

Evolution basse-fréquence des température et salinité dans l'Atlantique Nord et changements de la circulation océanique grande-échelle associés

Thierry Huck,
Fabienne Gaillard, Angélique Melet, Patrice Bellec, Thierry Reynaud,
Alain Colin de Verdière, Richard Schopp, Thierry Begot

Laboratoire de Physique des Océans, Brest

Motivation

prévoir l'évolution de la circulation océanique dans le cadre du réchauffement climatique
⇒ comment la circulation grande-échelle a-t-elle évolué par le passé ?
(cinquante dernières années 'instrumentales')

Différentes approches

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

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

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

2 étapes

- I. construction de champs de température et salinité sur des périodes réduites : années, pentades...
- II. utilisation de ces champs pour déterminer une circulation grande-échelle 'diagnostique'

Produit existant

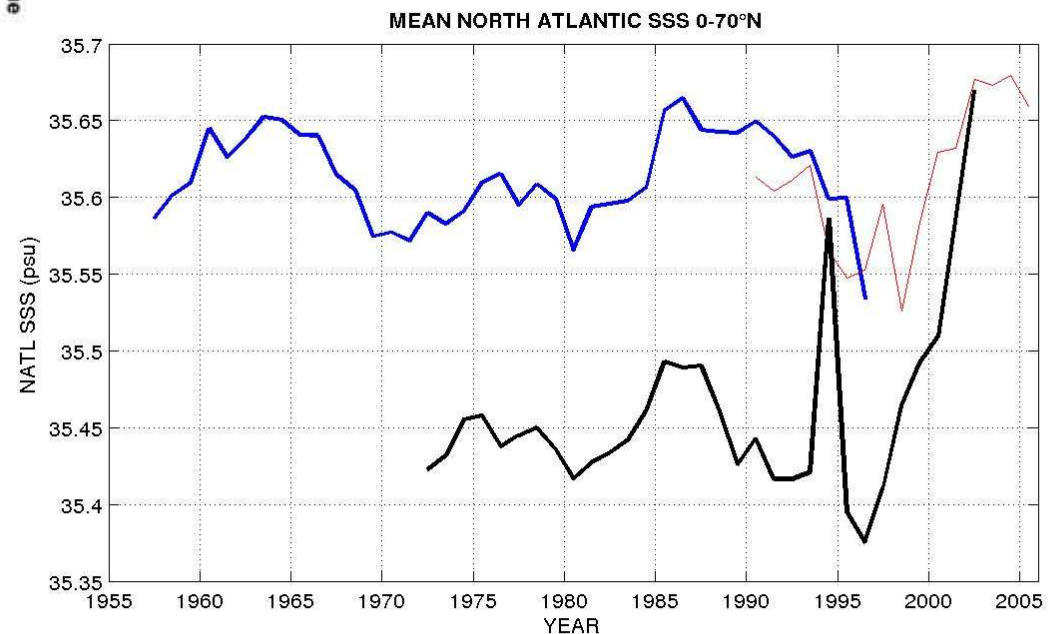
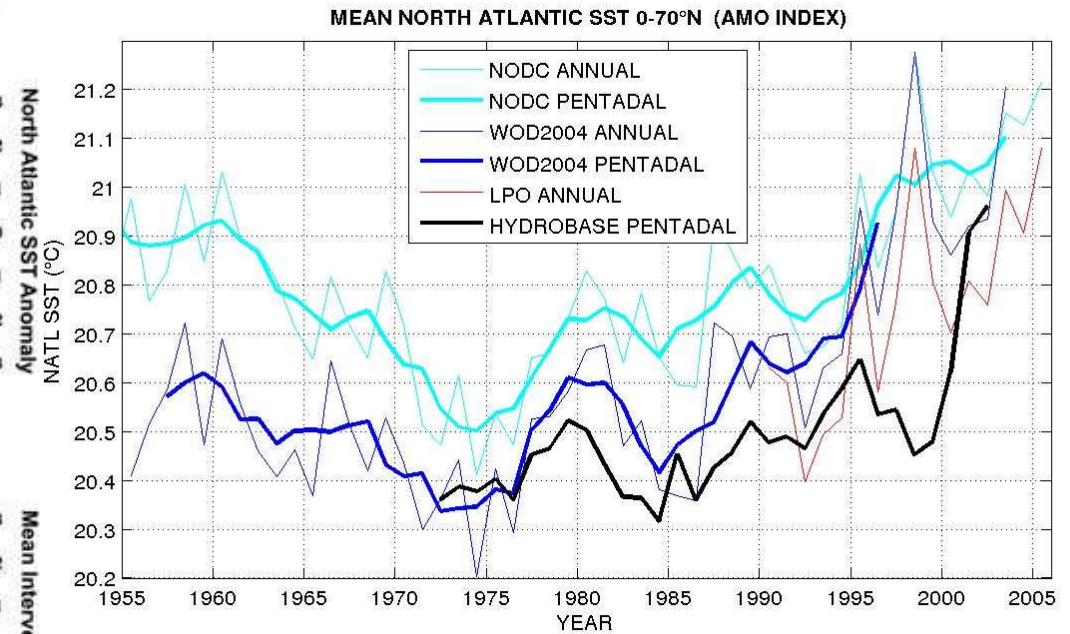
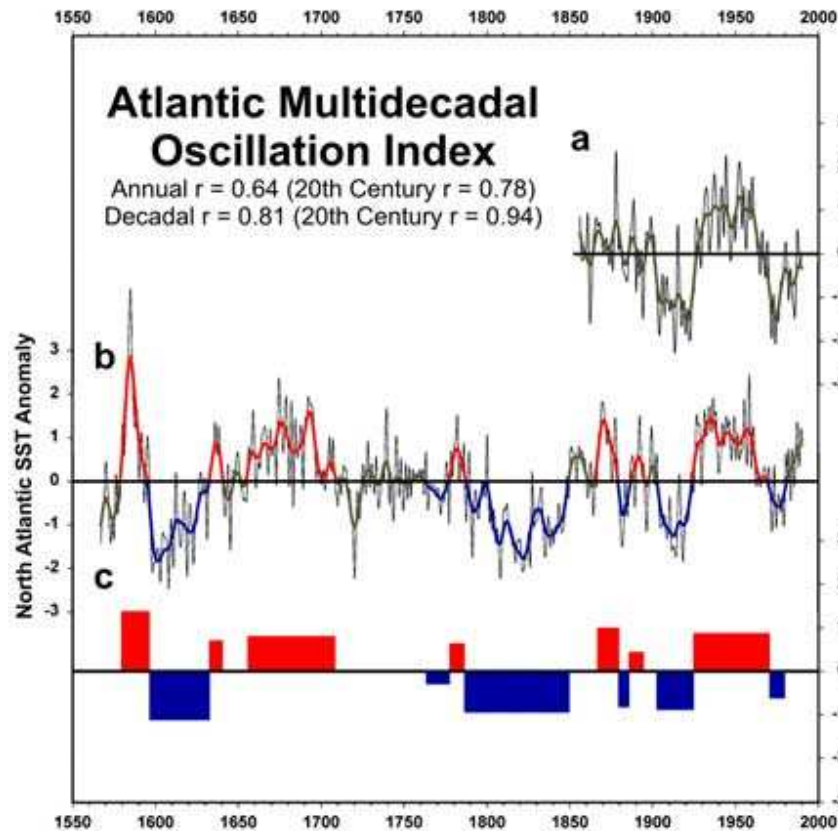
WOD2004 : Levitus et al. 2005, Boyer et al. 2005 (NODC)
champs de température et salinité pentadales
de 1955-1959 à 1994-1998
climatologie globale 1°, 28 niveaux z de 0-3000m
analyse objective des anomalies par rapport aux
moyennes mensuelles

