

# Variations de la circulation océanique dans l'Atlantique Nord depuis 1955 : modèle global NEMO ORCA $\frac{1}{2}^\circ$ avec rappel aux données in situ

T. Huck, P. Bellec,

R. Dussin, F. Gaillard, J.-M. Molines, A. M. Treguier

Laboratoire de Physique des Océans (UMR 6523 CNRS IFREMER IRD UBO)

2008-2009 Projet GMMC TOCAD F. Gaillard (PAC EuroArgo)

2007-2008 Projet INSU/LEFE Reco T. Huck

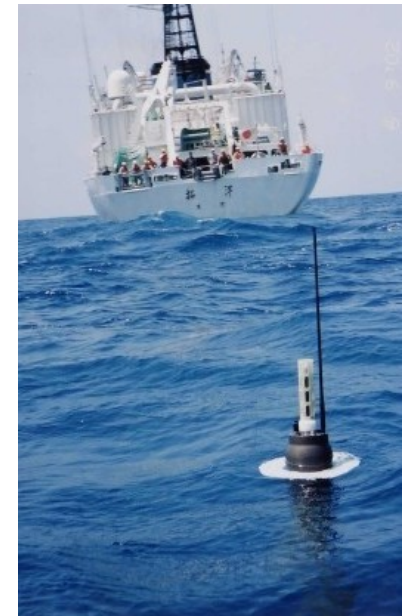
# Objectifs

- Utilisation du réseau Argo, en combinaison avec les mesures historiques et les mesures satellite pour:
  - Le suivi des propriétés de l'océan
  - L'étude des variations de la circulation océanique grande échelle



# Méthodologie

- Statistiques
- Estimation optimale
- **Modèle 'robust diagnostic'**
- Assimilation



# Première étape méthodologique

Comparaison de 3 méthodes pour contraindre les modèles océaniques à rester proche des observations hydrologiques (température, salinité).

**RD Robust Diagnostic**

**CT Constant Tracer**

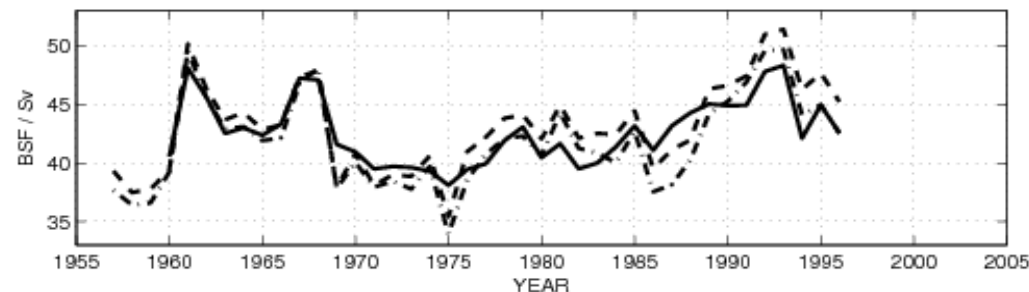
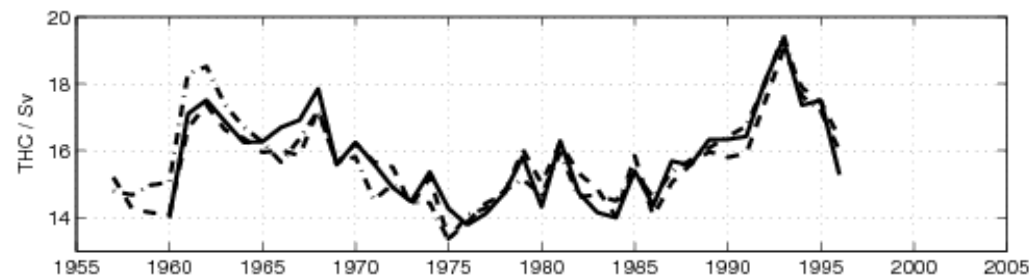
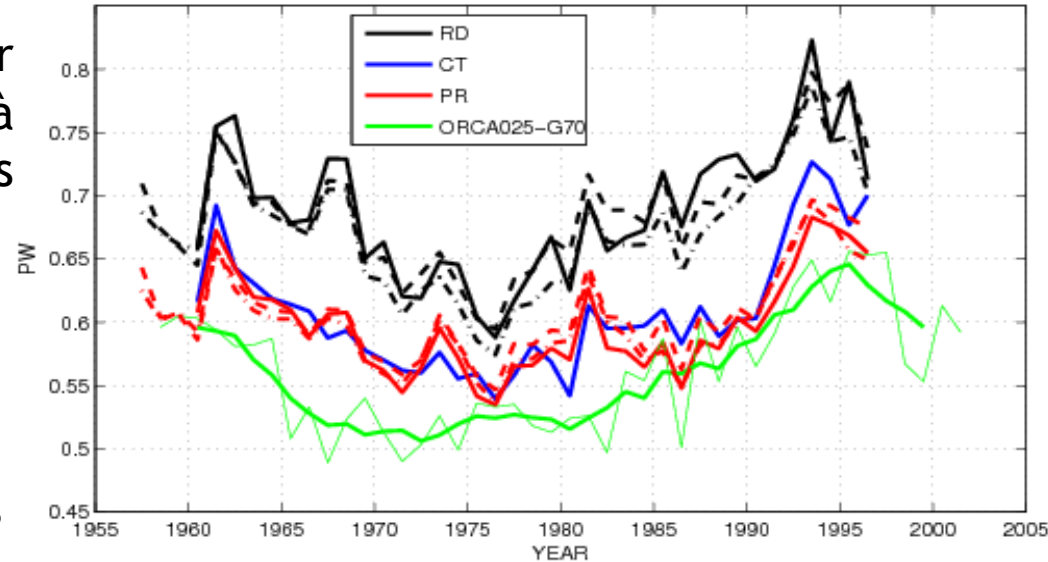
**PR Short Prognostic**

