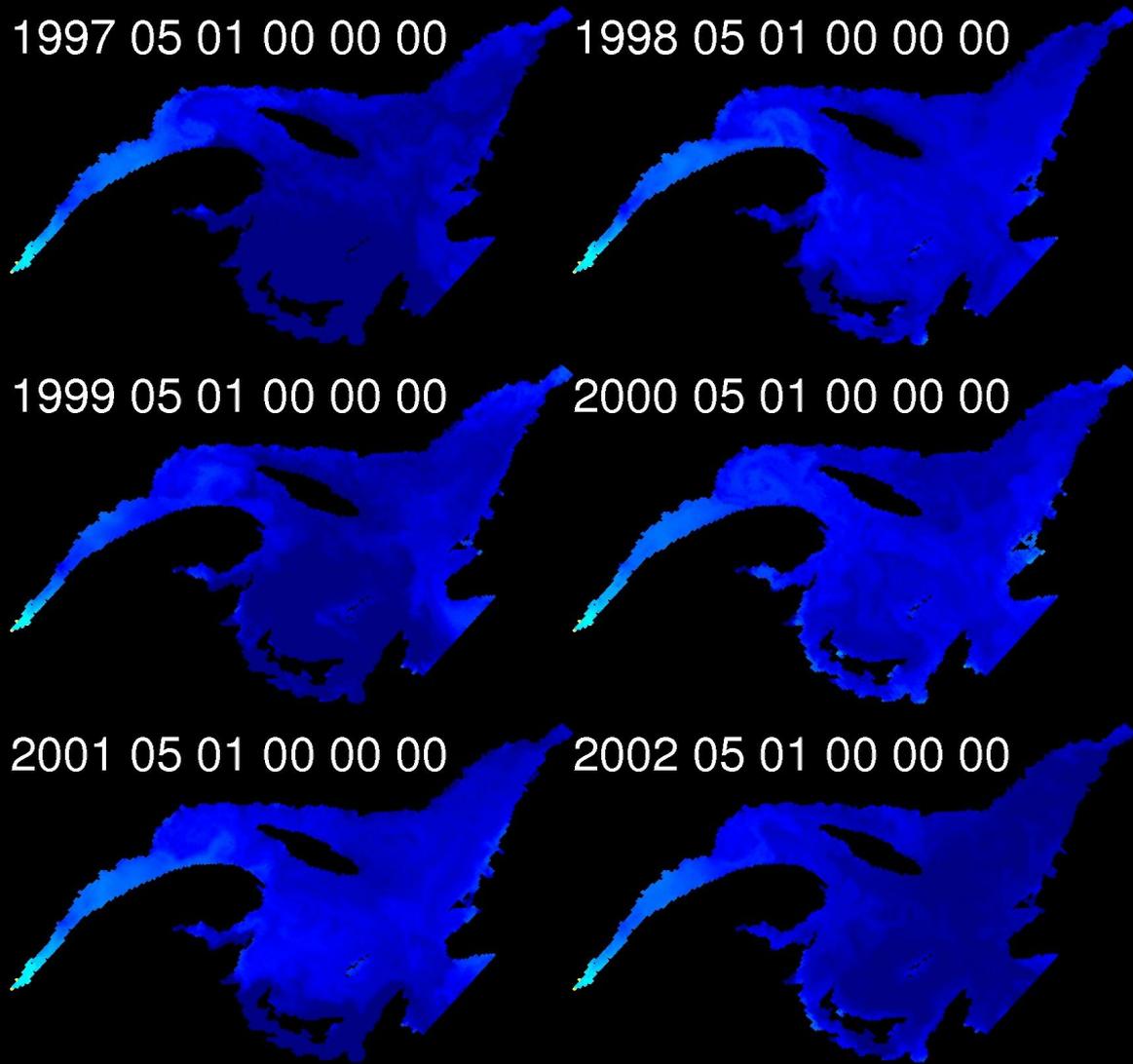


Volume de glace (**modélisé**, **observé**)



Exemple de résultats:

SST: simulation du mois de mai pour 6 années différentes



Oscillations de marée...

Cycle diurne (SW, T_A)

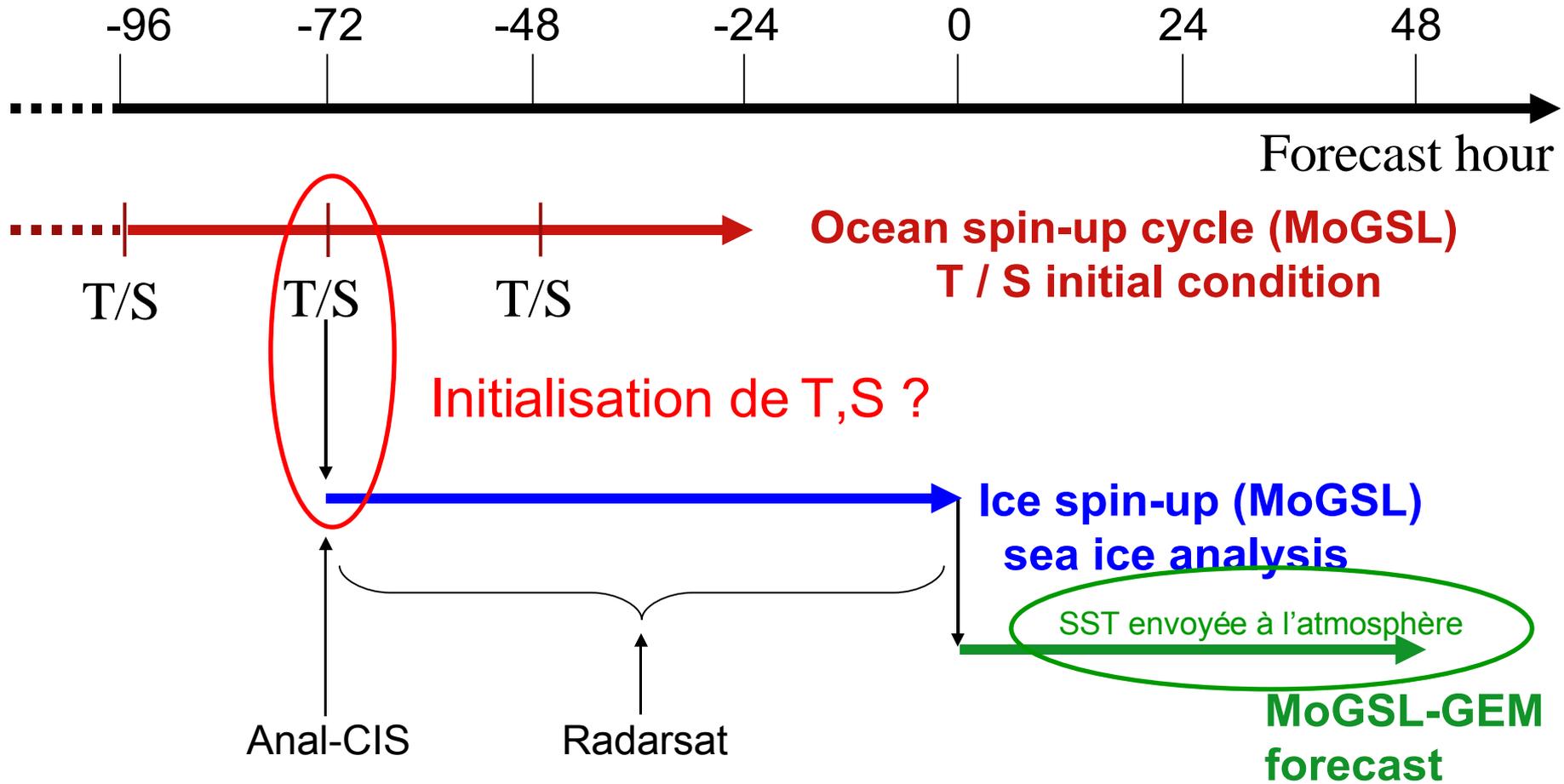
Réchauffement saisonnier...

Variation interannuelle...

Coups de vent...