Inconvénients :

- pas de mise à jour régulière, pas de contrôle des outils pour produire les années récentes
- faible résolution verticale (500m à partir de 2000m)
- lissage spatial très important, échelle O(1000km)

Développement de 2 produits

- température et salinité annuelle de 1990 à 2005
Atlantique S20° -N70°, grille 1/2° Mercator
59 niveaux z 0-2000m
données Coriolis et LPO
analyse objective des anomalies par rapport aux moyennes mensuelles (Autret et Gaillard 2005 pour Coriolis)
stage ingénieur A. Melet 2006 encadré par F. Gaillard
- température et salinité pentadales de 1970-1974 à 2000-2004
Atlantique S80°-N80°, grille 1°
85 niveaux z de la surface au fond
outils et données **hydrobase** (R. Curry, WHOI)
gridding et interpolation **isopycnale** (Lozier at al. 1994, 1995)
validation en cours



période 50-70 ans

indice = anomalie de SST
 moyenne Atlantique 0-70°N
 (detrended)

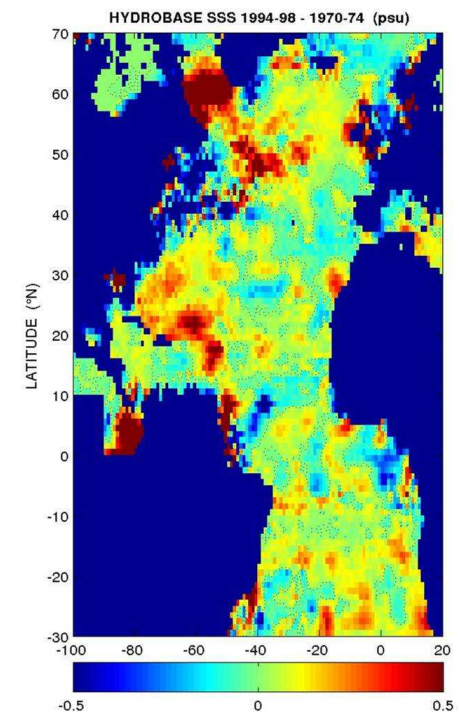
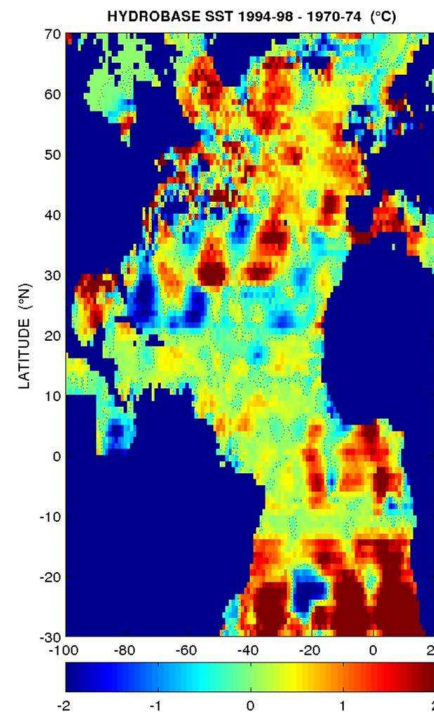
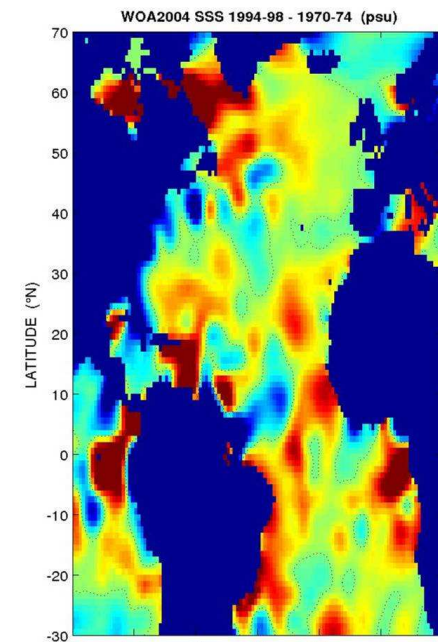
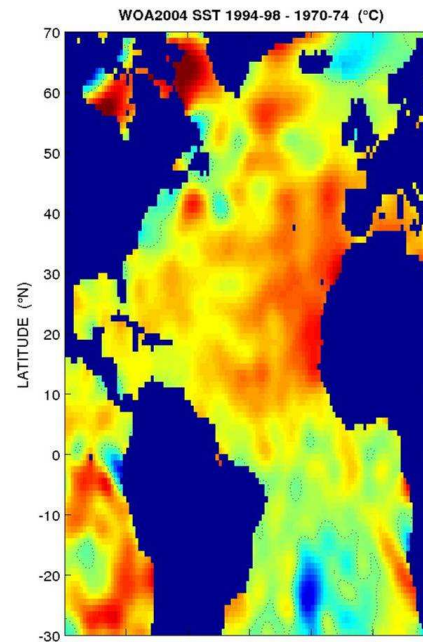
reconstruit depuis 1570...