Mise en oeuvre : modèle régional Roms configuration  $\frac{1}{2}^\circ$  Atlantique Nord.

Anomalies pentadales de TS du World Ocean Database 2004 (Levitus, NODC) 1954-1958 à 1994-1998.

Forçages de surfaces NCEP/ERA40.

*Variations conjointes du maximum de transport de chaleur vers le nord (MHT), cellule méridienne de retournement (THC) et fonction courant barotrope (BSF) dans le tourbillon subpolaire de l'Atlantique Nord [Huck et al. 2008 GRL]*



# Objectifs

Utilisation des champs de température et salinité 3D ARIVO (F. Gaillard), générés à partir des mesures in situ (flotteurs profileurs Argo, XBT, CTD...) dans un modèle de circulation générale océanique en mode 'robust diagnostic' pour :

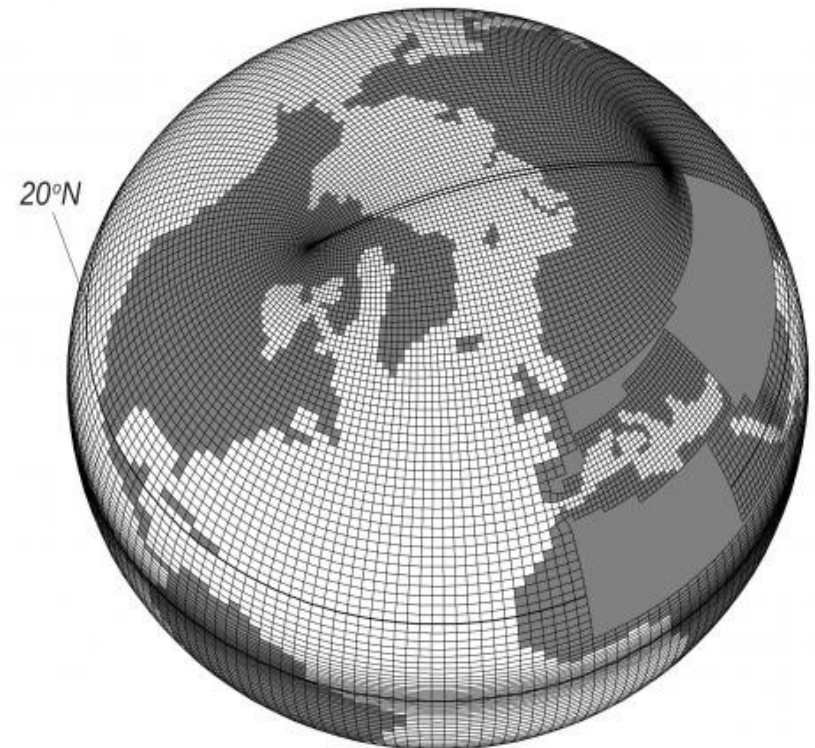
- estimer les variations de la circulation océanique grande échelle
- comparer avec les autres méthodes utilisées dans la communauté :
  - prognostiques, forcés à la surface (Drakkar)
  - assimilation, méthodes complexes (Mercator)

**Question : changements de la circulation océanique déjà perceptibles associés au changement climatique en cours ?**

# Méthode

- Modèle global  $\frac{1}{2}^\circ$  ORCA05
- Forçage DFS4 1958-2008
- *robust diagnostic* : rappel 3D avec coefficients décroissants avec la profondeur et la proximité du fond et de la côte [Madec et Imbard 1996]
- Champs utilisés pour le rappel 3D :
  - 1958-1996 anomalies pentadales de Levitus 0-3000m + cycle saisonnier moyen WOA05
  - 1997-2001 champs mensuels ARIVO 0-2000m sur Atlantique et WOA05 ailleurs
  - 2002-2008 champs mensuels globaux ARIVO  $70^\circ\text{S}$ - $70^\circ\text{N}$  0-2000 m et WOA05 ailleurs