Passe expérimentale couplée du GSL



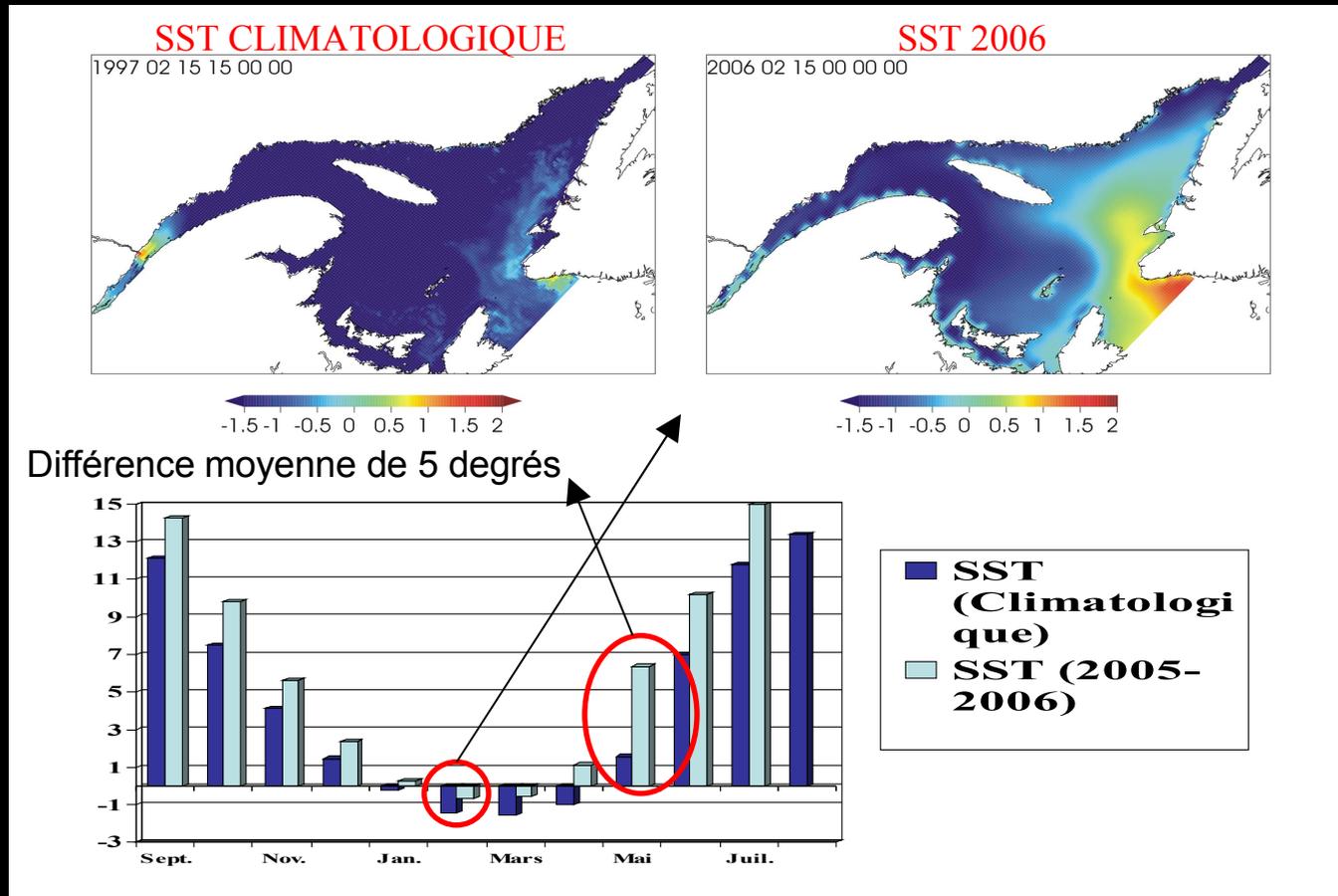
Problématique d'initialisation des prévisions couplées

Du point de vue atmosphérique:

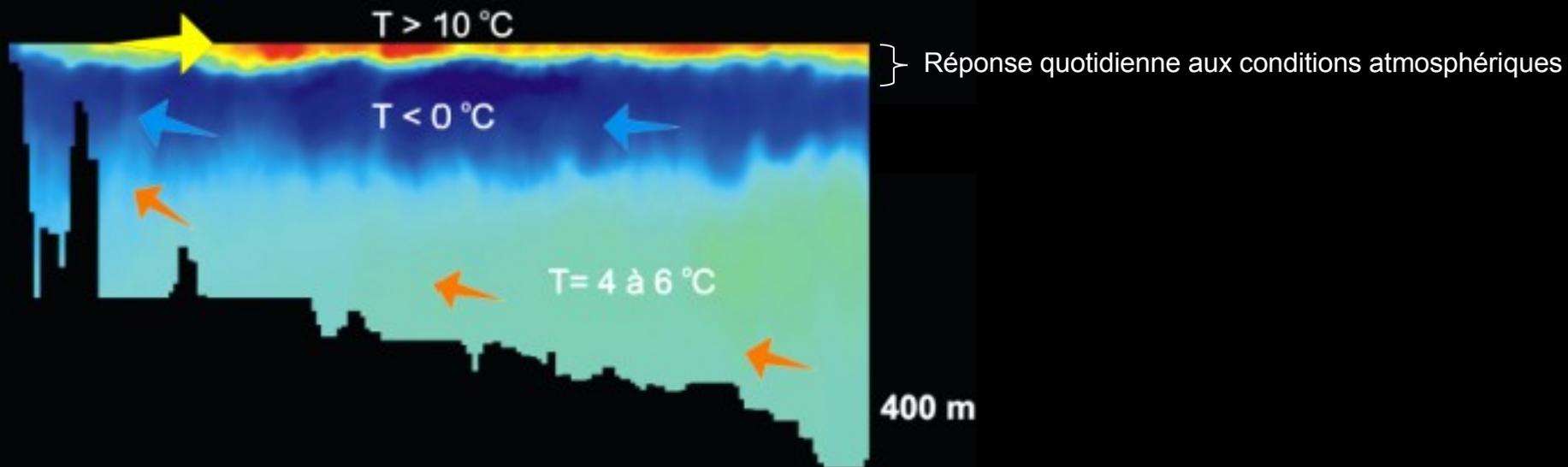
On veut calculer des flux de chaleur et d'humidité avec des conditions de surface dynamiques, une SST réaliste est nécessaire

Du point de vue océanique:

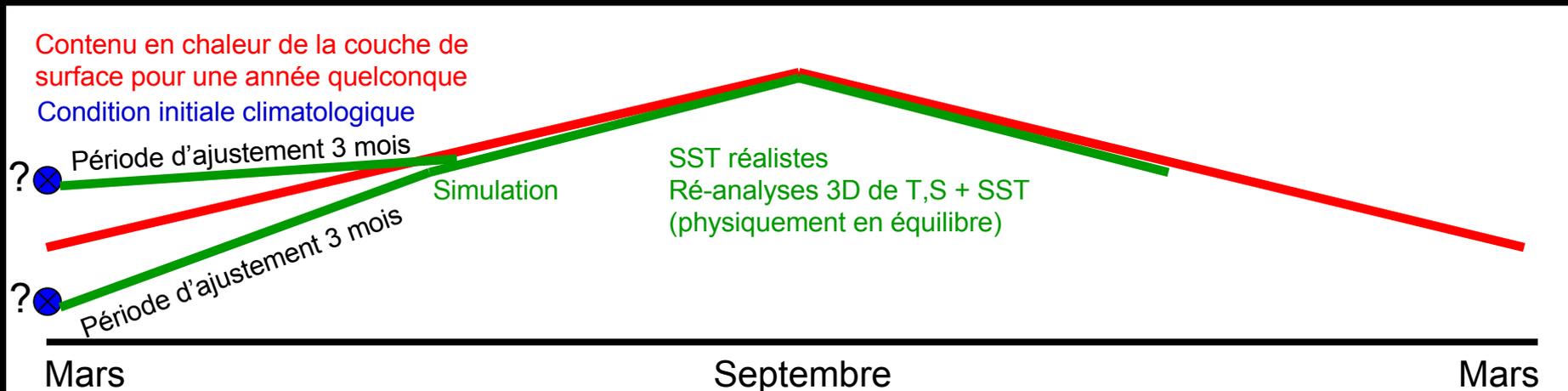
Un champ 3D de température en équilibre physique avec le champ de salinité est souhaitable, les seules données disponibles sont des champs climatologiques



Initialisation des champs 3D de température et de salinité (méthode proposée)