➤ hydrobase : manque de
 données en température,
 problème en salinité ?

SST et SSS 1994-98 – 1970-74 (AMO+) – (AMO–)

WOA2004 :
lissage !

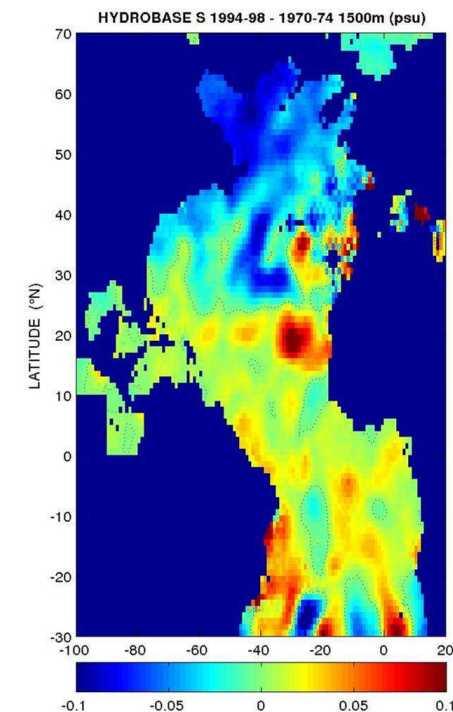
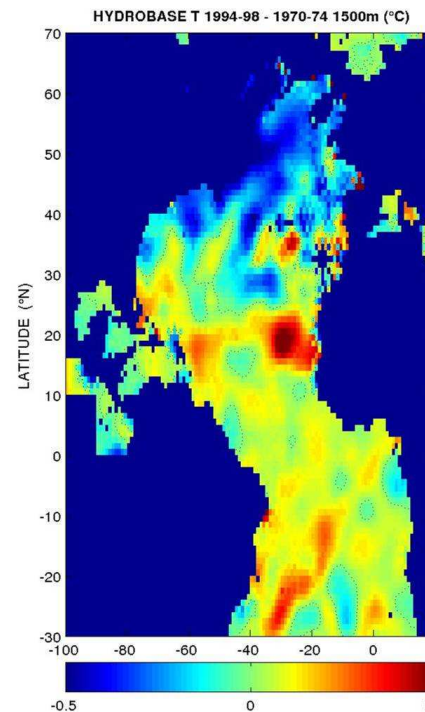
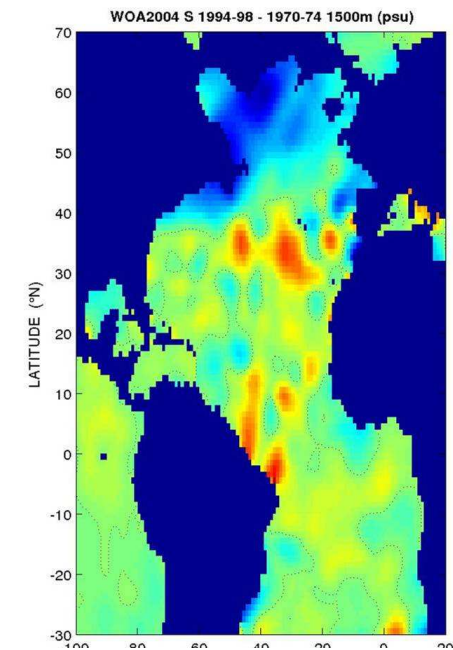
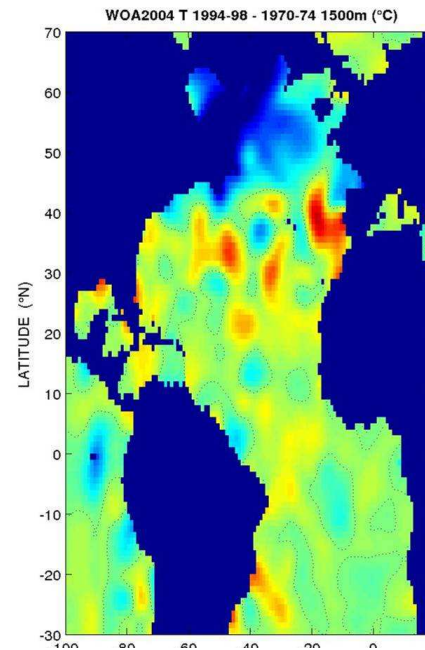
hydrobase :
structures plus
petites échelles,
certaines à vérifier



T et S à 1500m
1994-98 – 1970-74
(AMO+) – (AMO–)

WOA2004 :
lissage !

hydrobase :
structures similaires
mais anomalies plus
marquées, quelques
différences notables



Étape I : Bilan

- pas assez de données de salinité pour estimer des champs annuels, sauf depuis 2003 (Argo, 0-2000m)
 - champs moyens sur 5 ans
 - variabilité basse fréquence, décennale à multidécennale
- méthode isopycnale à développer (analyse objective) : résultats encore peu satisfaisants, à valider