ORCA mesh



# Caractéristiques techniques ORCA05

- Modèle océanique aux équations primitives en z avec surface libre  
Code NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean) aka OPA9  
Version Drakkar NEMODRAK\_v2.3 fortran90 modules...  
<http://www.nemo-ocean.eu/>
- Configuration globale  $\frac{1}{2}^\circ$  ORCA05  
grille tripolaire pour éviter la singularité du pôle nord  
grille 722x511x46 niveaux soit 16 971 332 points de grille  
mémoire totale utilisée 16 à 20 Go
- Parallélisation MPI par décomposition de domaine 4x4 4x8 8x8 4x32...
- Accès disque : 10 Go par année de simulation avec sauvegardes en moyennes mensuelles  
=> expérience de 50 ans avec sorties moyennes mensuelles = 400Go

# Performances sur caparmor

coeurs utilisés	coeurs réservés	caparmor1 (minutes)	caparmor2 (minutes)	découpage du domaine
16	16	100'	53'	4x4
16	32	54'	32'	4x4
32	32	50'	27'	4x8

Temps calcul pour 1 mois de simulation ORCA05

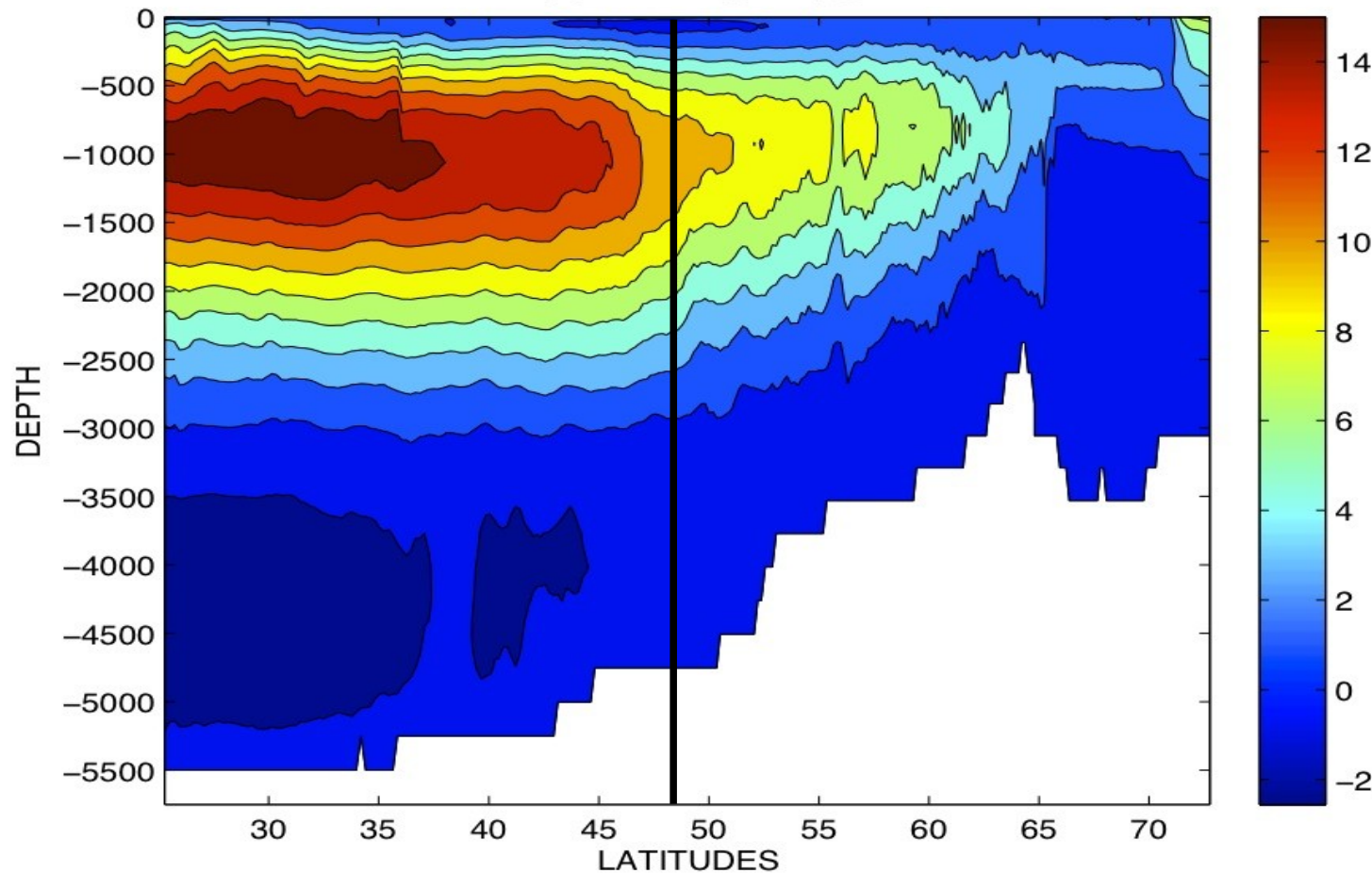
**Temps de restitution pour 50 ans de simu : 40 jours > 5 jours !**