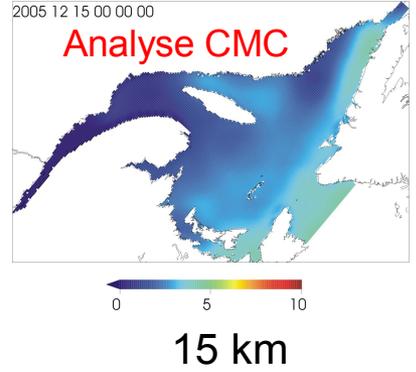
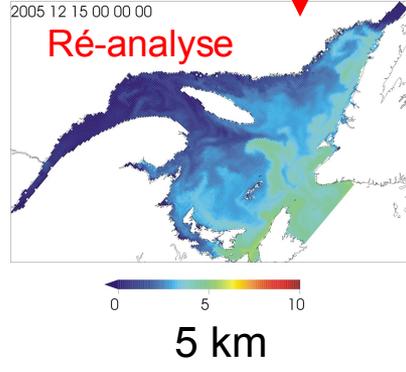
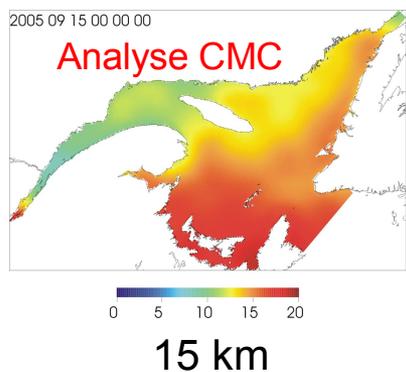
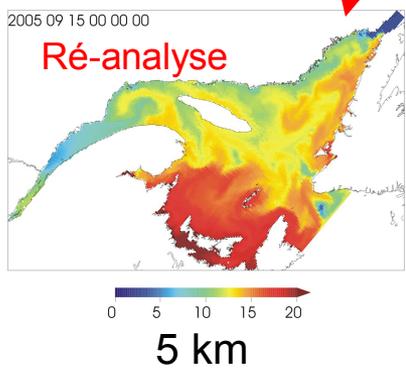
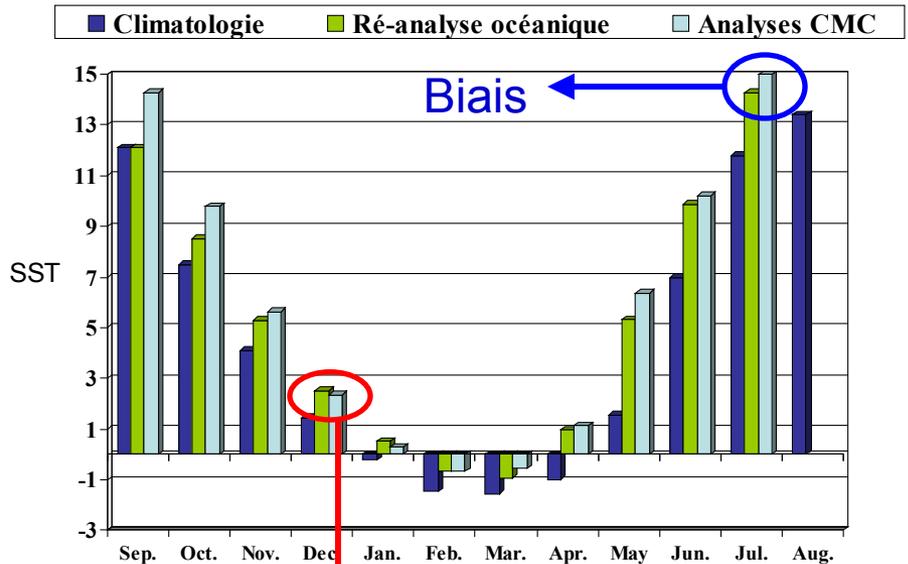
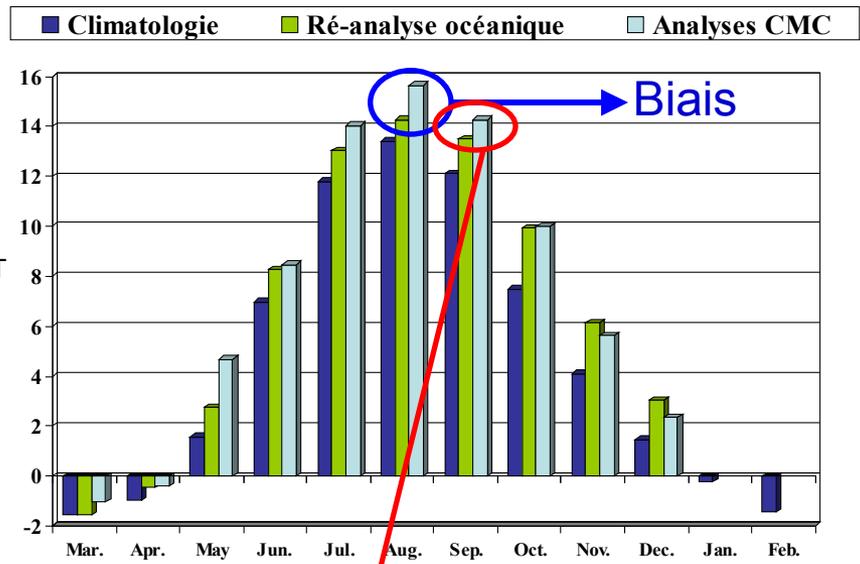
En mode forcé par GEM 06-18 (Saucier *et al.* 2003), on part le modèle avec une condition T,S climatologique. Période d'ajustement nécessaire pour converger vers des SST réalistes?



Résultats: première application expérimentale

Cas 1: départ en mars

Cas 2: départ en septembre



Résultat: passe expérimentale: <http://web-mrb/mrb/rpn/PROJ/CPL/dokuwiki/doku.php>
 --> Forecast products-->Océan-->Analyses

Validation avec des données in situ valides à 3 m (MPO)



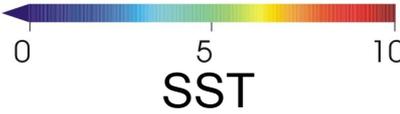
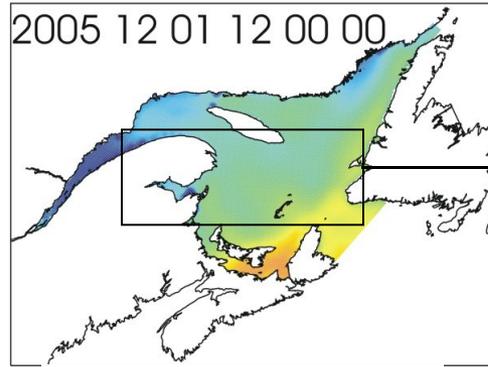
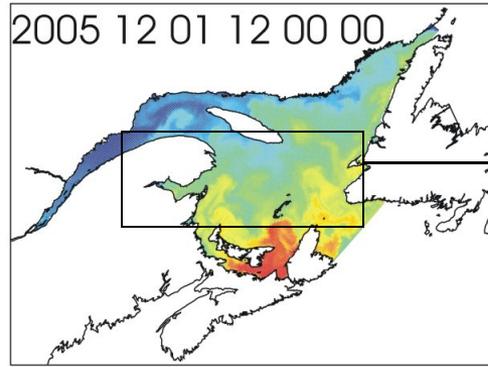
Cicero/Cabot



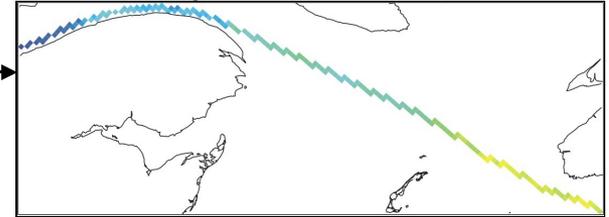
Nordik Express



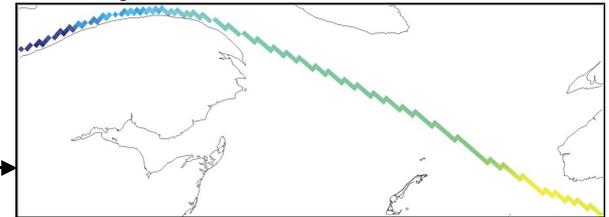
C.T.M.A. Voyageur



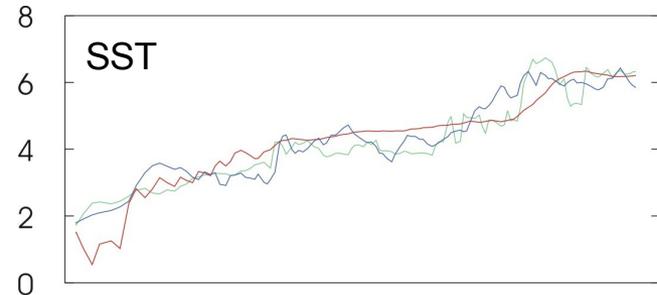
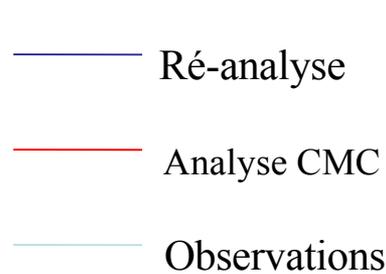
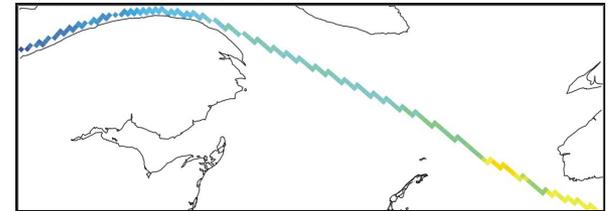
Ré-analyse océanique



