

# Variations de la circulation océanique grande échelle dans l'Atlantique Nord depuis 1950 à partir des données in situ

(projet LEFE EVE RECO 2006-2008, puis GMMC EuroArgo TOCAD)

**Thierry Huck,**

Alain Colin de Verdière, Philippe Estrade, Richard Schopp,  
Fabienne Gaillard, Angélique Melet, Patrice Bellec,  
Anne Marie Treguier, Jean Marc Molines, Raphael Dussin,  
Herlé Mercier, Thierry Reynaud

**Laboratoire de Physique des Océans, Brest**

<http://www.ifremer.fr/lpo/thuck/>

# Motivation

---

Prévoir l'évolution de la circulation océanique dans le cadre du réchauffement climatique... mais comment la circulation grande-échelle a-t-elle évolué par le passé ? (notamment durant les cinquante dernières années 'instrumentales')

## *Différentes approches*

- modèles prognostiques forcés (mais large incertitude sur les flux, dérives)
- modèles prognostiques avec assimilation (Mercator, réanalyses)
- **modèles 'diagnostiques' (inverse, 'robust diagnostic')**

**Objectif** : documenter les variations de la circulation océanique grande-échelle depuis 1950 à partir des données in-situ

- champ de densité (température + salinité) fournit la circulation barocline par le vent thermique
- tension de vent donne le mode barotrope

## ***Travail en 2 étapes***

1. construction de champs de température et salinité sur des périodes réduites (mois, années, triades, pentades selon densité données) :  
F. Gaillard, LPO, ARIVO – R. Curry, WHOI, Hydrobase – S. Levitus, NODC, WOD
- 2. utilisation de ces champs pour déterminer une circulation grande-échelle 'diagnostique'**

# Champs interannuels de température et salinité

---

- **WOD2004** : anomalies pentadales de TS de 1955-59 à 94-98, grille globale  $1^\circ \times 1^\circ$  sur 28 niveaux de 0-3000m + climatologie jusqu'au fond (Levitus et al. 2005, Boyer et al. 2005, NODC) – analyse objective des anomalies mensuelles en z, lissage très important  $O(1000\text{km})$ , pas de mise à jour régulière, pas de contrôle des outils pour produire les années récentes, faible résolution verticale (500m à partir de 2000m)
- **Hydrobase** : anomalies pentadales et décennales de TS surface-fond sur grille  $1^\circ \times 1^\circ$  Atlantique de 1970-74 à 2000-04 – gridding et interpolation sur 85 niveaux isopycnaux (R. Curry, WHOI ; Lozier et al. 1994, 1995) avec outils et données hydrobase (T. Huck, P. Bellec)
- ARIVO (F. Gaillard) : grille  $1/2^\circ$  Mercator, 59/152 niveaux verticaux 0-2000m, analyse objective en z des anomalies par rapport aux moyennes mensuelles des données Coriolis et LPO (Autret Gaillard 2005)
  - **ARRAATYn** analyses annuelles (ou sur n années) TS depuis 1980 sur Atlantique  $20^\circ\text{S}-70^\circ\text{N}$  ;
  - **ARRAGL05** analyses mensuelles globales 2002-2008
- + réanalyses atmosphériques NCEP depuis 1948 et ERA-40 1958- 2001 pour les flux de surface (vent), CORE DFS4 pour OPA

# Etape 1 : comparaison de 3 méthodes

---

**Modèle ROMS** (Shchepetkin et McWilliams 2005) version UCLA/IRD  
principalement pour la facilité de configuration et de génération des  
champs initiaux et forçages (ROMSTOOLS/matlab, Penven 2003)

## **Configuration régionale**

- Atlantique Nord : N10°-66° W100°-E15° au ½°, 50 niveaux sigma
- étape méthodologique (absolument aucun 'tuning')
- inconvénient : lissage de la topographie

**CT** *constant tracers* = diagnostique (Holland et Hirschman 1972)  
seule la dynamique est intégrée dans le temps,  
ajustement en 1 mois, champs finaux moyens sur mois 7-12