- caparmor1 : 32 ou 64 coeurs, obligé de tronçonner les runs par mois pour éviter les interruptions de jobs qui reprenaient rarement voir jamais, suivi au jour le jour indispensable... :(
- caparmor2 : 128 coeurs, enchaînement de 50 runs de 1 an :)

# AMOC cellule méridienne de retournement dans l'Atlantique Nord

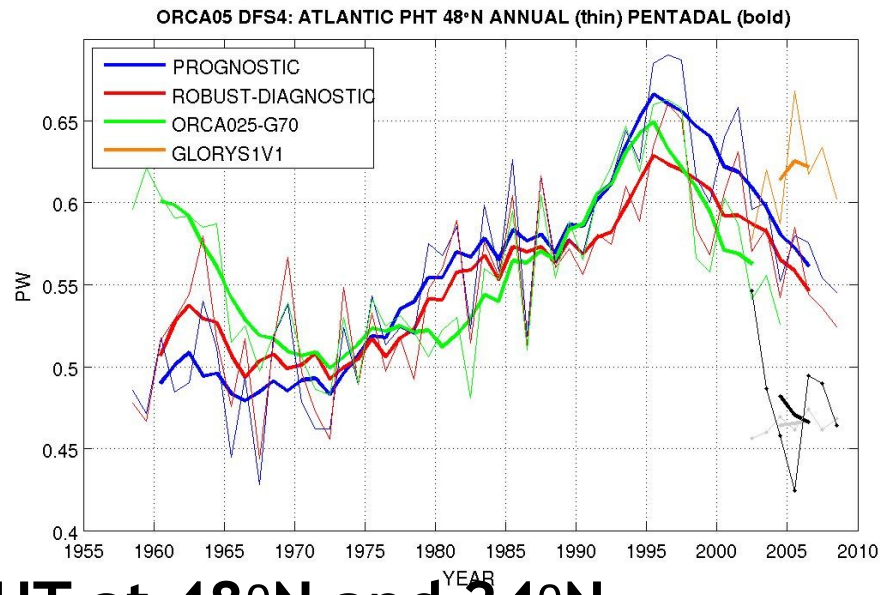
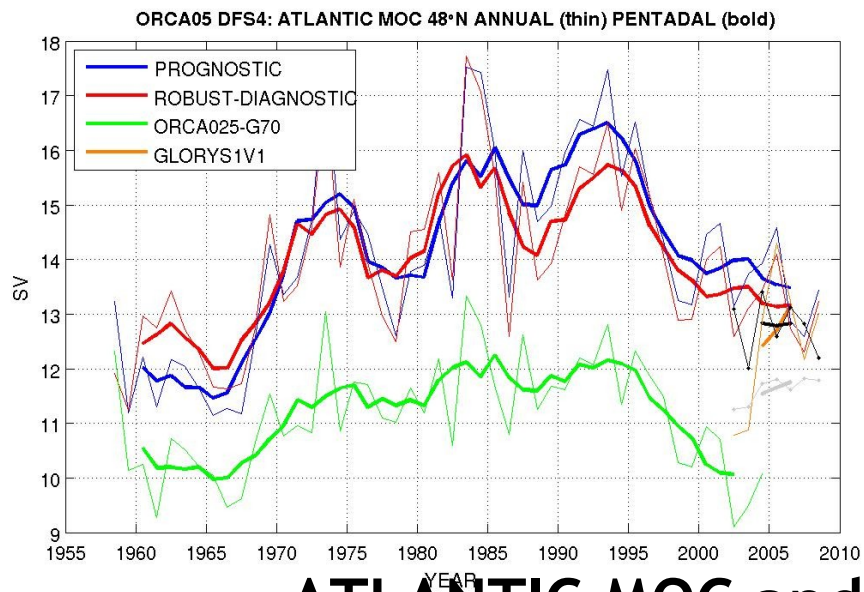
## MHT transport de chaleur vers le nord