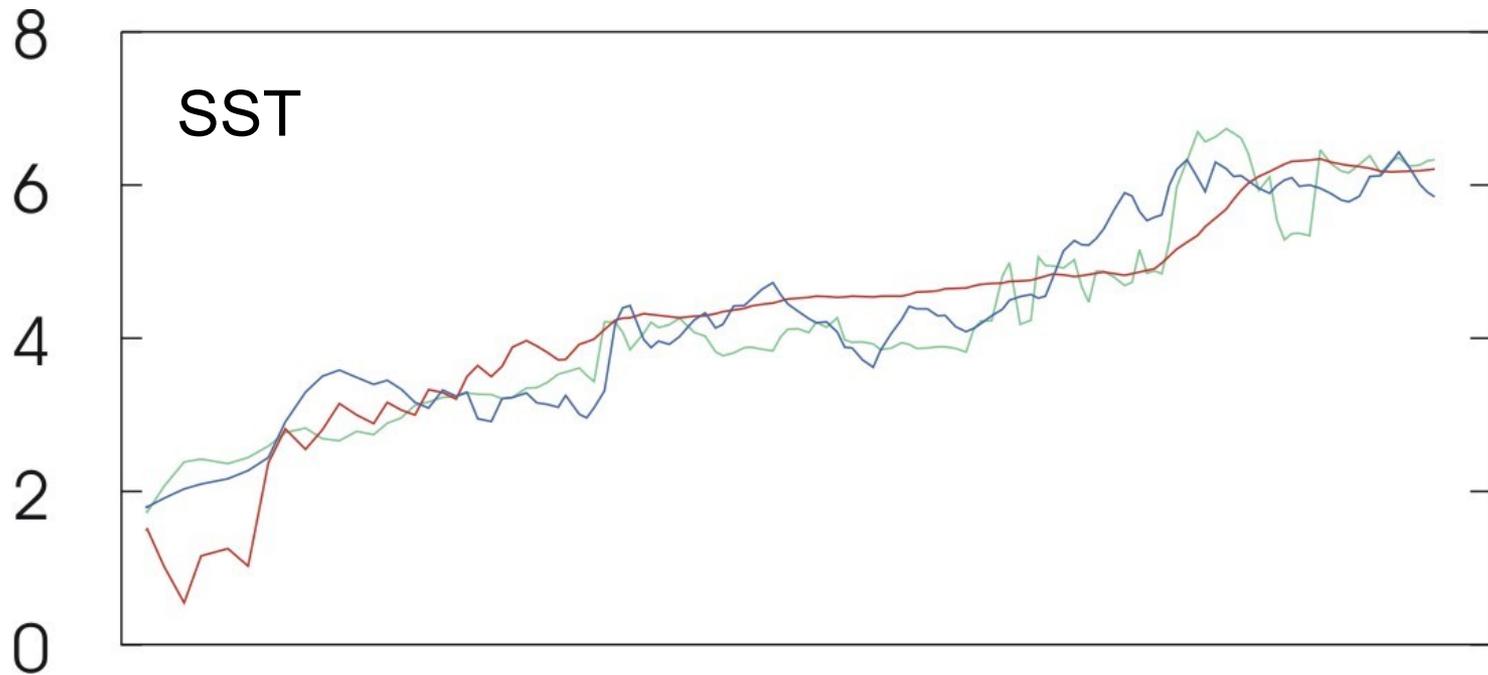
Analyse du CMC



Observations



Validation avec des données in situ (suite)



— Observations (variabilité spatiale)

— Ré-analyse (variabilité spatiale, 5 km de résolution)

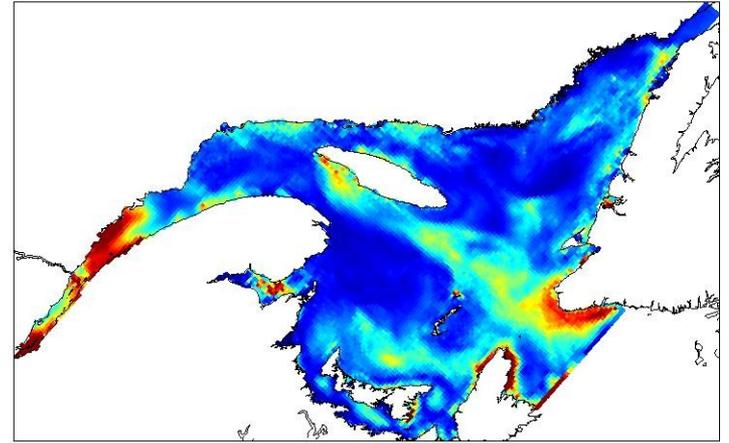
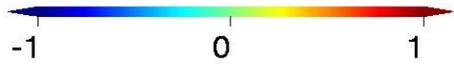
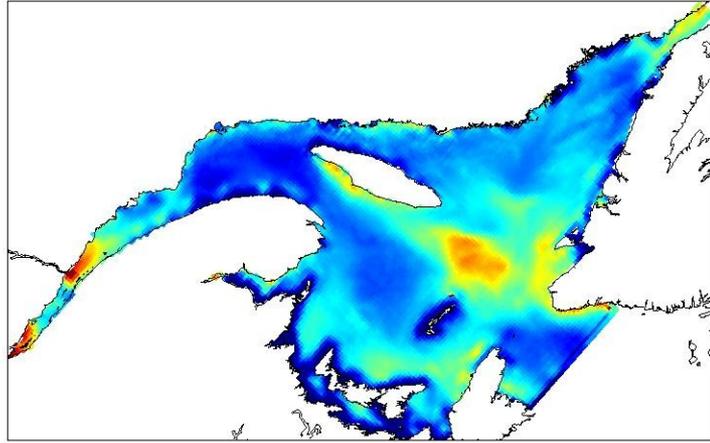
— Analyse CMC (mois de variabilité spatiale, 15 km de résolution)

Validation: ré-analyses océaniques - analyses CMC

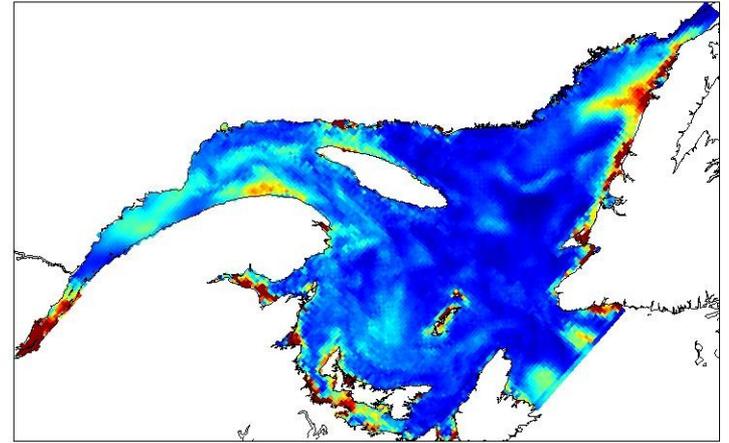
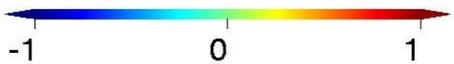
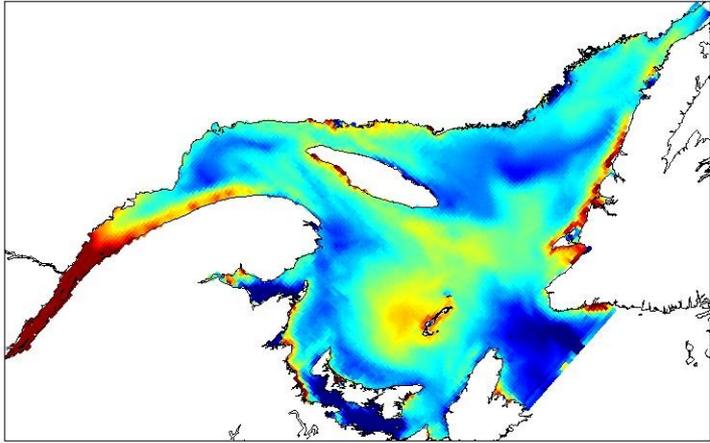
Biais

Variance

SST
Hiver
(JFM)
2007



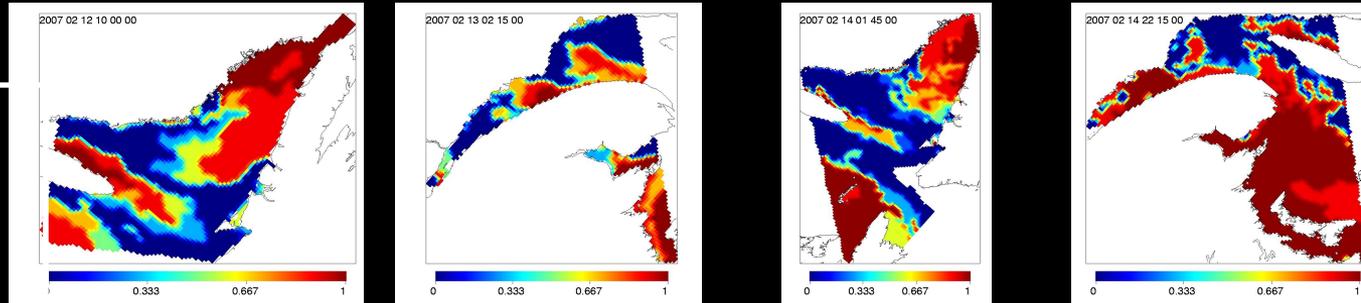
SST
Print.
(AMJ)
2007



Analyses et prévisions de glace (concentration et épaisseur)

Ré-analyse T, S

Données Radarsat



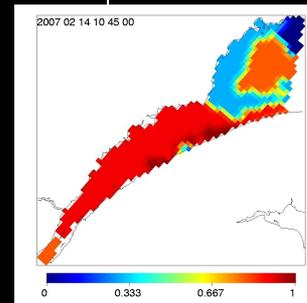
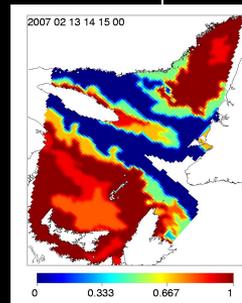
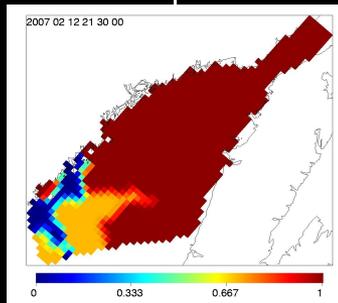
GEM 06-18...

