

Intercomparaison de modèles de la variabilité de la MOC et du contenu d'eau douce dans l'Atlantique Nord

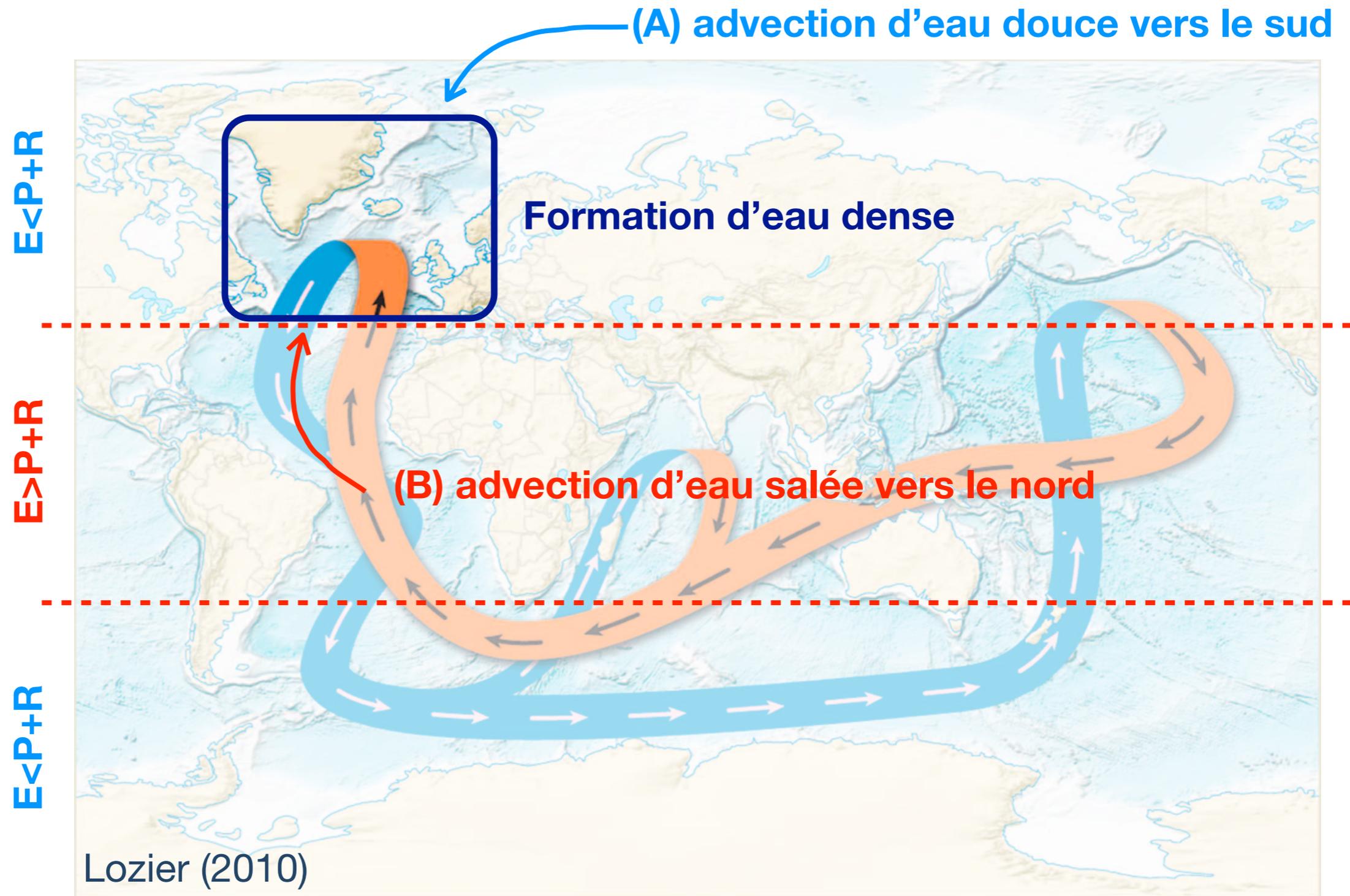
Julie Deshayes (LPO CNRS WHOI)
Ruth Curry (WHOI)

+ collaborateurs de : IPSL (J. Mignot, D. Swingedouw),
GFDL (R. Msadek), CNRM (A. Voldoire, D. Salas-Melia, C. Cassou) et NCAR



Variabilité de la circulation océanique de retournement MOC et contenu d'eau douce dans l'Atlantique Nord