MOC MEAN 1992–2005

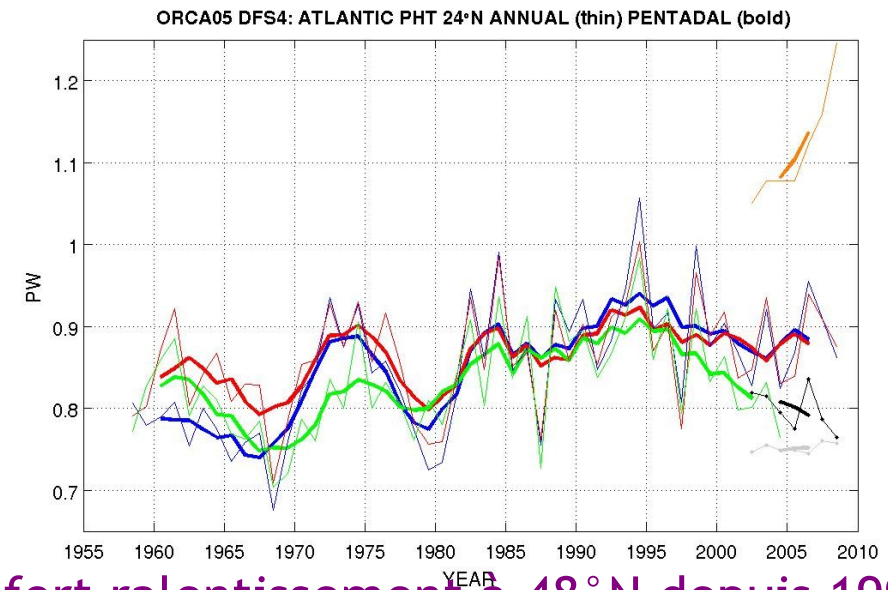
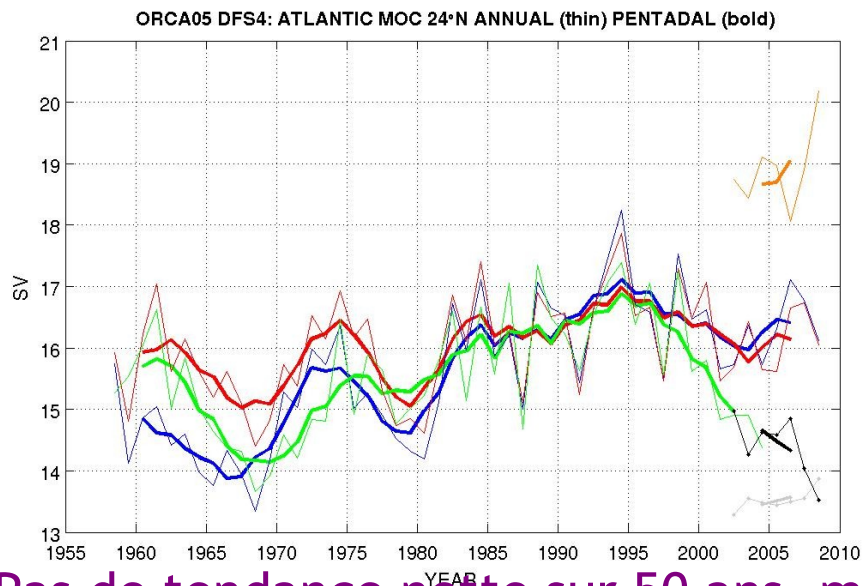


Unité Sv  
1 Sv =  $10^6$  m<sup>3</sup>/s  
débit de tous les  
fleuves du monde