(h) -72

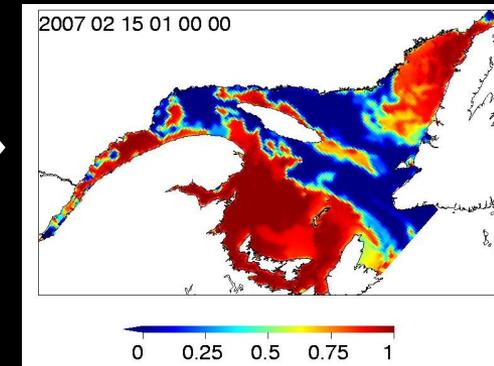
-48

-24

0

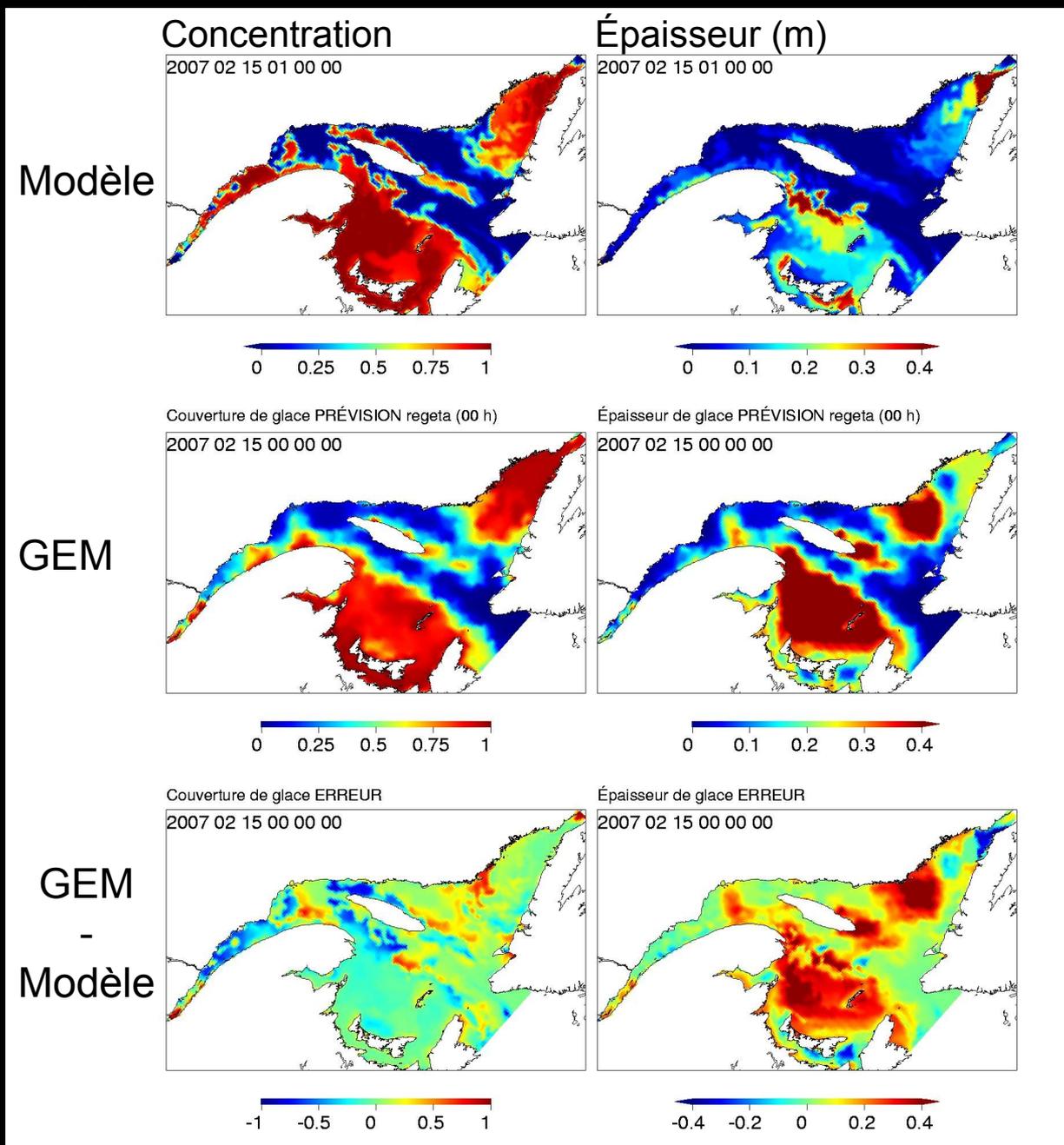


Analyse de glace



Prévision
00-48h

Exemple: analyse de GEM – analyse du modèle océanique

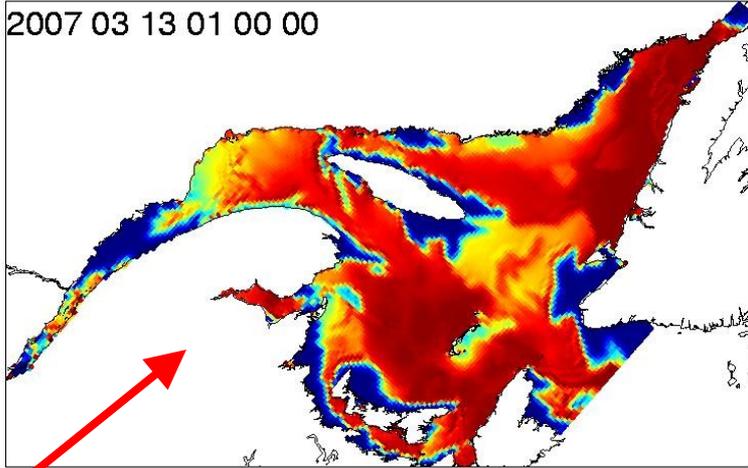


Exemple de prévision de glace (concentration)

Modèle

2007 03 13 01 00 00

00h



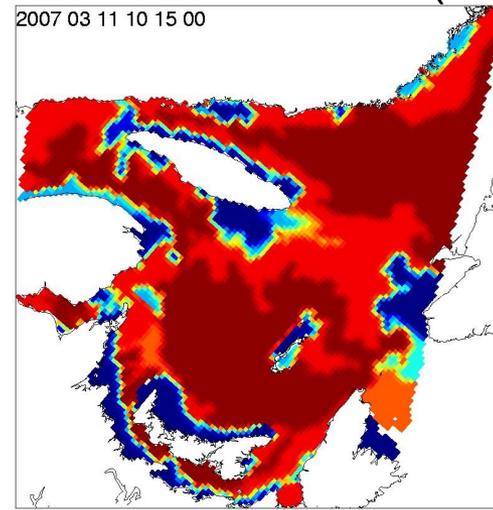
Vents SO

0 0.25 0.5 0.75 1

Données Radarsat (CIS)