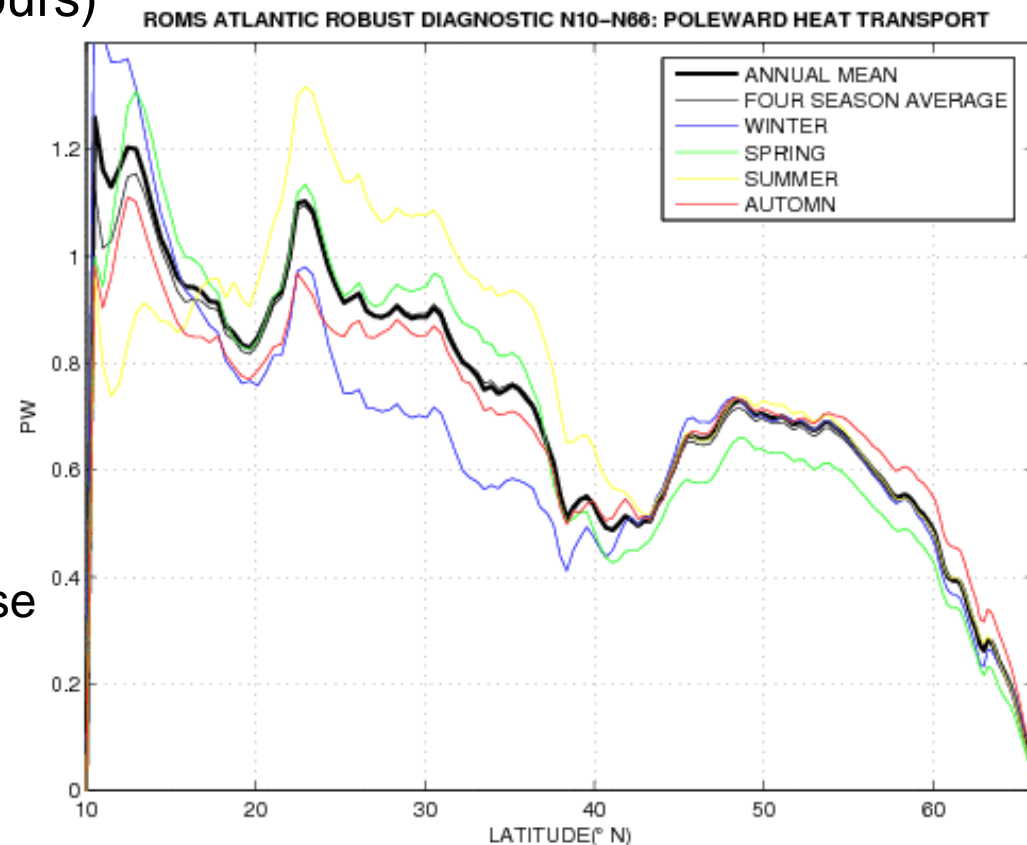
Estimation de la circulation océanique grande-échelle à partir de champs TS et vent

Méthodes mises en oeuvre

- diagnostique Sverdrup + vent thermique (poster GMMC 2005)
- **modèle dynamique diagnostique et 'robust diagnostic'**
- inverse (Mercier, Grit, en cours)

Question préliminaire :

moyenne annuelle de la circulation
= circulation calculée sur la
moyenne annuelle des champs ?
(Böning et Hermann 1994,
Mercier et Grit pour Gyroscope)
✓ moyenne (analyse diagnostique
sur climatos saisonnières) = analyse
sur climato annuelle moyenne



Modèle et configuration

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

Configuration

- Atlantique Nord : N10°-66° W100°-E15° au 1/2°, 50 niv eaux s
- frontières fermées
- climatos TS : anomalies pentadales WOA2004 0-3000m + climato
moyenne en dessous
- vents : moyens sur 5 ans ERA40 (1958-2001) ou NCEP (1948-)
- étape méthodologique (absolument aucun 'tuning')

2 modes

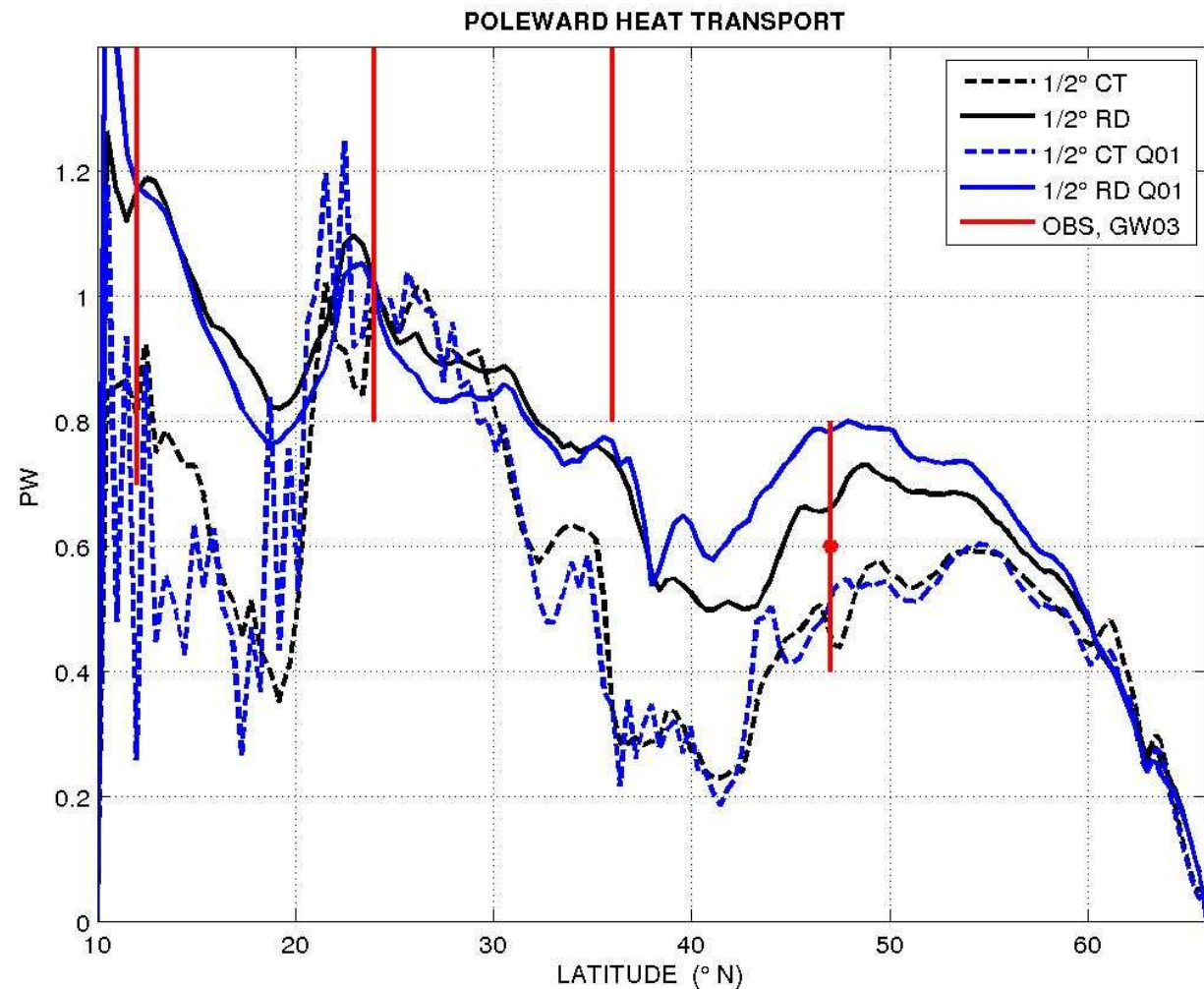
CT traceurs constants → ajustement dynamique en quelques mois