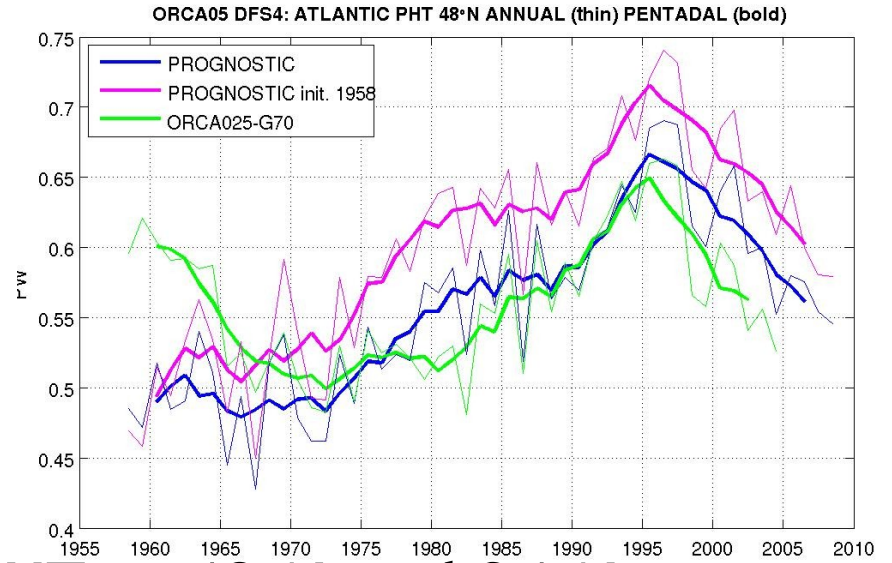
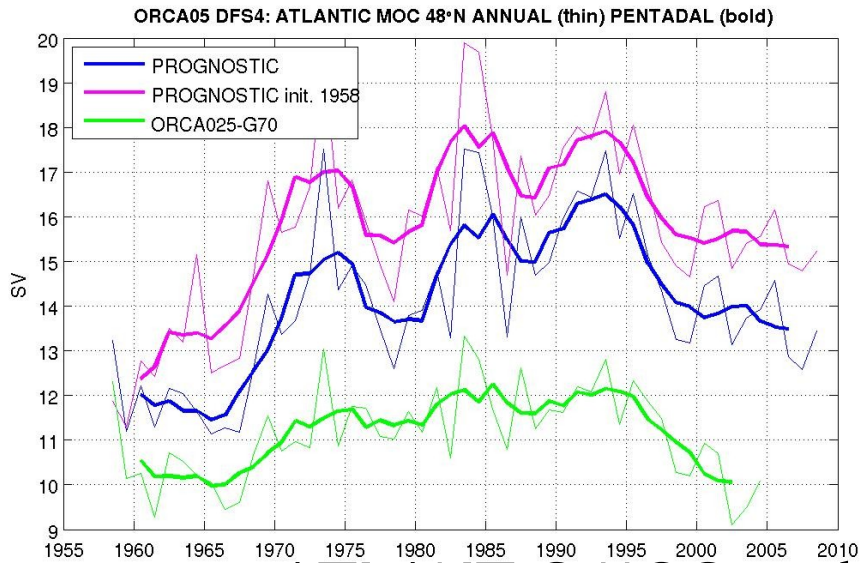




# ATLANTIC MOC and MHT at 48°N and 24°N

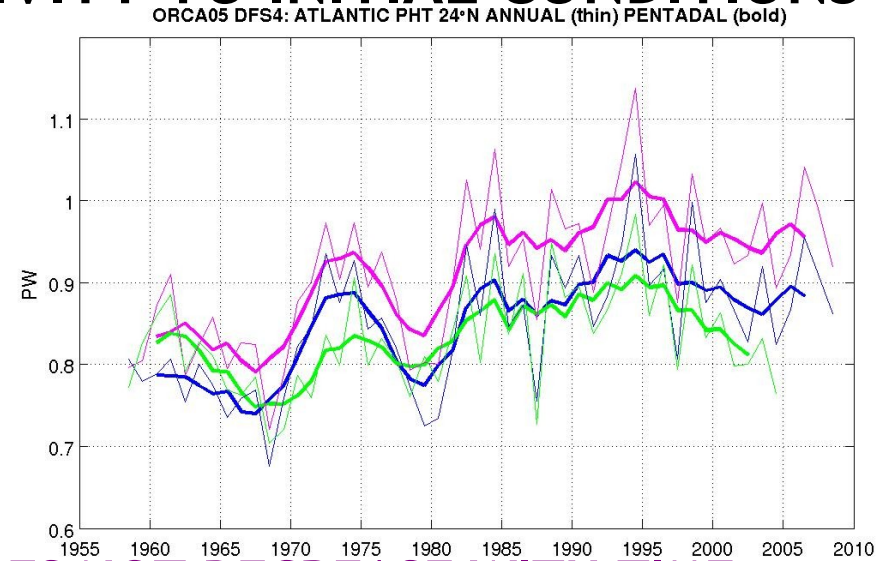
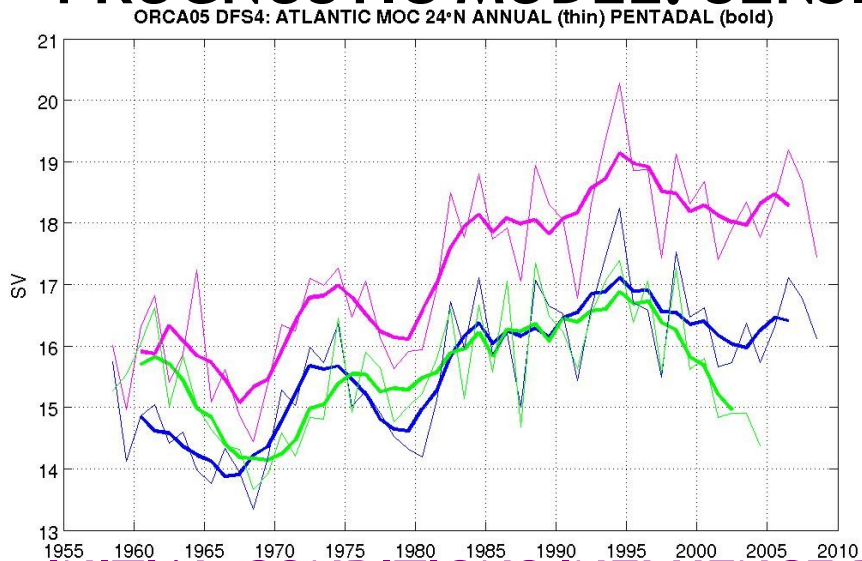