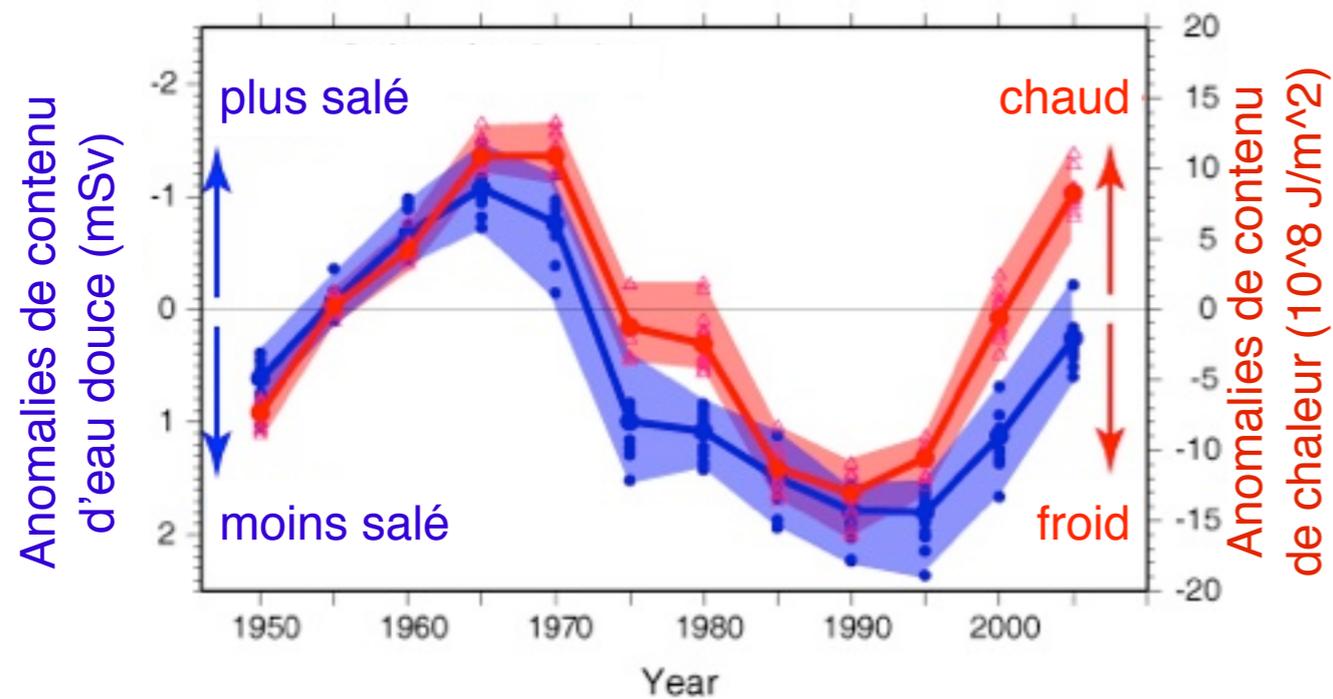
Flux d'eau douce en surface : Evaporation, Précipitations et apports fluviaux (R)



Swingedouw et al. (2007) : les deux mécanismes A et B influencent la MOC qui est moins intense quand le contenu d'eau douce est plus grand (et inversement).

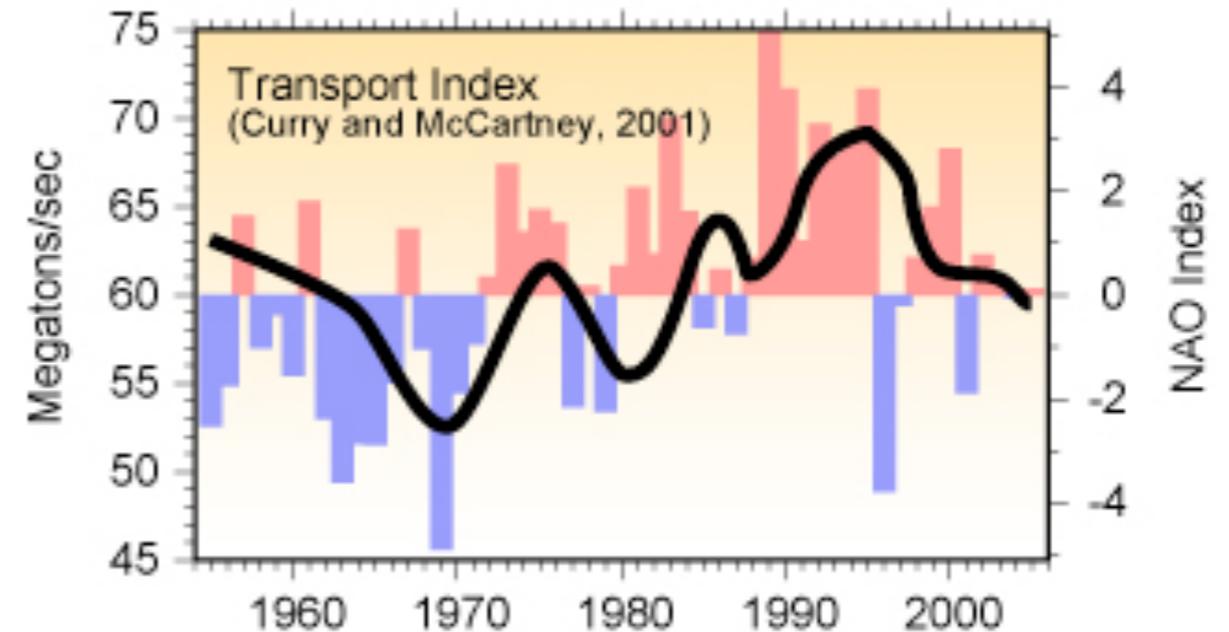
Variabilité du contenu d'eau douce et changements de la circulation depuis 1950

Augmentation du contenu d'eau douce de 1965 à 1995 dans la gyre subpolaire



Curry et Mauritzen (2005), Peterson et al (2006)

Intensification de la circulation dans l'Atlantique Nord de 1970 à 1995



Indice de gyre barocline déterminé par la différence d'Énergie Potentielle Disponible entre la Mer du Labrador et les Bermudes (lissage par moyenne glissante à 3 ans), superposé sur l'indice NAO. Curry and McCartney (2001)

Frankignoul, Deshayes and Curry (2009) : ces deux tendances observées répondent à la variabilité atmosphérique (NAO).

Hypothèse de travail

Existe-t'il des **échelles de temps privilégiées** où l'eau douce joue un rôle actif dans les fluctuations de la circulation dans l'Atlantique Nord, et d'autres où elle est passive ?

le rôle passif à très haute fréquence, où le forçage atmosphérique dominerait,
vs rôle actif à plus basse fréquence, bien reproduit par les modèles couplés...