2007 03 11 10 15 00

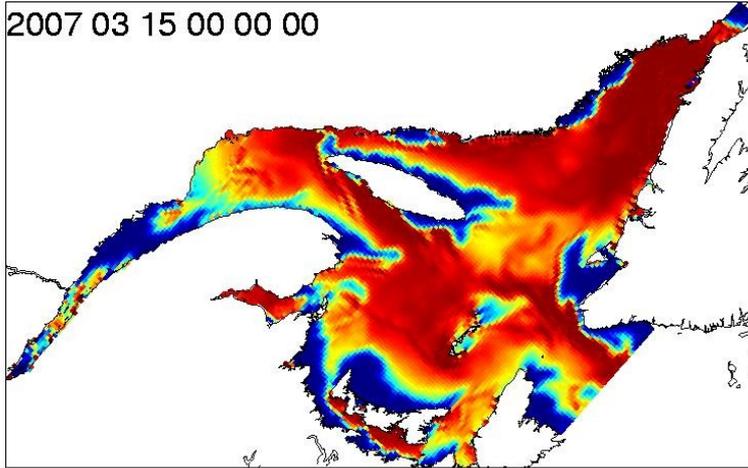
2007/03/11
10h15Z



0 0.333 0.667 1

48h

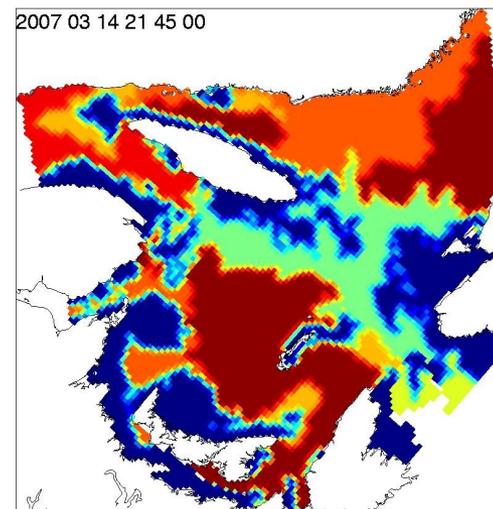
2007 03 15 00 00 00



0 0.25 0.5 0.75 1

2007 03 14 21 45 00

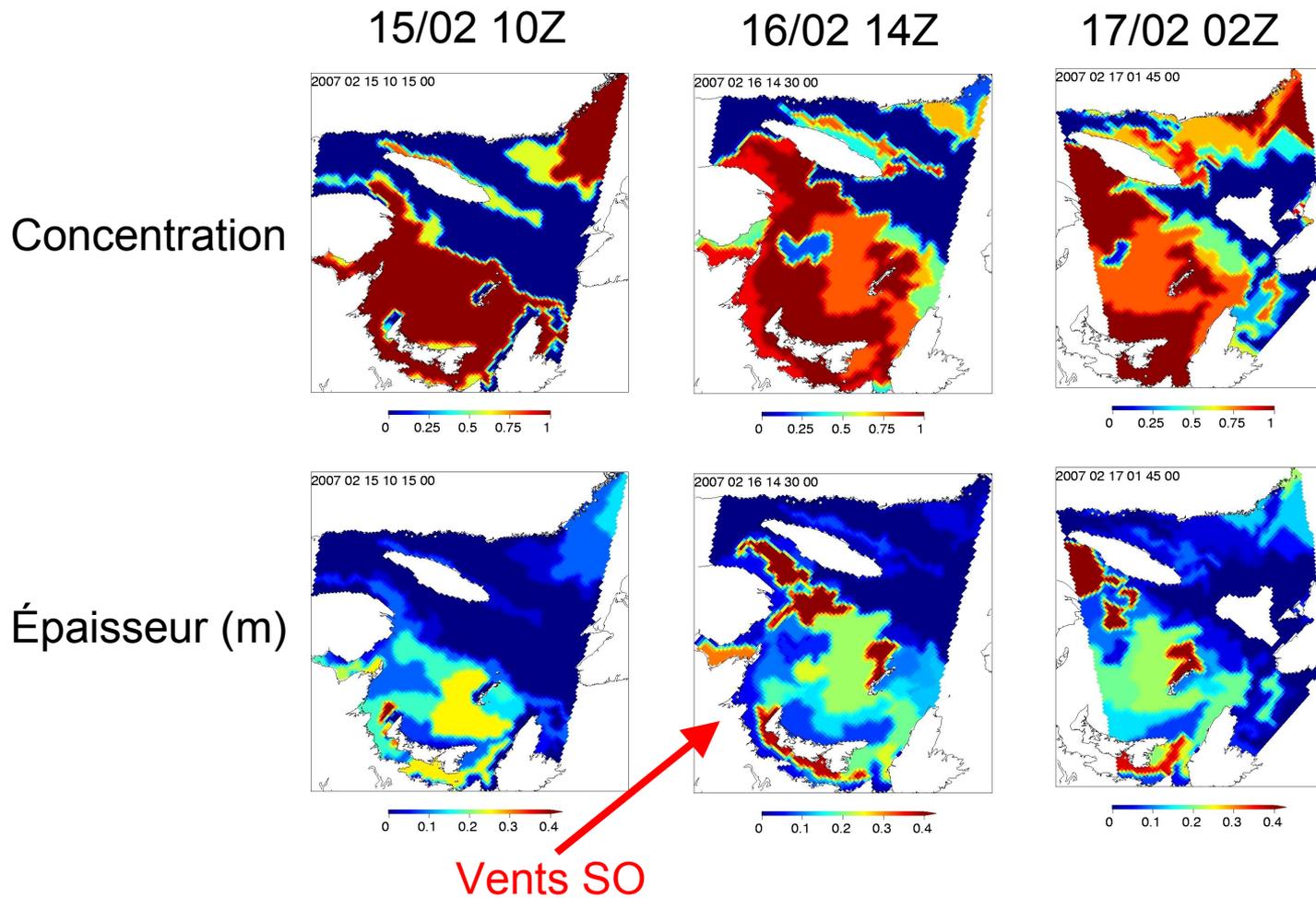
2007/03/14
21h45Z



0 0.333 0.667 1

Exemple similaire avec formation rapide de glace mince

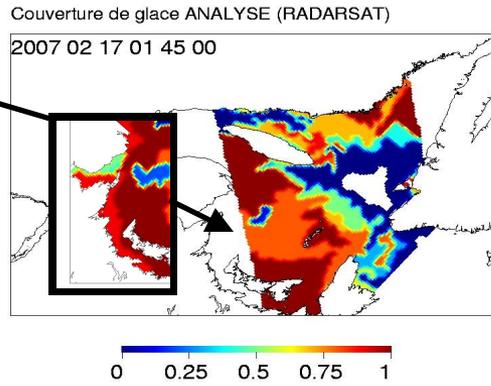
Séquence de données Radarsat



... prévision correspondante

Données Radarsat
(concentration)

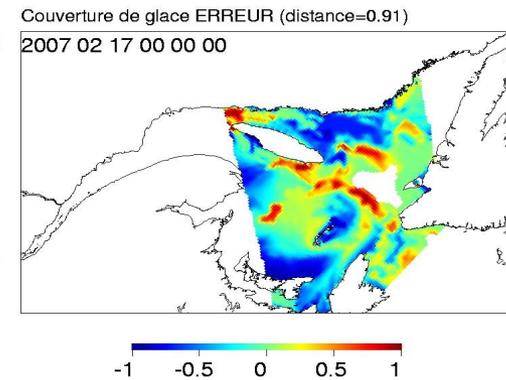
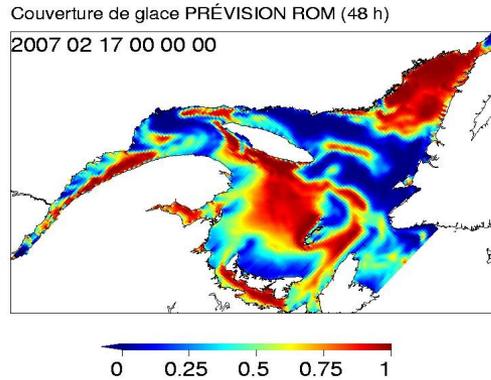
10 h avant



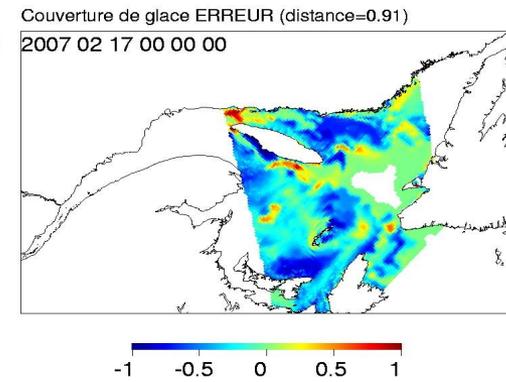
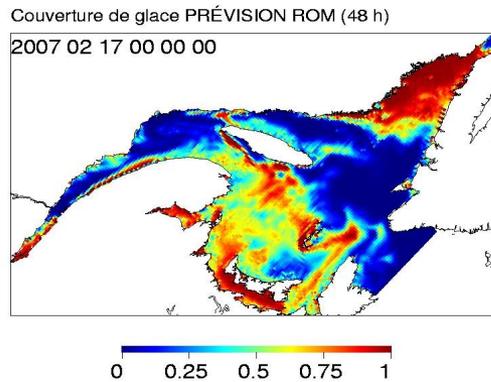
Erreur
(Modèle – Radarsat)