RD 'robust diagnostic' = rappel des champs TS en 30 jours

→ ajustement dynamique en moins d'1 an, puis moyenne sur 1 an

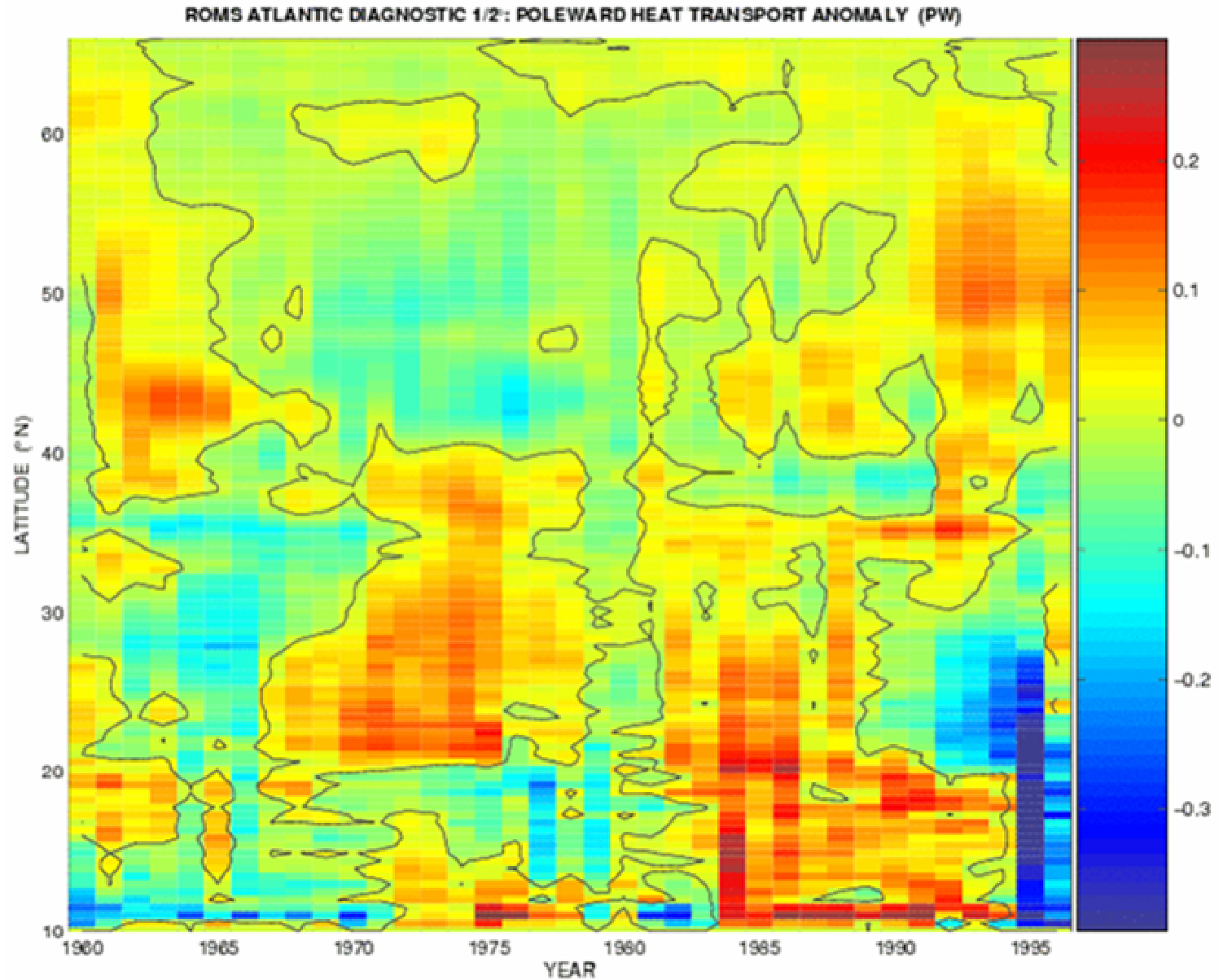
Transport de chaleur moyen

- transport insuffisant dans gyre subtropical ?
- minimum à 40°N ?
- champs de vitesse bruités pour traceurs constants par rapport à 'robust diagnostic'
- climato à plus haute résolution $\frac{1}{4}^\circ$ (Boyer et al. 2005)