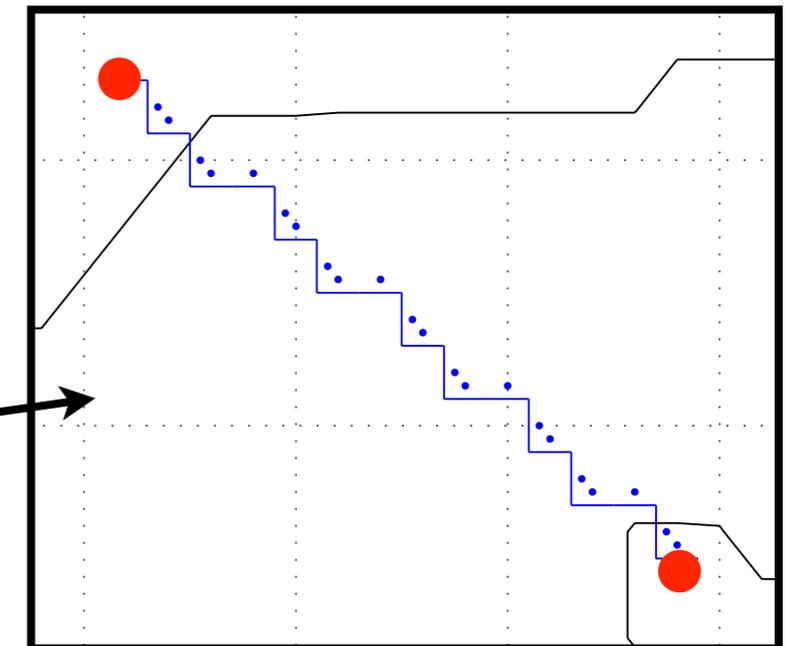
Dans les deux cas, quelles sont les **sources de variabilité** de l'eau douce ?

Méthode : inter-comparaison de modèles couplés CMIP5
(simulations de contrôle en conditions pré-industrielles)

outil d'analyse FCVAR (Matlab)

diagnostique 3D

transports de masse et d'eau douce à travers des sections physiques
contenu d'eau douce dans les régions délimitées par ces sections



GFDL-CM3

MOM + AM

1° résolution horizontale

30 niveaux

surface libre explicite (z^*)