Prévision de 48h
*sans thermodynamique
des glaces

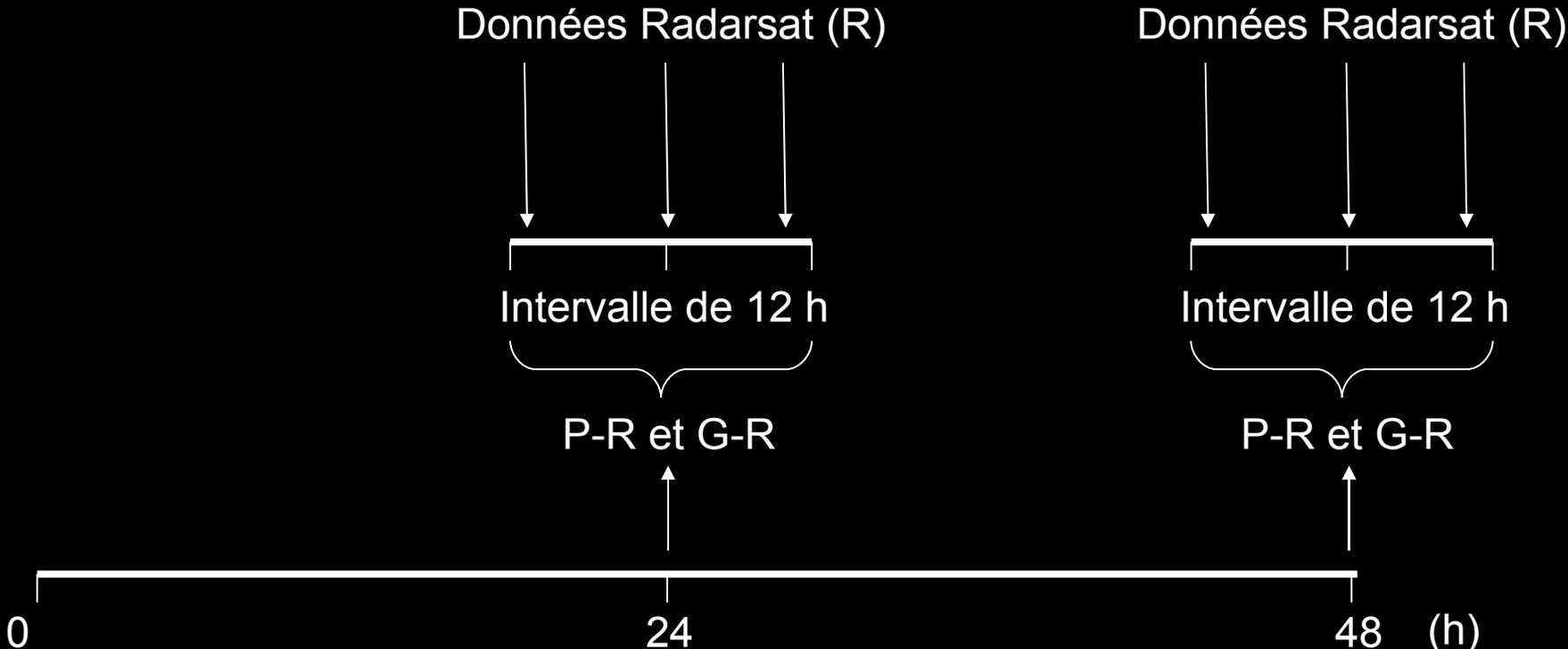


Prévision de 48h
*avec thermodynamique
des glaces



Statistiques d'erreur:

Méthode de comparaison avec les données de glace Radarsat



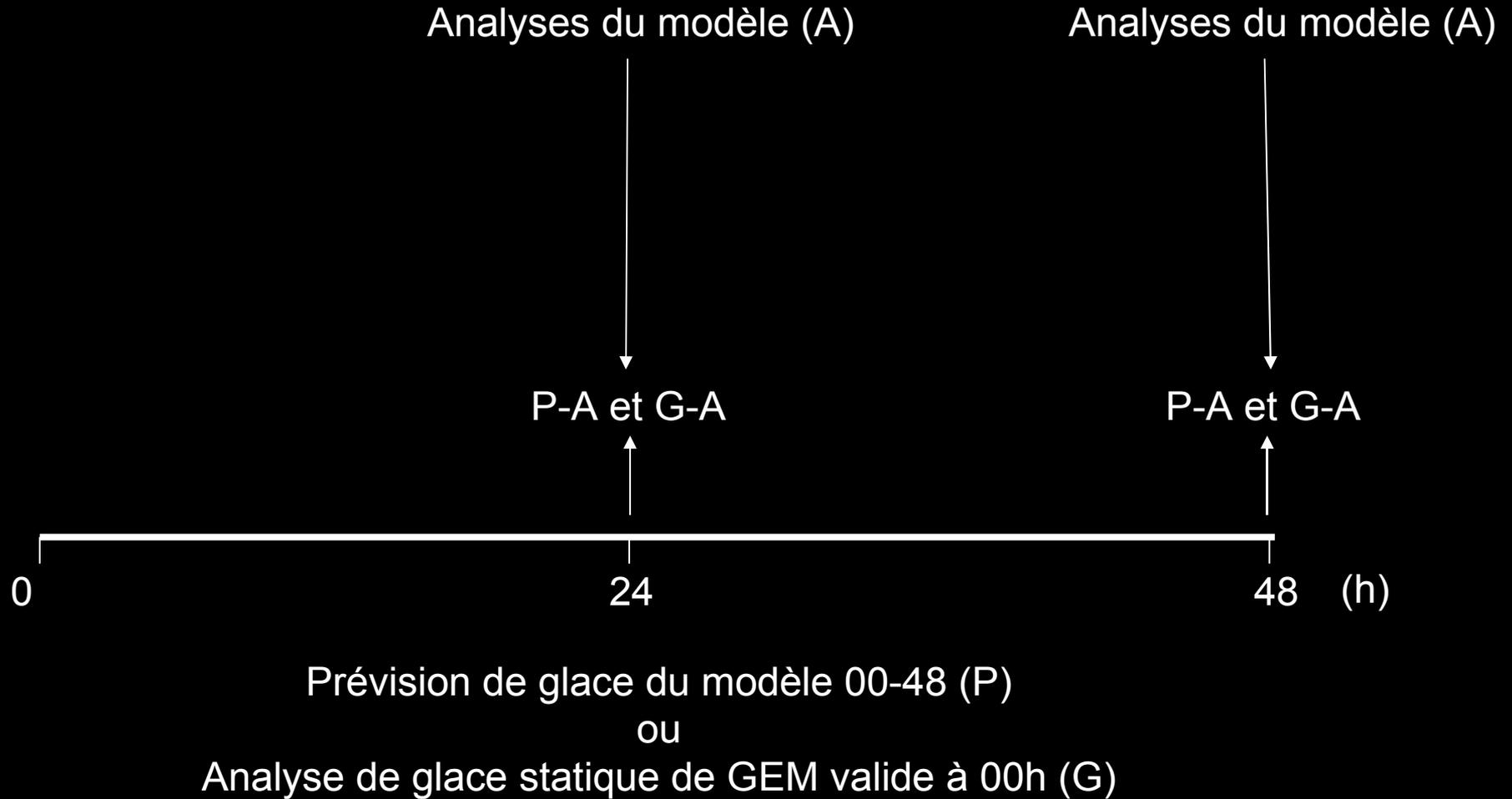
Prévision de glace du modèle 00-48 (P)

ou

Analyse de glace statique de GEM valide à 00h (G)

Statistiques d'erreur:

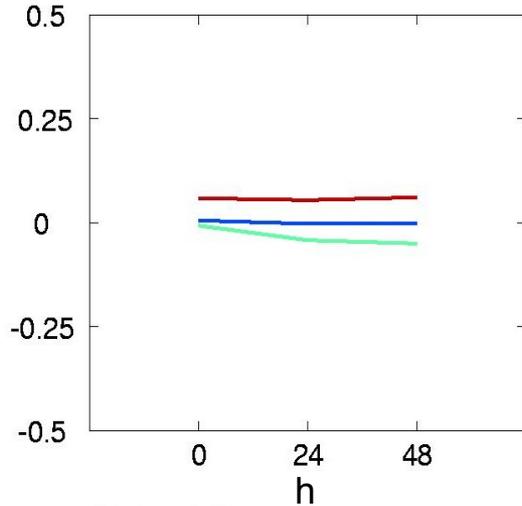
Méthode de comparaison avec les analyses de glace du modèle océanique



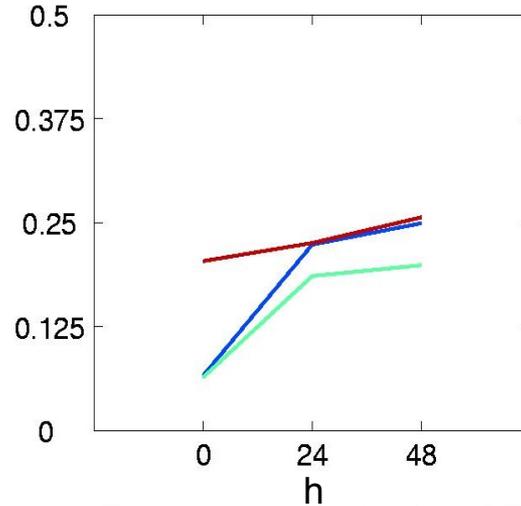
Comparaisons avec les données Radarsat (hiver 2007)

GL: Concentration GE: Épaisseur (m)

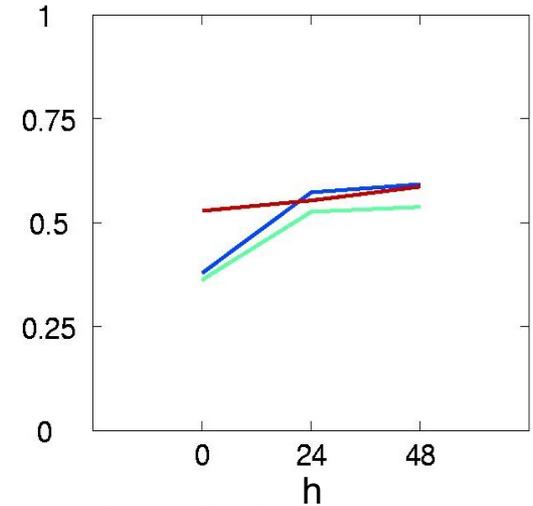
Biais (GL)