**RD** *robust diagnostic* (Sarmiento et Bryan 1982)  
intégration dynamique + thermodynamique avec rappel sur TS avec un  
temps caractéristique uniforme de 30 jours  
ajustement en 6 mois, champs finaux moyennés sur 2<sup>e</sup> année

**PR** *short prognostic* (Ezer et Mellor 1994)  
intégration dynamique + thermodynamique sur 30 jours  
ajustement barotrope sans dérive notable de TS  
champs finaux moyennés sur 15 jours suivants

- Différences entre champs finaux et initiaux comparables pour RD et PR :  
rms 0.3K à 100m, 0.05K à 1000m, et moins de 0.01K en dessous de 2000m.  
Mais RD à l'équilibre alors que PR dérive rapidement...

# Champs TS et vents climatologiques

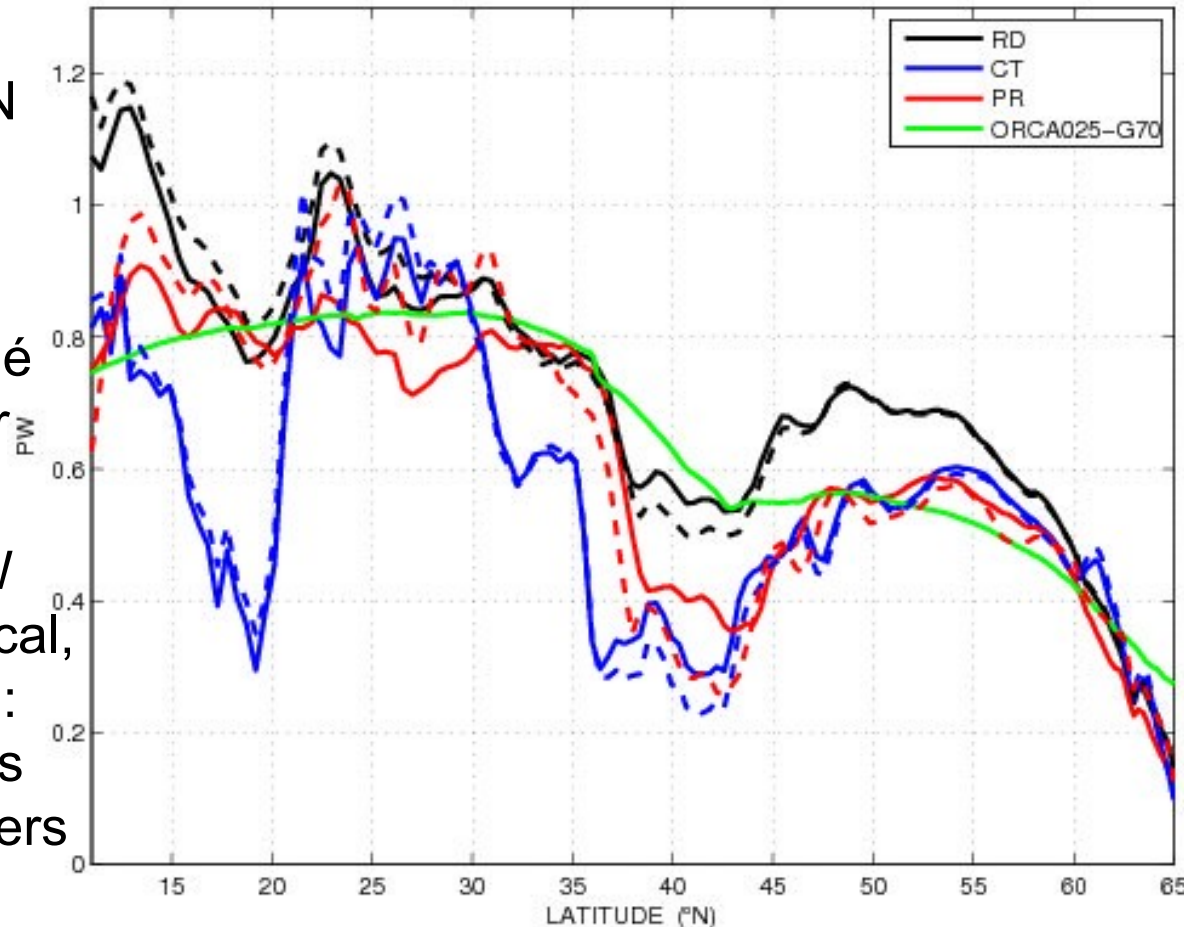
**CT:** KE et circulation barotrope les plus fortes, mais champs bruités et recirculations importantes autour de topographie (réduites par ajustement du champ de densité)