grille B dans l'océan

600 ans analysés

CCSM4-CESM1

POP + CCM3 + CICE

1° résolution horizontale

60 niveaux

surface libre implicite

grille B dans l'océan

1300 ans analysés

CNRM-CM5

NEMO + ARPEGE + GELATO

1° résolution horizontale

42 niveaux, partial steps

surface libre implicite

grille C dans l'océan

1000 ans analysés

IPSL-CM5

NEMO + LMDz + LIM

2° résolution horizontale

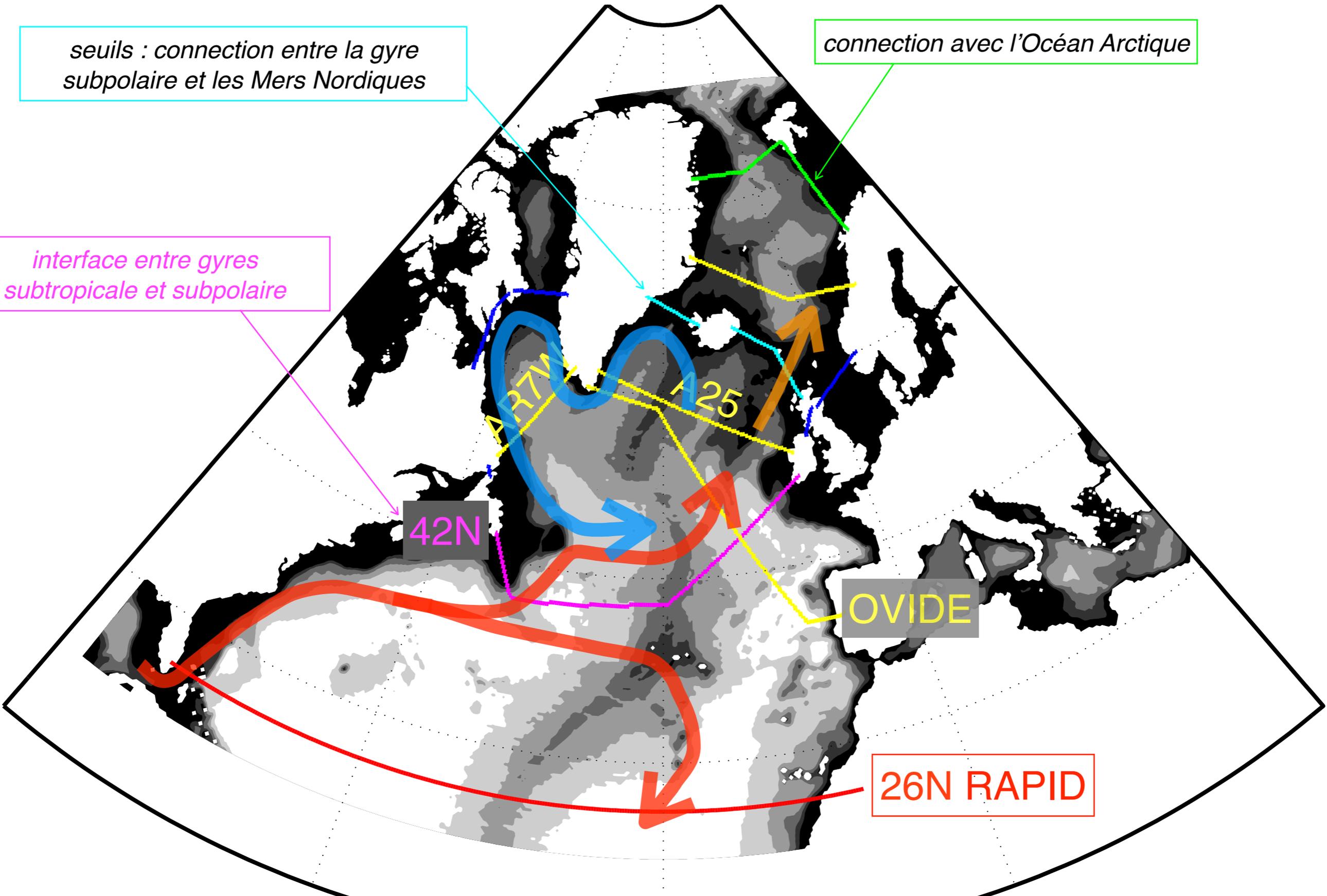
31 niveaux, partial steps

surface libre implicite

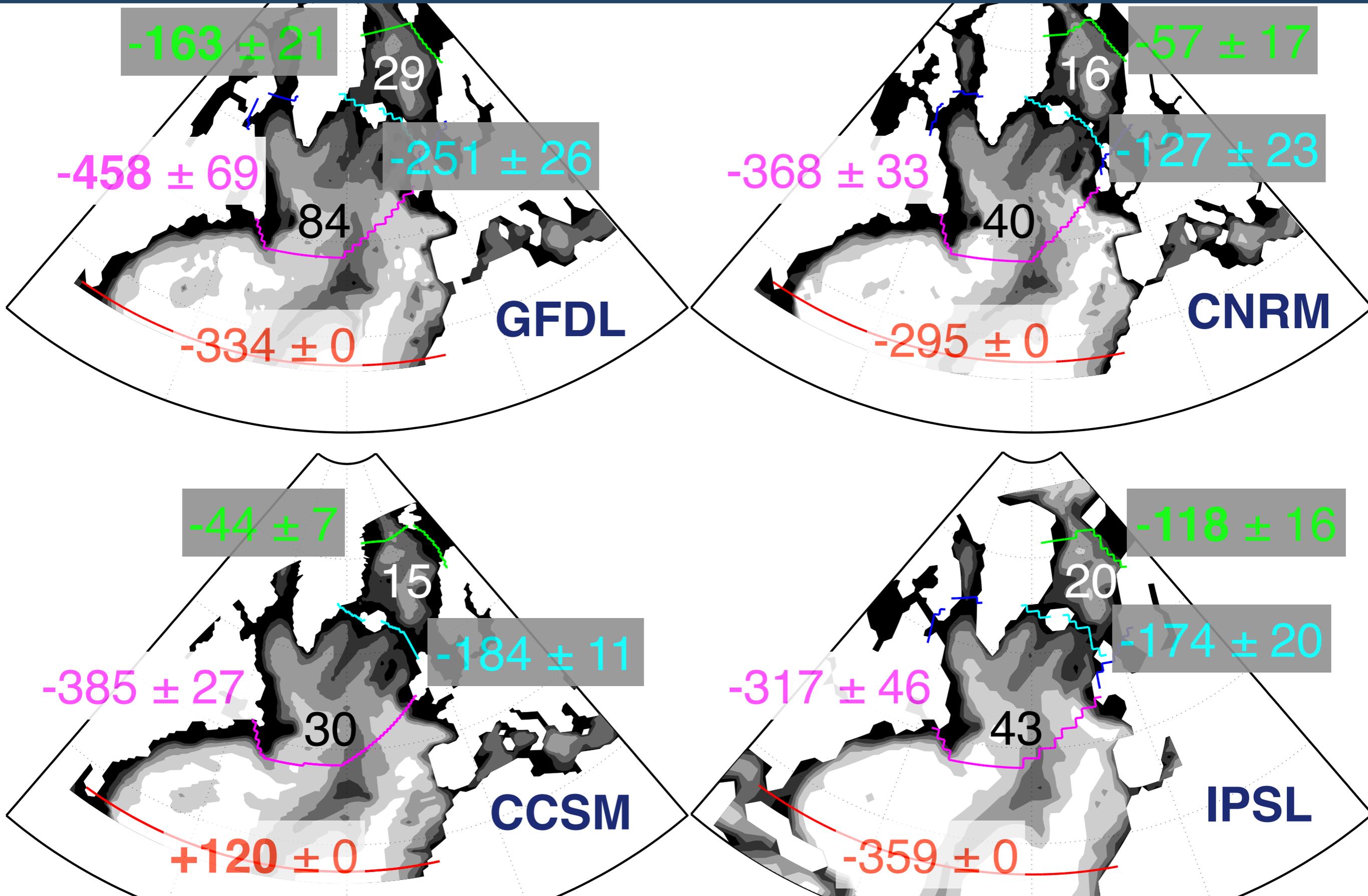
grille C dans l'océan

1000 ans analysés

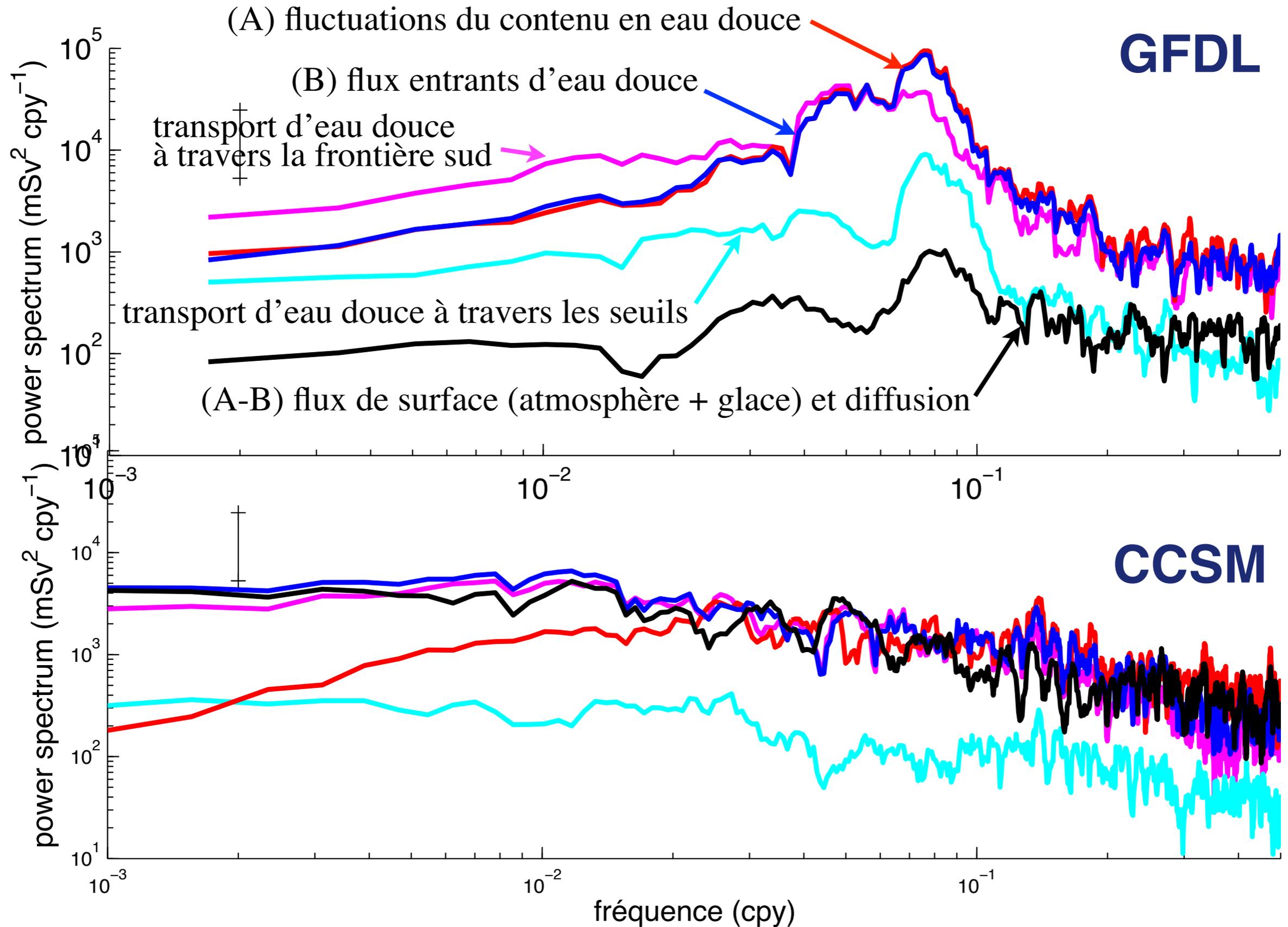
Sections analysées dans l'Atlantique Nord



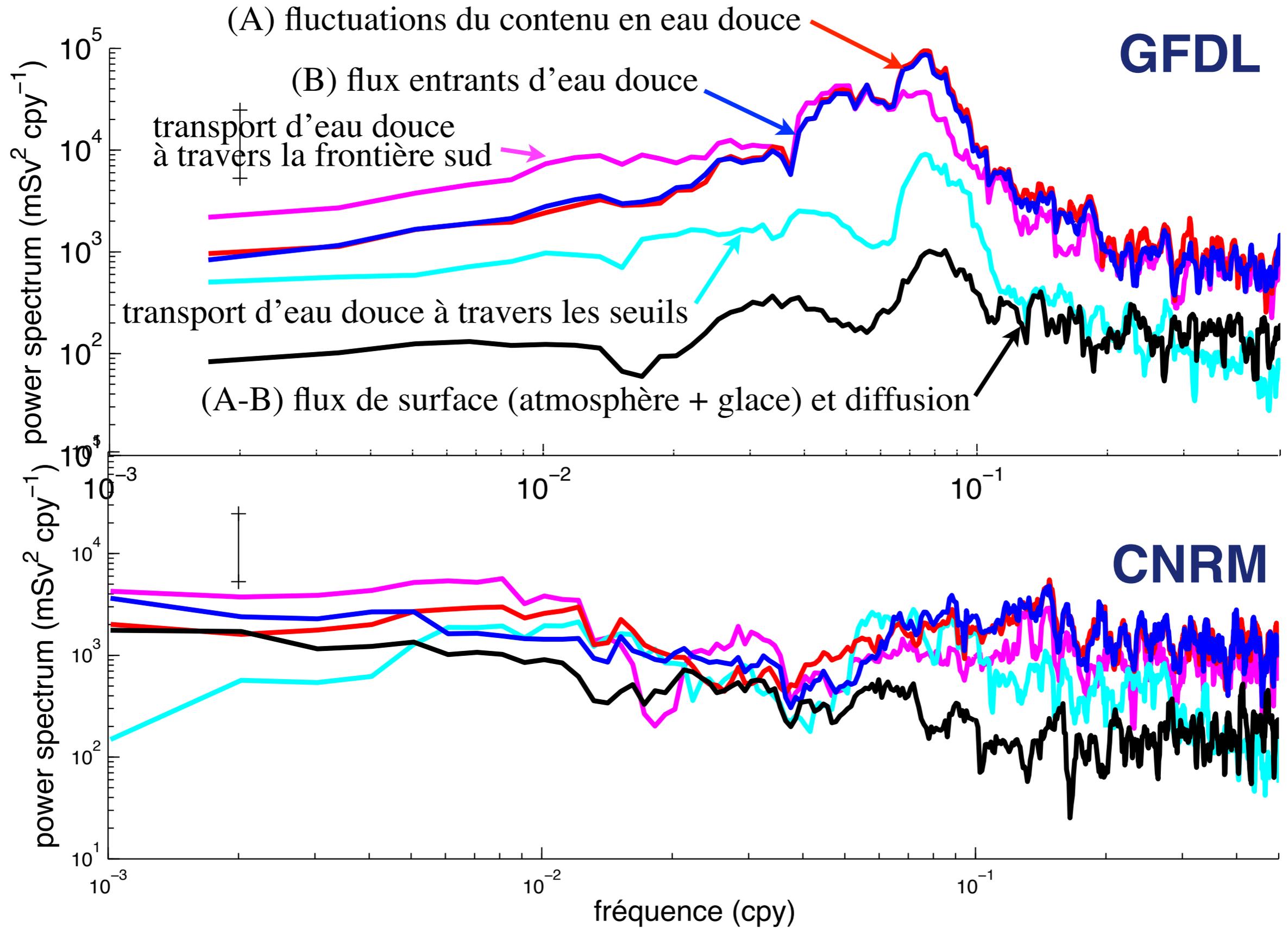
Transport d'eau douce [moyenne, déviation standard] (mSv) positif vers le nord, S0=34.8
Fluctuations du contenu en eau douce