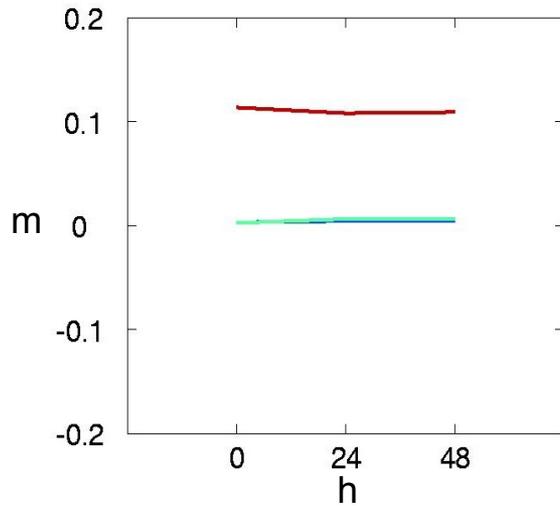
Erreur moyenne absolue (GL)



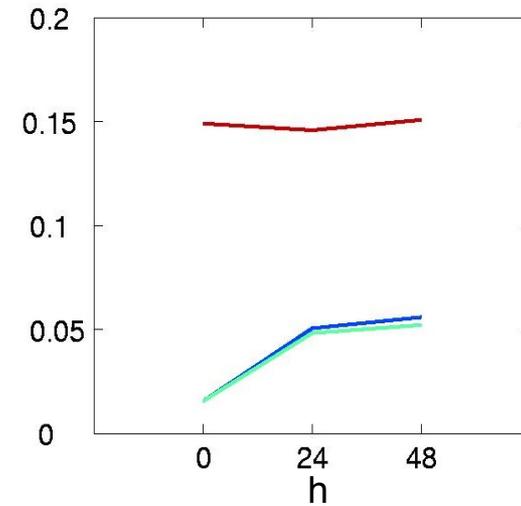
Erreur RMS (GL)



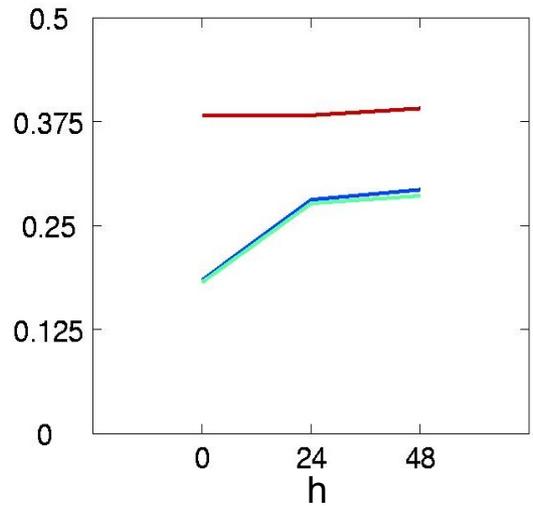
Biais (GE)



Erreur moyenne absolue (GE)



Erreur RMS (GE)



Analyses GEM

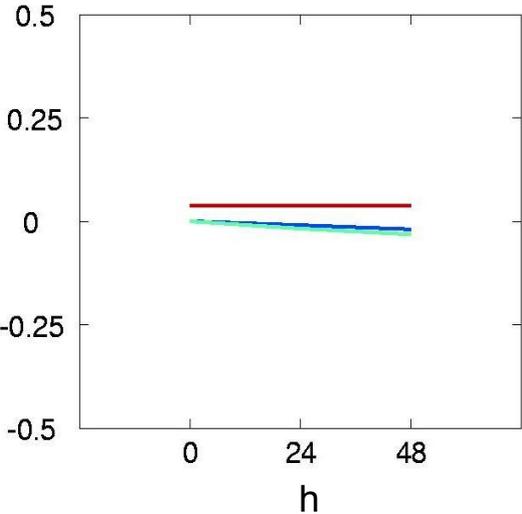
Modèle

Modèle avec thermodynamique des glaces

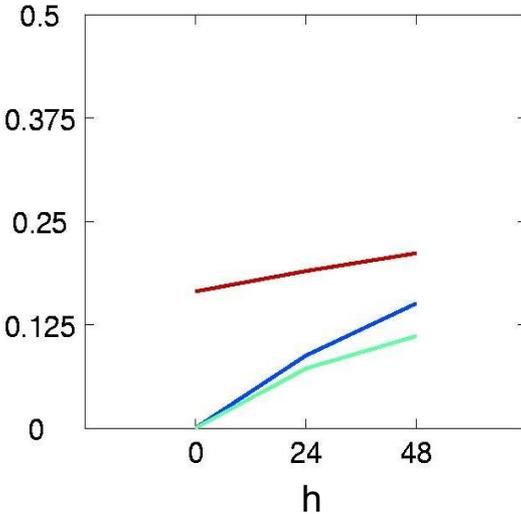
Comparaisons avec les analyses du modèle océanique (hiver 2007)

GL: Concentration GE: Épaisseur (m)

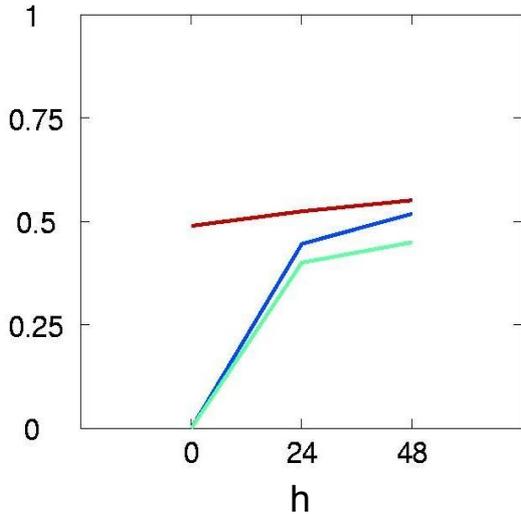
Biais (GL)



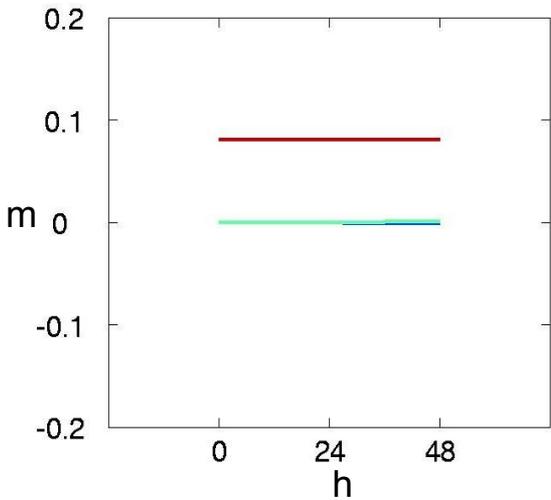
Erreur moyenne absolue (GL)



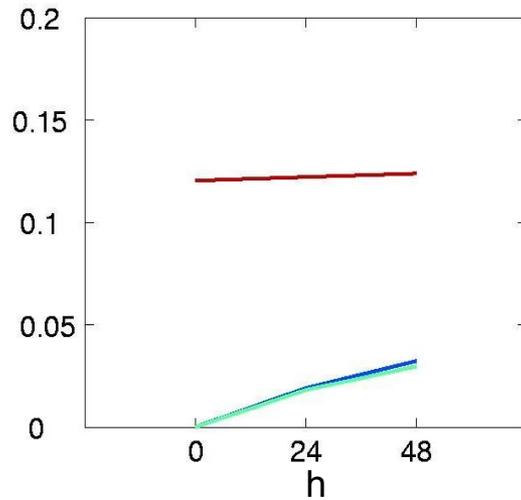
Erreur RMS (GL)



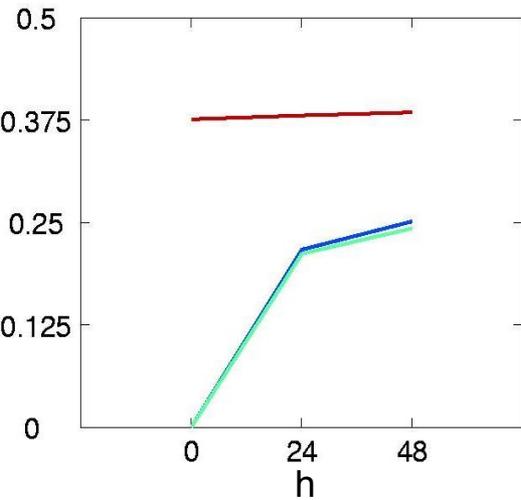
Biais (GE)



Erreur moyenne absolue (GE)



Erreur RMS (GE)



Analyses GEM

Modèle

Modèle avec thermodynamique des glaces

Conclusion

Les capacités prédictives du modèle océan-glace de Saucier *et al.* (2004), piloté par les solutions de GEM, permettent de produire des conditions initiales 3D de T,S physiquement en équilibre pour l'initialisation du couplage atmosphère-océan.

Les SST produites ont un niveau de réalisme suffisant pour se comparer de près aux analyses du CMC et à des observations in situ.

Les premiers résultats de couplage suggèrent que ce niveau de réalisme est suffisant pour ne pas dégrader la prévision régionale de GEM, et voir même l'améliorer dans plusieurs cas et même sans présence de glace.

Les analyses et les prévisions de glace produites par le modèle océanique sont plus précises que celles utilisées dans GEM, surtout pour les épaisseurs.

Le niveau de réalisme des SST modélisées permet d'inclure la croissance et la fonte des glaces dans la prévision 00-48h avec un impact positif sur les résultats.