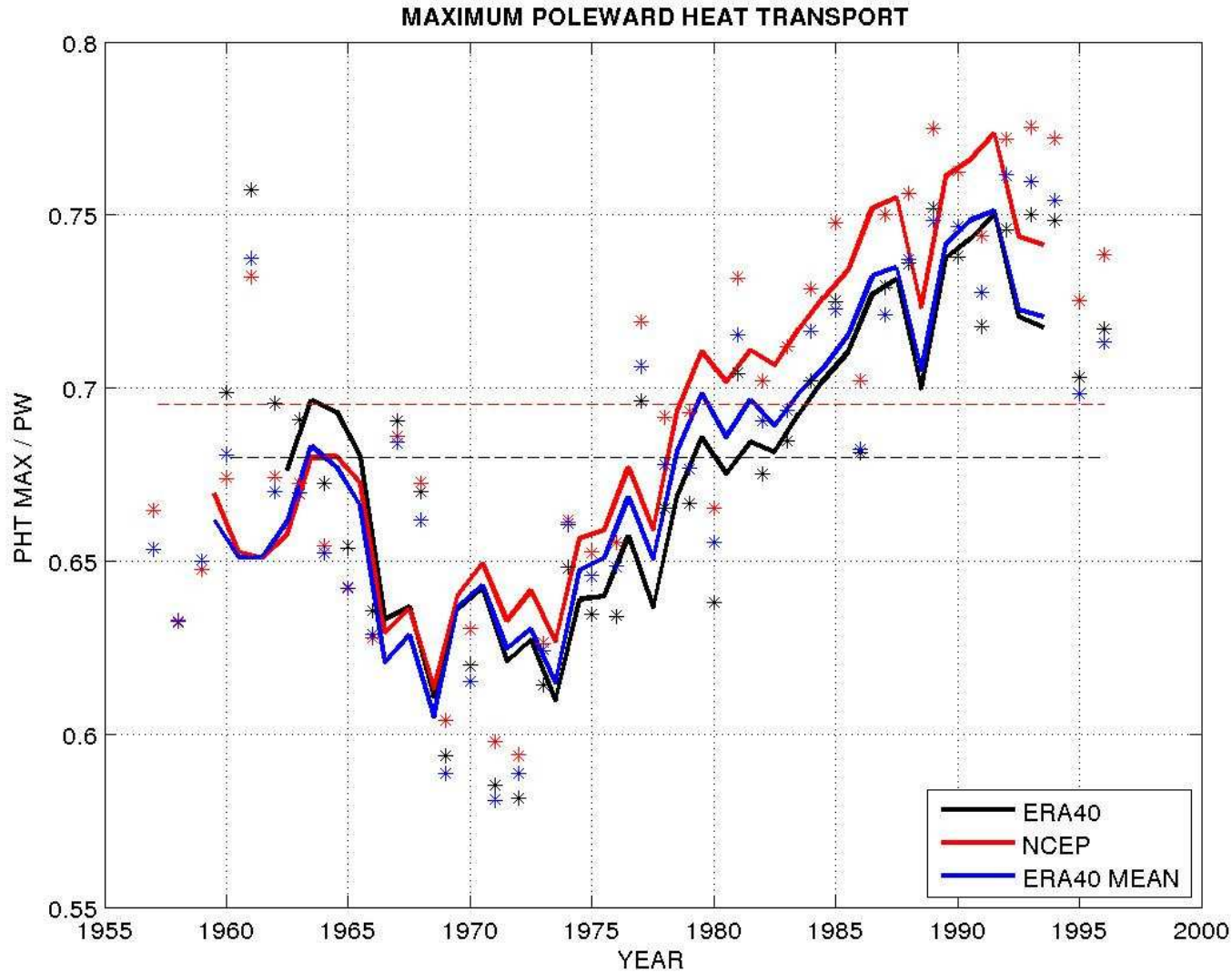


Anomalies de transport de chaleur (CT)

- variabilité basse fréquence
- opposition de phase gyre subtropical / subpolaire

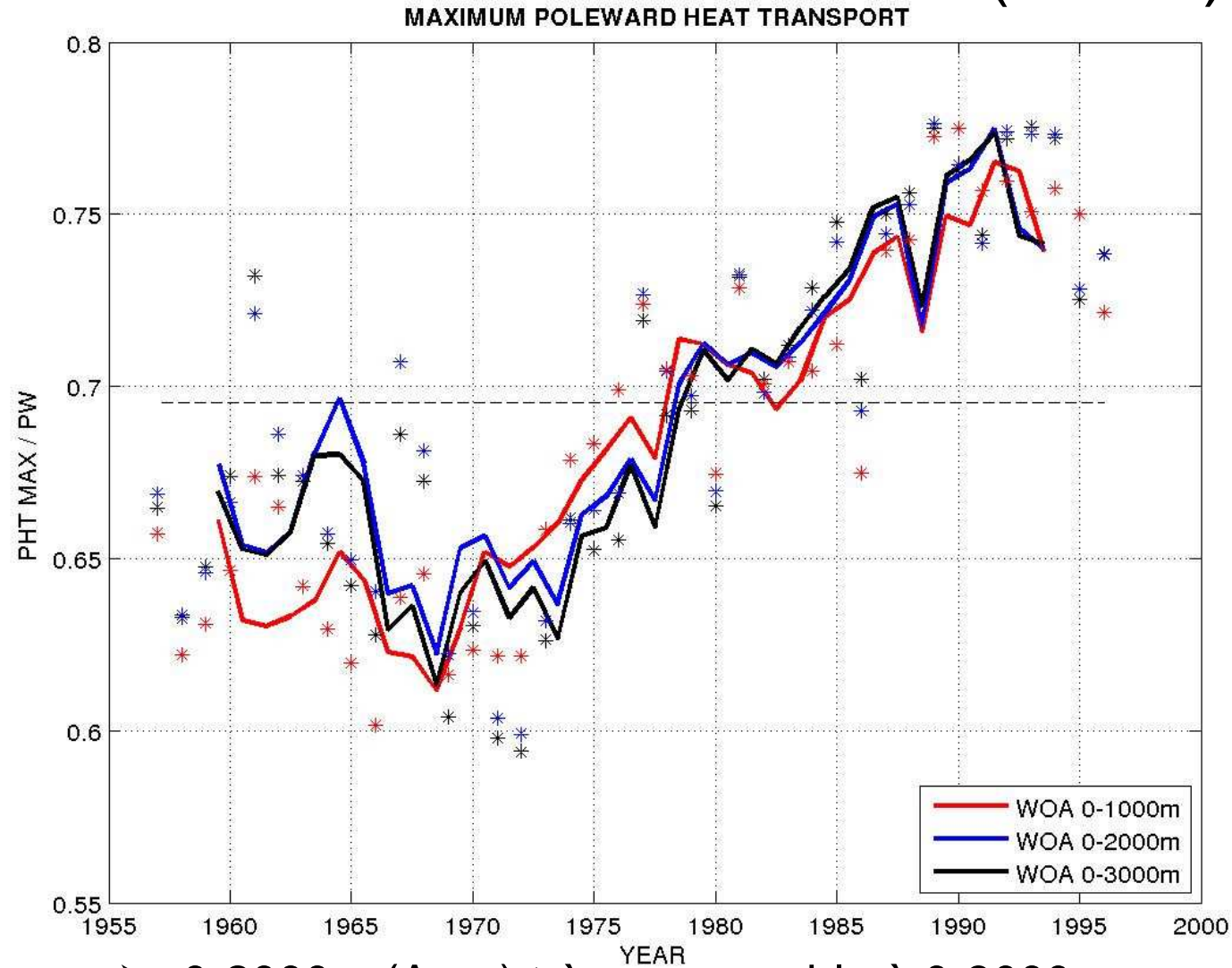


Sensibilité au vent (CT 1°)