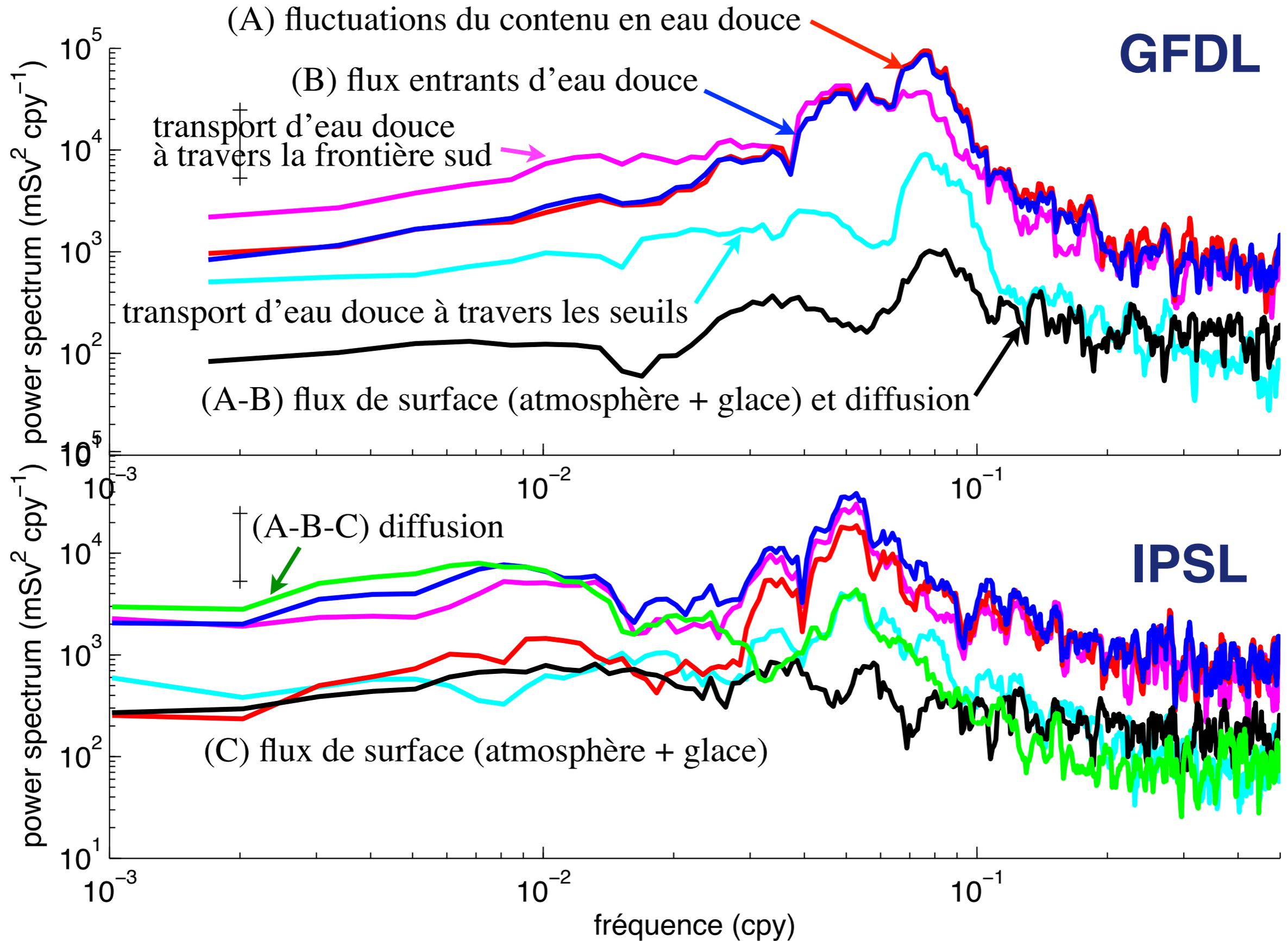
Budget d'eau douce dans la gyre subpolaire