**PR:** circulation barotrope la plus faible, spin-up peut-être trop court

**PHT:** minimum autour de  $42^{\circ}\text{N}$  (intergyre), en partie dû à l'absence de contribution turbulente.

**CT:** minimum bizarre à  $19^{\circ}\text{N}$  lié à recirculations barotropes sur pentes.

**RD:** PHT le plus fort, 0.7/1 PW dans gyre subpolaire/subtropical, 0.2 PW au dessus des autres : gyre subtropical barotrope plus intense, courant de bord est vers le nord plus prononcé, et overturning plus intense.

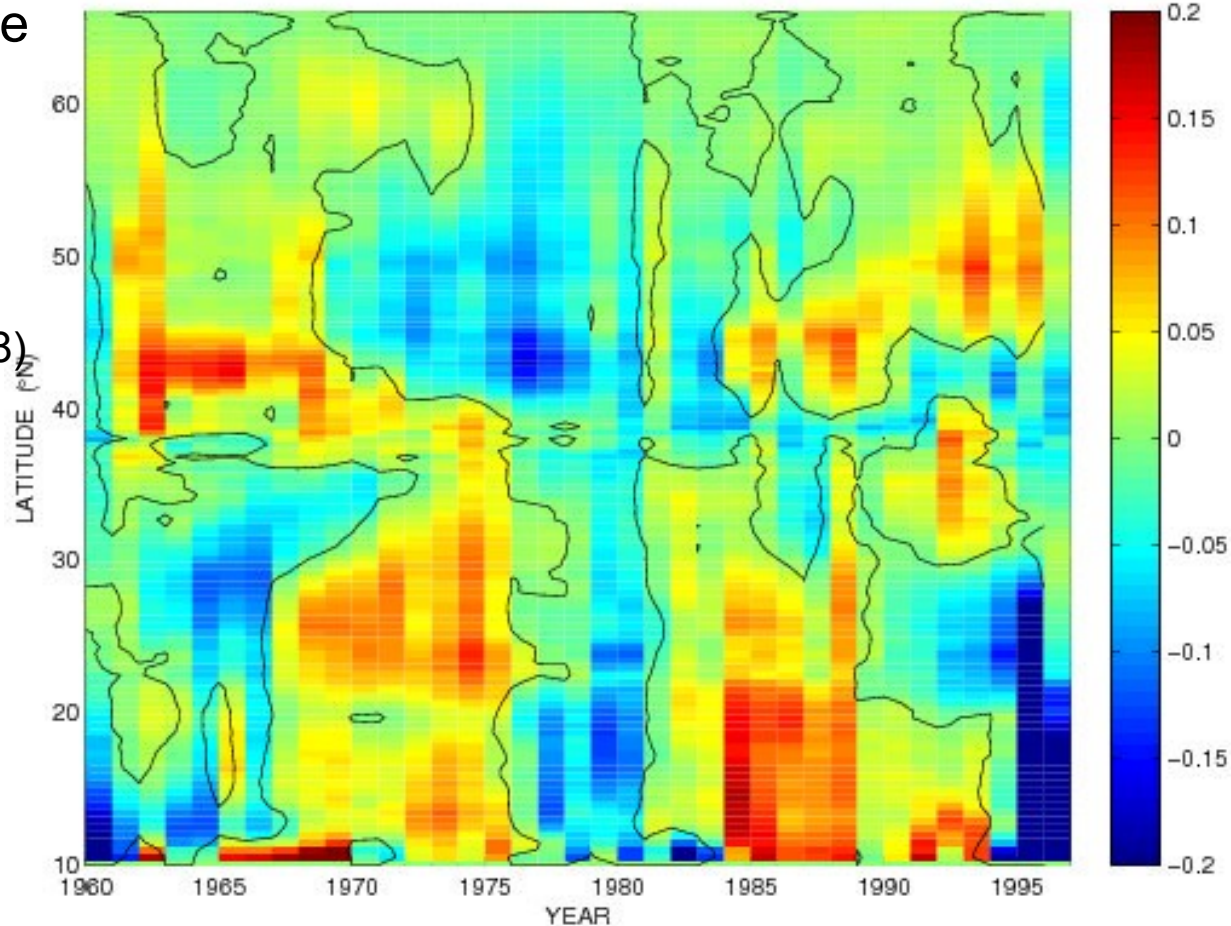


**Transport méridien de chaleur (PW)**

# Variations du transport méridien de chaleur

► opposition de phase entre gyre subtropical/subpolaire ( $r = -0.6$  à  $-0.8$  entre 22-25N et 48-54N), en accord avec EOF1 du PHT dans ECCO 1993-2003 (Cabanès et al. 2008)

► gyre subtropical : PHT maximum en 1968-75 puis 1984-88, variations corrélées avec MOC ( $r = 0.82$ ) dont la contribution domine, mais pas avec fonction courant barotrope.



*Anomalie de PHT (PW) pour la méthode RD avec les vents ERA-40*

# Gyre subpolaire: variation coordonnée THC, $\psi$ barotrope, PHT

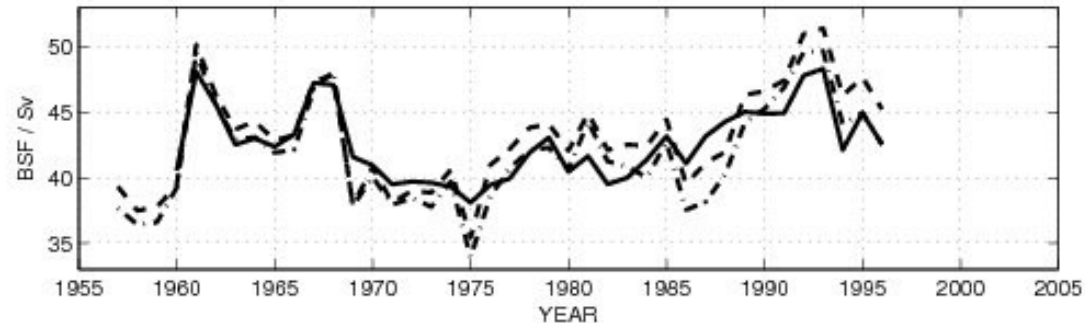
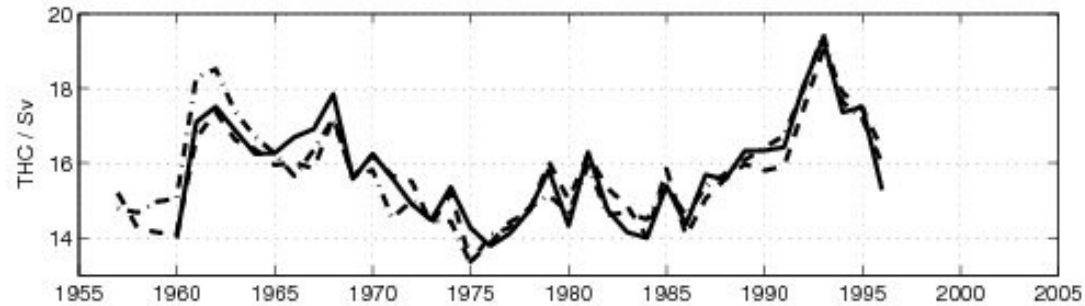
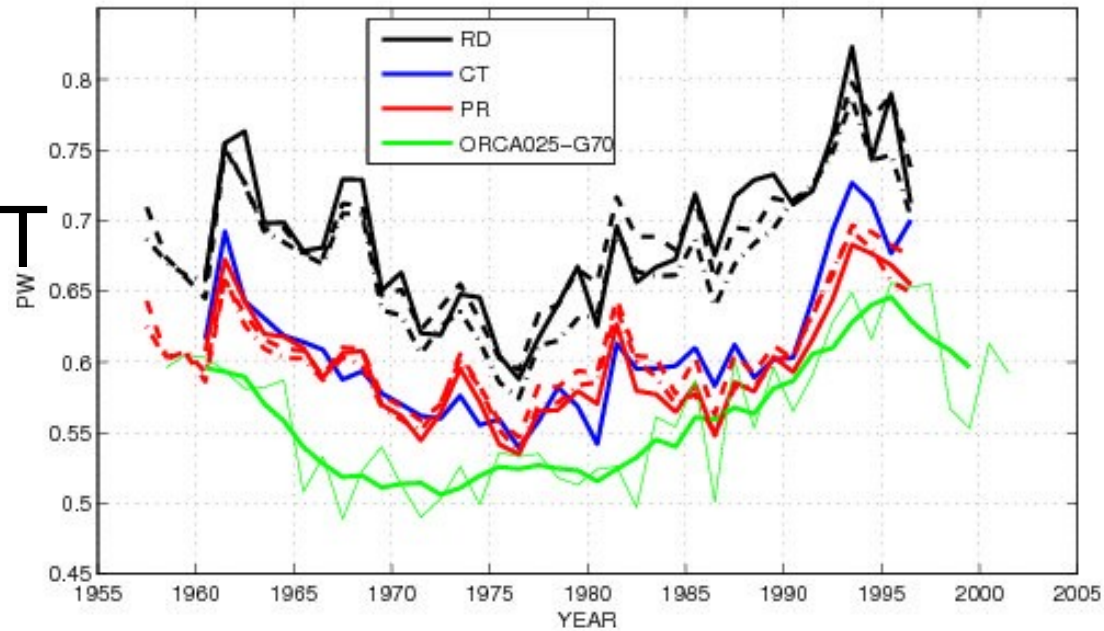
► transports de chaleur et de masse maximums dans les années 60 et 90, minimums au milieu des années 70.