> Pas de tendance nette sur 50 ans, mais fort ralentissement à 48°N depuis 1995

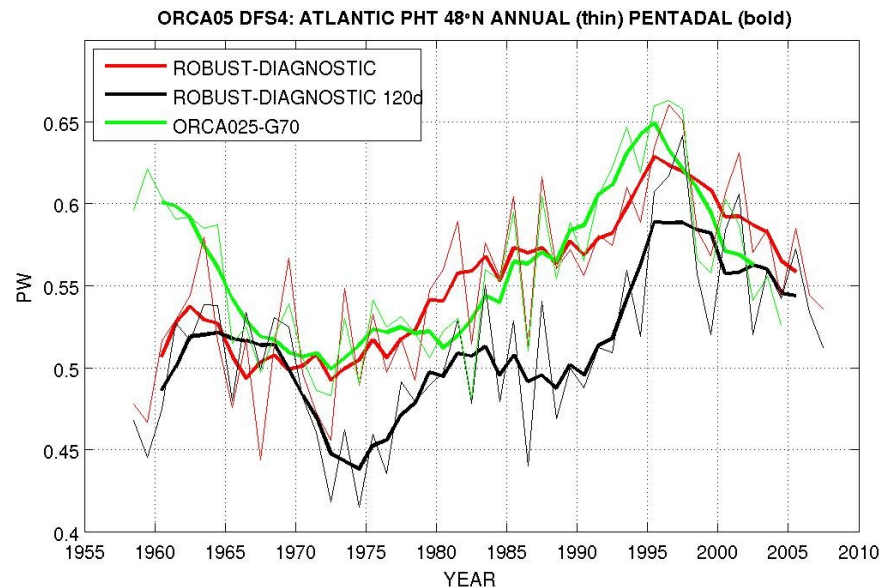
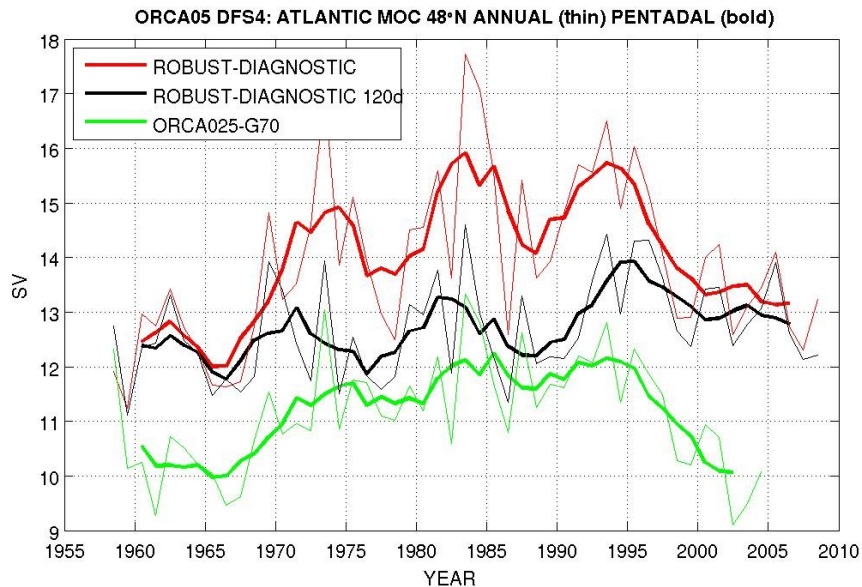