Budget d'eau douce dans la gyre subpolaire

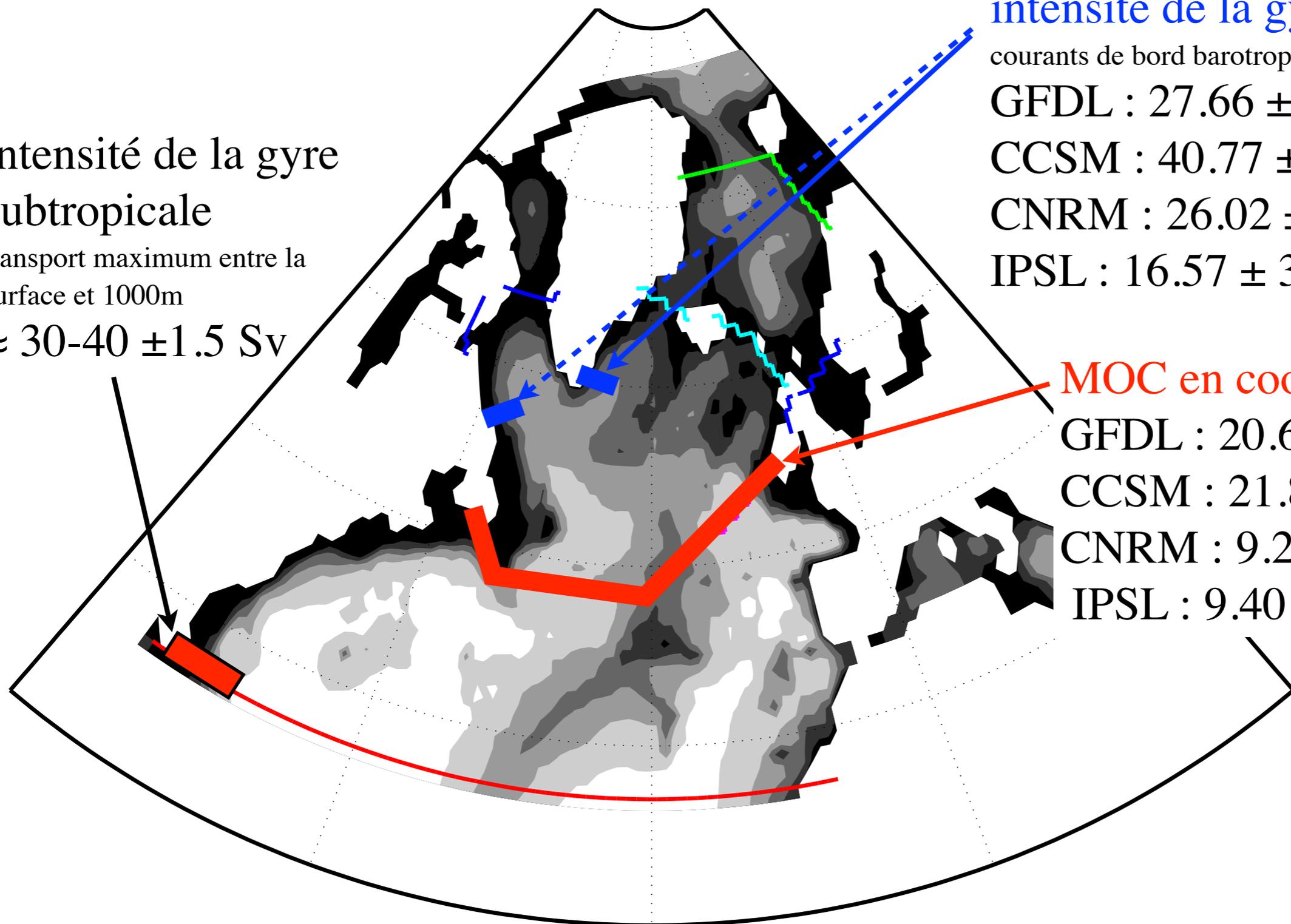


Budget d'eau douce dans la gyre subpolaire



Corrélations entre contenu d'eau douce et indices de circulation

intensité de la gyre subtropicale
transport maximum entre la surface et 1000m
 $\approx 30-40 \pm 1.5 \text{ Sv}$



intensité de la gyre subpolaire

courants de bord barotropes
GFDL : $27.66 \pm 3.62 \text{ Sv}$
CCSM : $40.77 \pm 1.52 \text{ Sv}$
CNRM : $26.02 \pm 1.39 \text{ Sv}$
IPSL : $16.57 \pm 3.44 \text{ Sv}$