- variations de  $0.15 \text{ PW}$  cohérentes avec ORCA025

► variations de PHT dues aux changements de vitesses méridiennes plutôt que de température sauf à l'intergyre. à  $48^\circ\text{N}$ ,  $r=0.86$  avec  $v'Tbar$ .

► variations des contributions moyennes sur la verticale contrôlent le PHT.

à  $48^\circ\text{N}$ ,  $r=0.87$  avec intensité du gyre barotrope ( $0.81$  avec MOC)

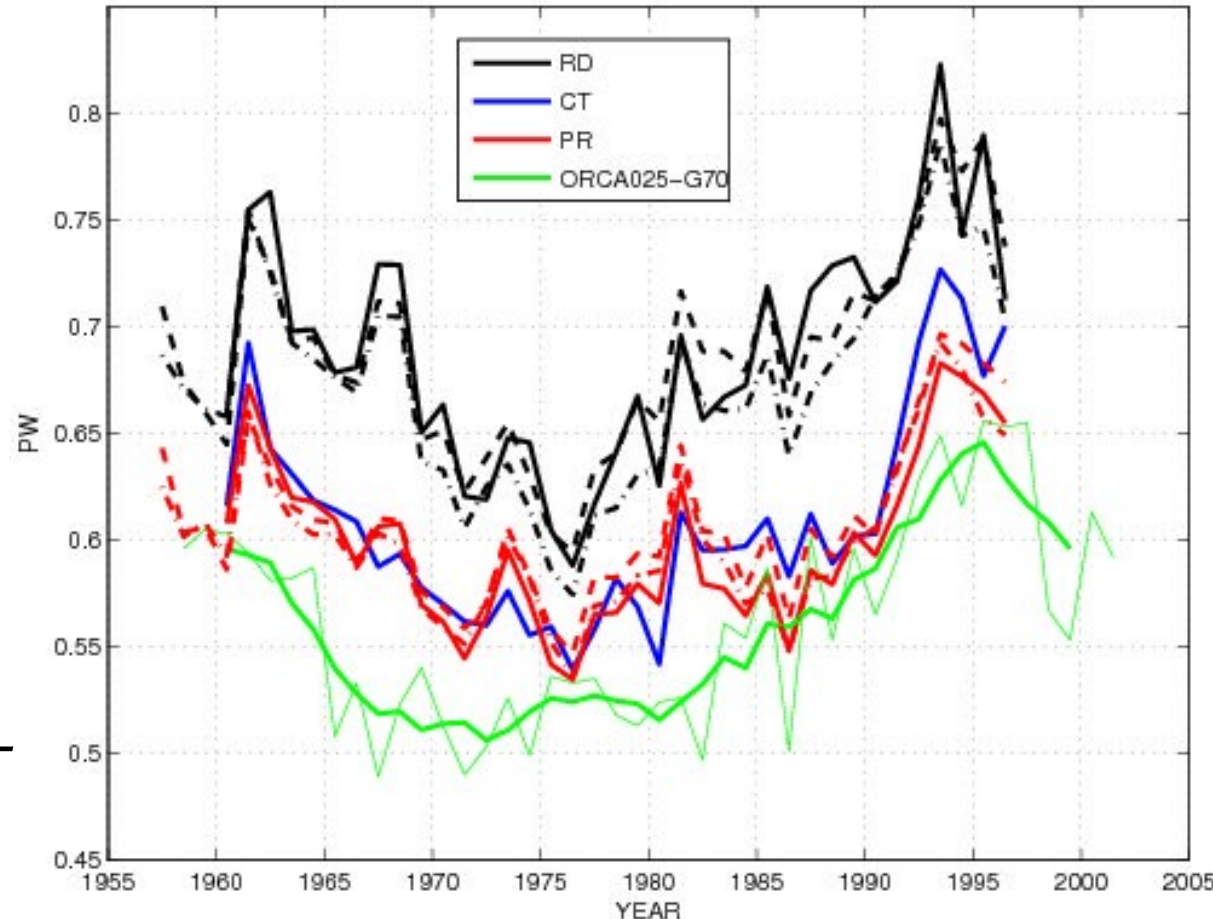


# Importance relative champs TS vs forçage surface

► Influence très faible du forçage par rapport aux variations TS interannuelles.

NB moyennes sur 5 ans lissent majeure partie de variabilité interannuelle liée à NAO (rms=0.45 vs 1.1)

*Variations des champs TS dominant les variations inter-annuelles : intègrent variations des échanges air-mer, qui n'ont plus besoin d'être prescrits précisément.*



**Maximum du PHT dans le gyre subpolaire (45-60N) pour 3 forçages : ERA-40 (plein) ou NCEP (tiret) moyenné sur 5 ans, ERA-40 moyen sur les 40 ans (tiret point).**

# Etape 2 : modèle global *robust diagnostic*

## OPA ORCA2 et ORCA05 configs Drakkar

### **Improvements**

- cycle saisonnier dans le forçage (CORE, DFS4) et les champs de rappel mensuels
- coefficient de rappel plus faible et variable spatialement (Madec Imbard 1996)