## ATLANTIC MOC and MHT at 48°N and 24°N

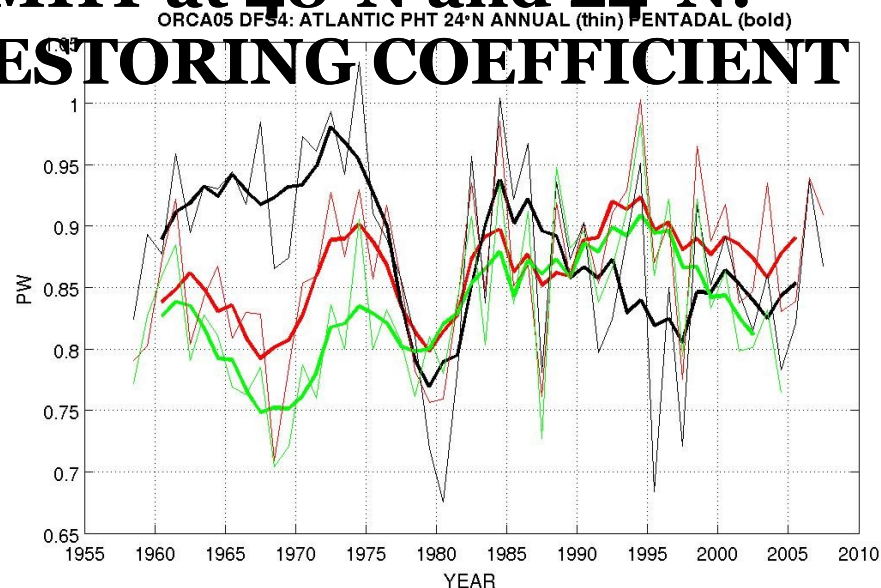
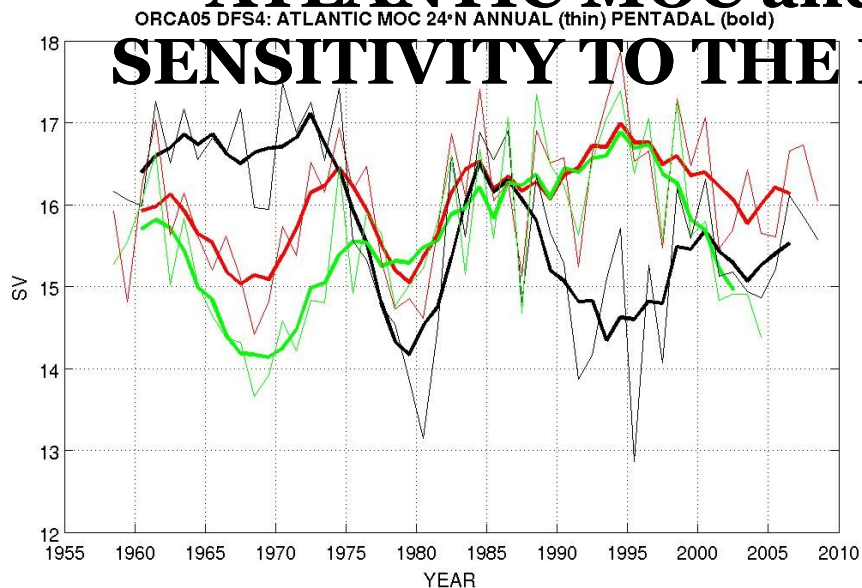
# PROGNOSTIC MODEL: SENSITIVITY TO INITIAL CONDITIONS



> INITIAL CONDITIONS INFLUENCE DOES NOT DECREASE WITH TIME  
 DESPITE SURFACE RESTORING



# ATLANTIC MOC and MHT at 48°N and 24°N: SENSITIVITY TO THE RESTORING COEFFICIENT



> SOME INFLUENCE ON DECADEAL VARIABILITY AMPLITUDE AND TREND

# Conclusions

(+) Reconstitution de la variabilité multidécennale dans l'Atlantique (AMO) en accord avec les runs prognostiques : réduction importante du transport de masse et de chaleur à 48°N depuis 1995, à l'inverse de la tendance 1958-2008

(-) Problèmes/questions

- influence majeure de la configuration modèle sur les valeurs absolues
- '*spin up*' : dérive modèle sur décennies... comment distinguer ajustement et réponse aux forçages ?
- inhomogénéité des forçages et des champs TS sur la période (en cours)
- influence des changements hydrologiques <2000m ? mesures manquent

Validation en cours avec les valeurs mesurées sur la section hydrologique et courantométrie Ovide en 2002, 2004, 2006 et 2008 pour estimer l'apport du rappel 3D

# Perspectives - nouveaux challenges

- **Simulations couplées climatiques >> 1000 ans**  
modèles océan glace atmosphère basse résolution (2°)  
=> moindre efficacité de la parallélisation !  
mais intégrations très très longues...
  - modèle UVic\_ESCM : océan PE MOM2, modèle de glace, atmosphère 'energy balanced' : 800 ans/jourCPU en monoproc sur caparmor
  - couplage ORCA2-LIM SPEEDY/PUMA (O. Arzel) pour étudier la variabilité naturelle du climat et notamment l'oscillation Atlantique multidécennale (projet Ti Ammo récemment soumis à INSU/LEFE)