➤ très peu d'influence du vent sur la variabilité basse-fréquence

Sensibilité à la profondeur des variations thermohalines (CT 1°)

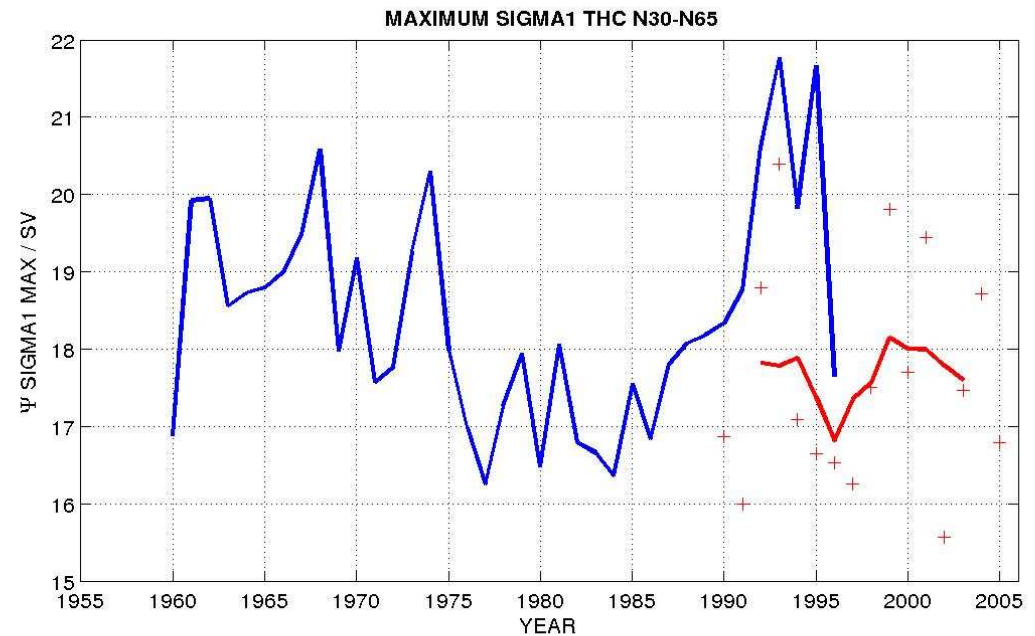
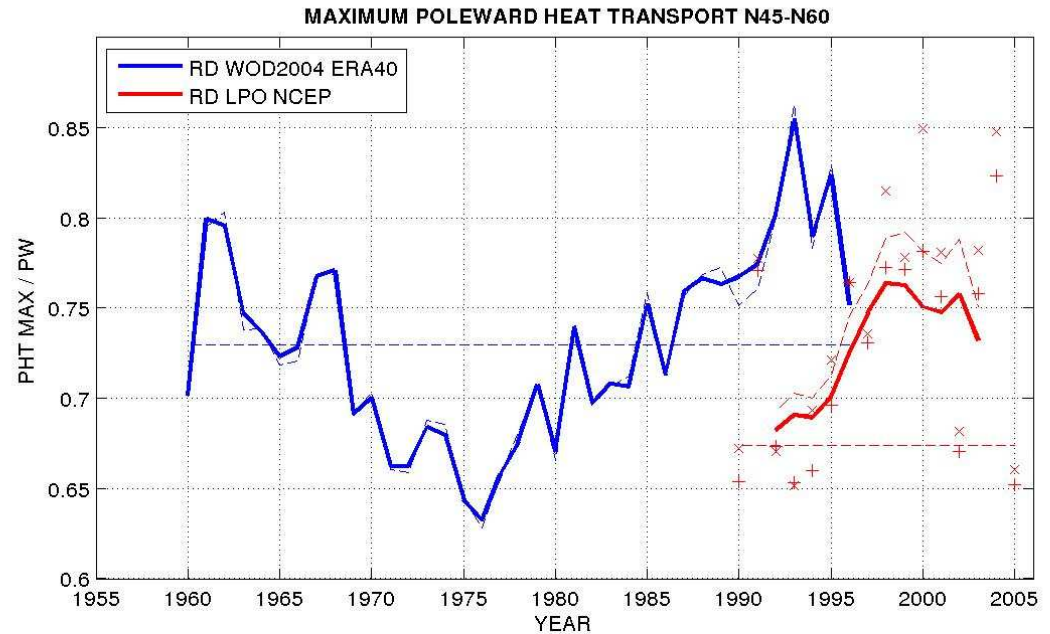


- 0-2000m (Argo) très comparable à 0-3000m
- 0-1000m dégrade sensiblement la variabilité