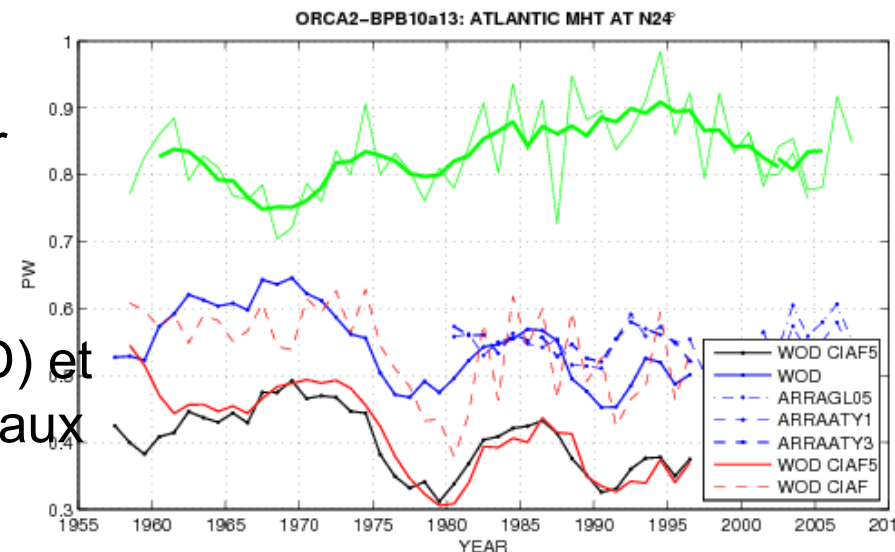
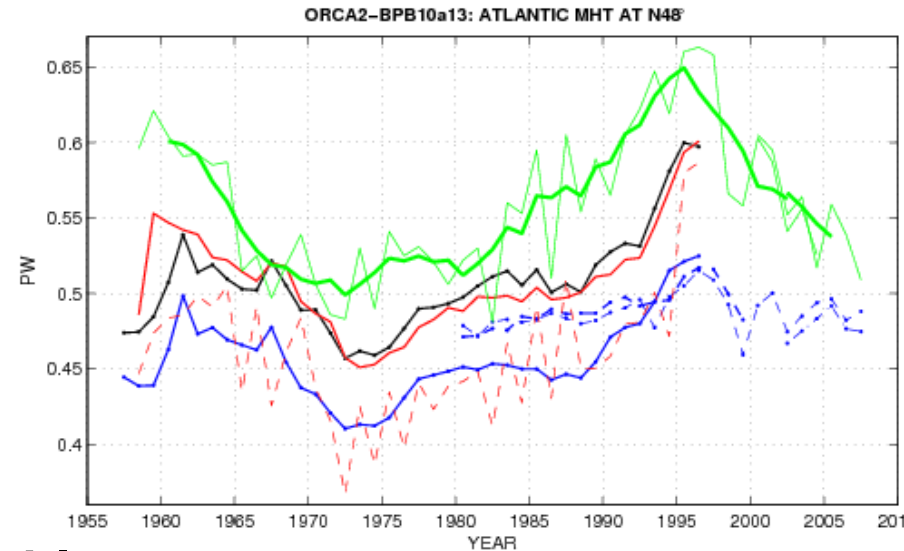
**2 configurations Drakkar** (grand merci !)  
ORCA2 (2°) et ORCA05 (1/2°)

### **2 types de simulation → résultat comparable**

- "à l'équilibre" (10ans, moyenne/2ans)
- continues 1958-2004 type Drakkar

**Résultats** ORCA2 cohérents avec Drakkar  
ORCA025-G70 dans gyre subpolaire,  
*mais incohérents dans gyre subtropical ?*

Problème pour continuité 1958-1996 (WOD) et  
2002-2008 (ARIVO) ? pas de champs globaux  
entre 1997 et 2001 (à venir)

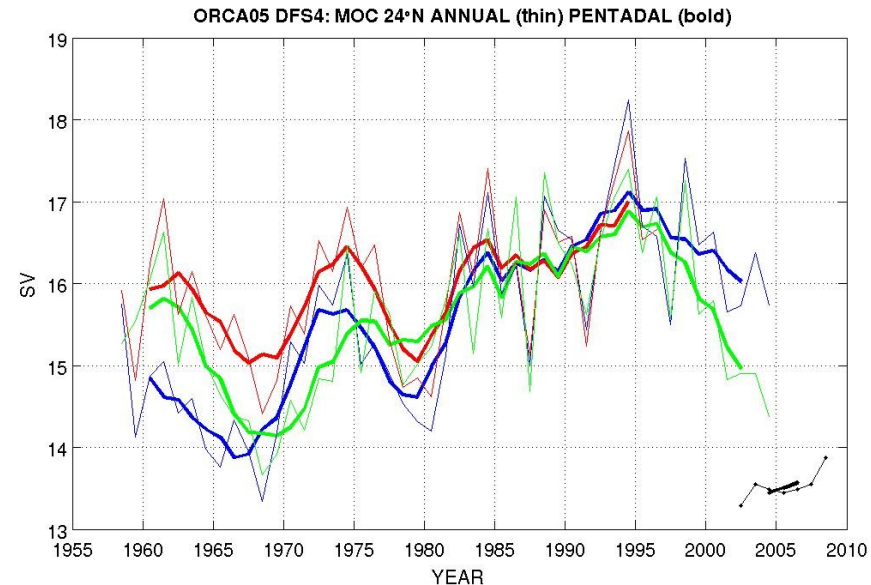
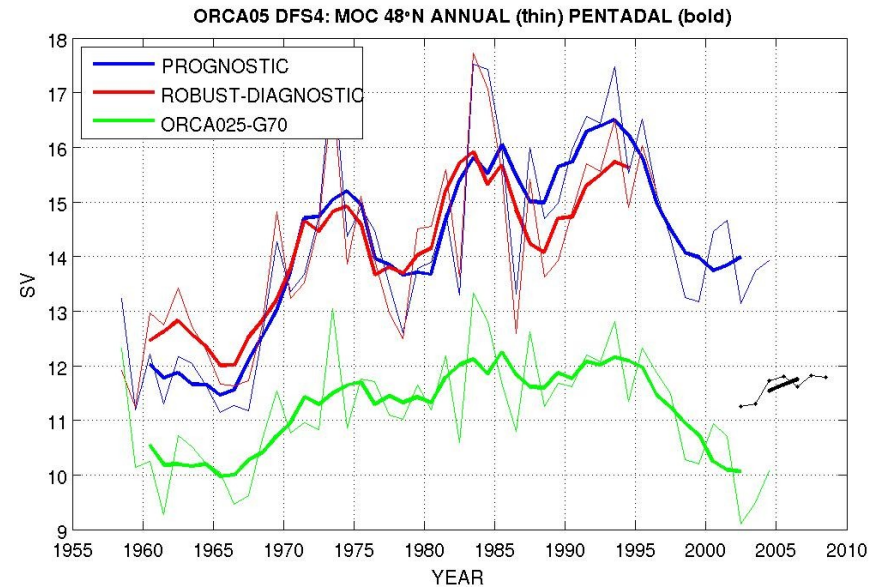


# last minute...

ORCA05 DFS4 avec et sans rappel aux anomalies pentadales de Levitus WOD2004 (lignes continues rouge et bleue), et expériences à l'équilibre pour 2002-2008 (trait noir)

► variations cohérentes de l'AMOC avec ORCA025-G70 dans gyre subpolaire **et** subtropical

► augmentation de la MOC depuis 2002 à 24°N et 48°N alors que le transport de masse et de chaleur diminue sur les sections Ovide entre Groenland et Portugal...



# Conclusions et perspectives

---

- ▶ méthodes simples à mettre en oeuvre permettant de valider des méthodes plus sophistiquées (assimilation variationnelle)
- ▶ accord heureux avec les résultats de modèles prognostiques (Drakkar), mais attention aux rappels de SST voire SSS climatologique...
- ▶ reste à déterminer les raisons des incohérences dans le gyre subtropical pour ORCA2 : résolution, initialisation...?

## ***Perspectives***

- relation avec les valeurs mesurées sur Ovide et 24°N (en cours)
- comparaison avec des inversions sur les mêmes jeux de données (travail en cours avec H. Mercier et T. Reynaud)

## ***Questions en suspens***

- influence des changements hydrologiques <2000m ?
- cohérence en latitude des anomalies de MOC THC  $\Psi_{bt}$  PHT ?
- raisons des modifications synchrones dans gyre subpolaire : forçage, dynamique ?