Transition

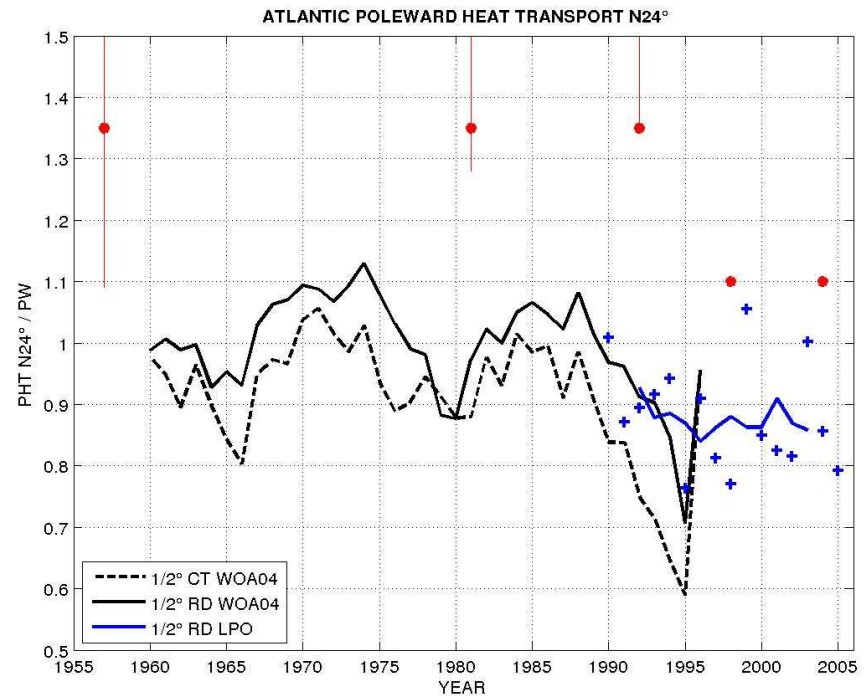
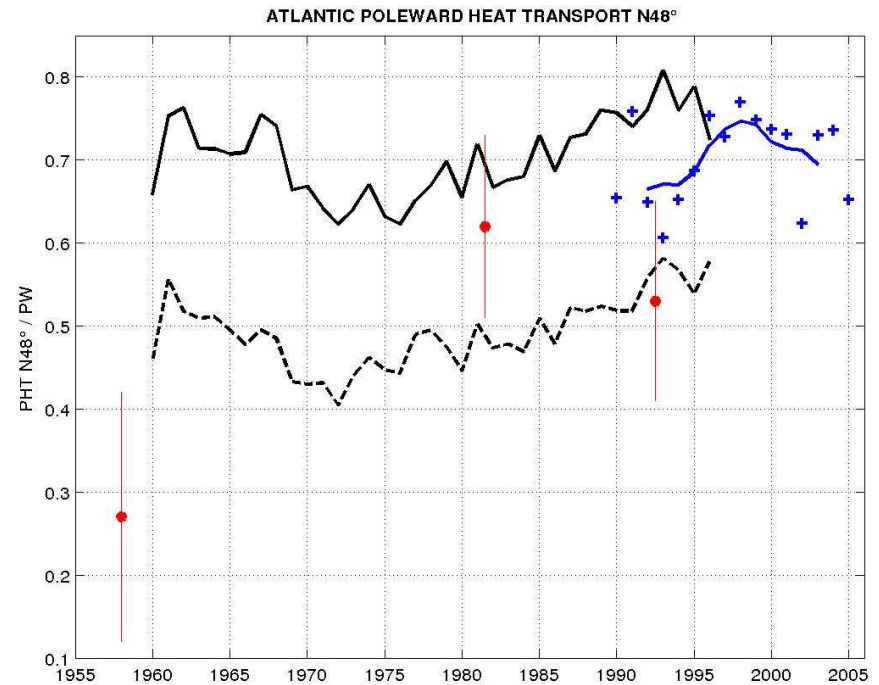
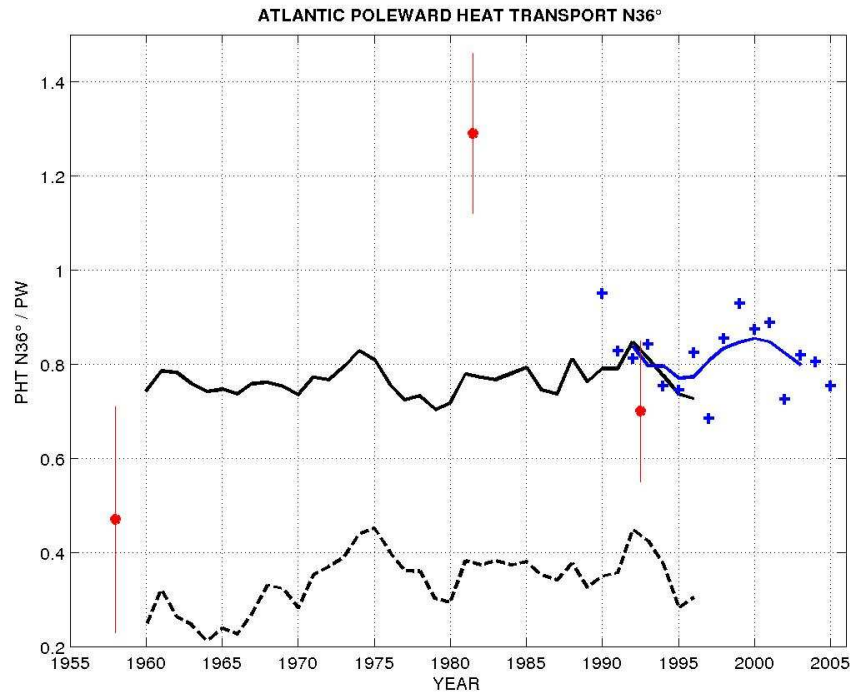
WOA04 1955-59 à 94-98
et LPO 1990 à 2005

- discontinuité des champs ?
 - annuel vs pentadal
 - résolution et lissage



Comparaison aux sections hydrologiques répétées

N48° N36° N24°



➤ contrainte faible...

Conclusions

- forçage du vent imprimé dans la structure thermohaline (pas nouveau...)
- partition du transport de chaleur en deux lobes, subtropical et subpolaire ?
artefact méthode/modèle ou incertitude sur transport océanique
(Wunsch 2005, Wright et al. 2006)
- variations basse fréquence de cellule méridienne (5 Sv) et transport de chaleur (20%)
en relation avec AMO
- variabilité basse-fréquence de l'overturning et du transport de chaleur due aux
variations thermohalines
 - ≠ variabilité interannuelle d'amplitude plus importante dominée par les variations du
vent (vents moyens sur 5 ans réduisent considérablement l'amplitude des variations
interannuelles)

Problèmes

- sensibilité circulation moyenne et diagnostics à la résolution du modèle
- discontinuité des diagnostics entre WOA04 et LPO
(inhomogénéité de méthode, résolution, lissage temporel ?)

Discussion et perspectives

- produits pas encore mûrs pour une comparaison aux réanalyses, la plupart des analyses + interprétation des résultats restent à faire
- nécessité de construction de séries de champs homogènes (mêmes résolution, méthode, données...)
- influence des variations de la structure thermohaline en dessous de 3000m (Bryden et al. 2005), à quantifier avec des climatos sur période plus longues
- comparaison avec autres méthodes :
 - inversion (Mercier, Grit, en cours),
 - utilisation des informations altimétriques 1992-2006 (C. Cabanes)
 - modèles prognostiques (Drakkar, Marsh et al. 2005),
 - modèles avec assimilation et réanalyses (MERA11 court !, ECCO, réanalyse globale (plus longues ? avec assimilation de quelles données ?))