MOC en coordonnées σ_1

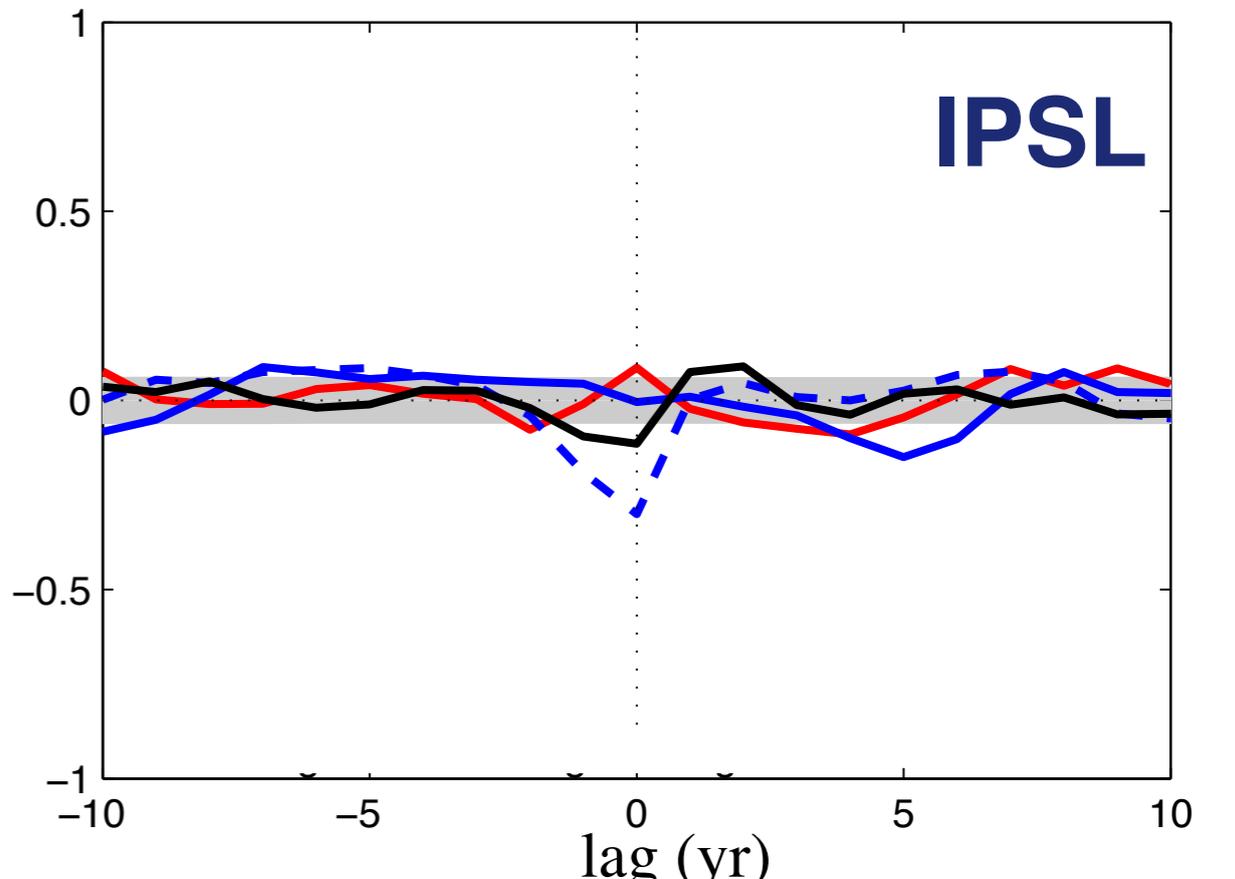
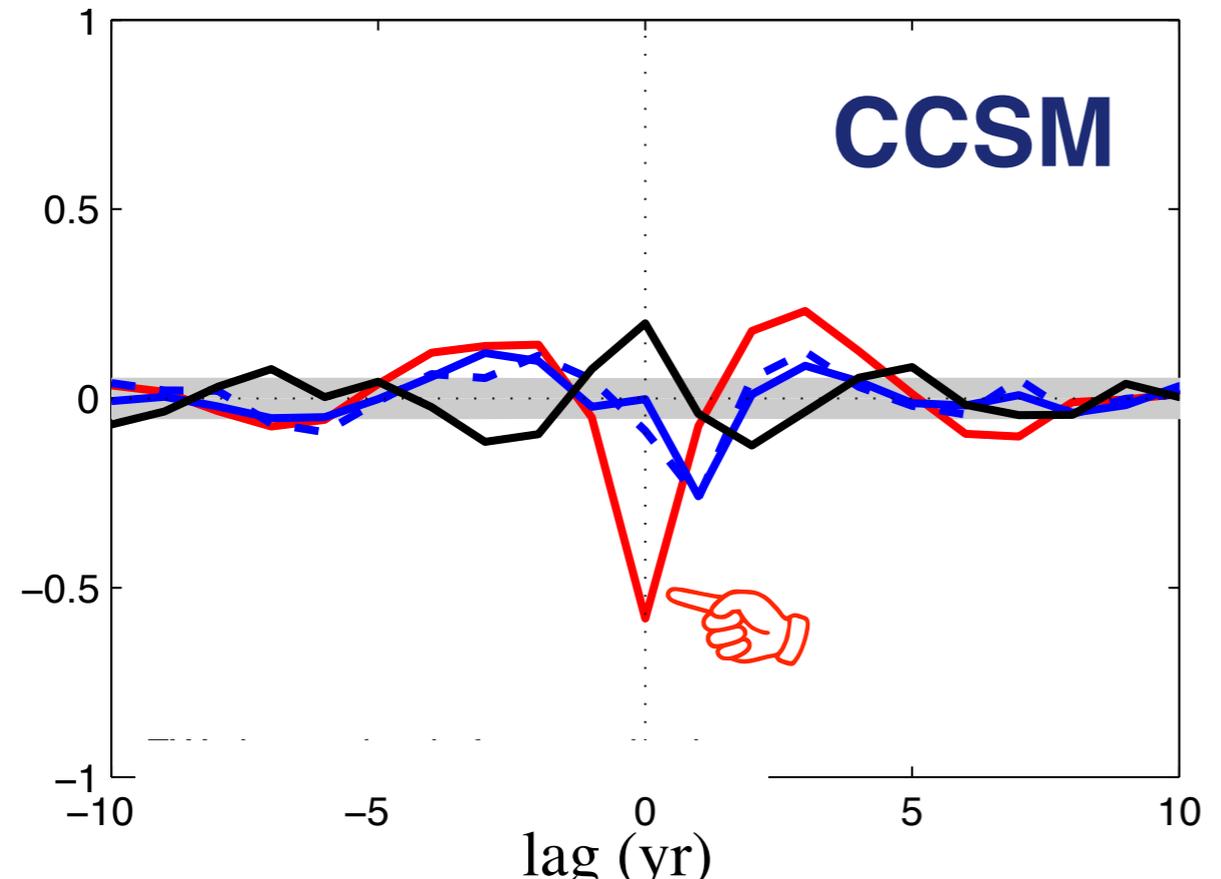
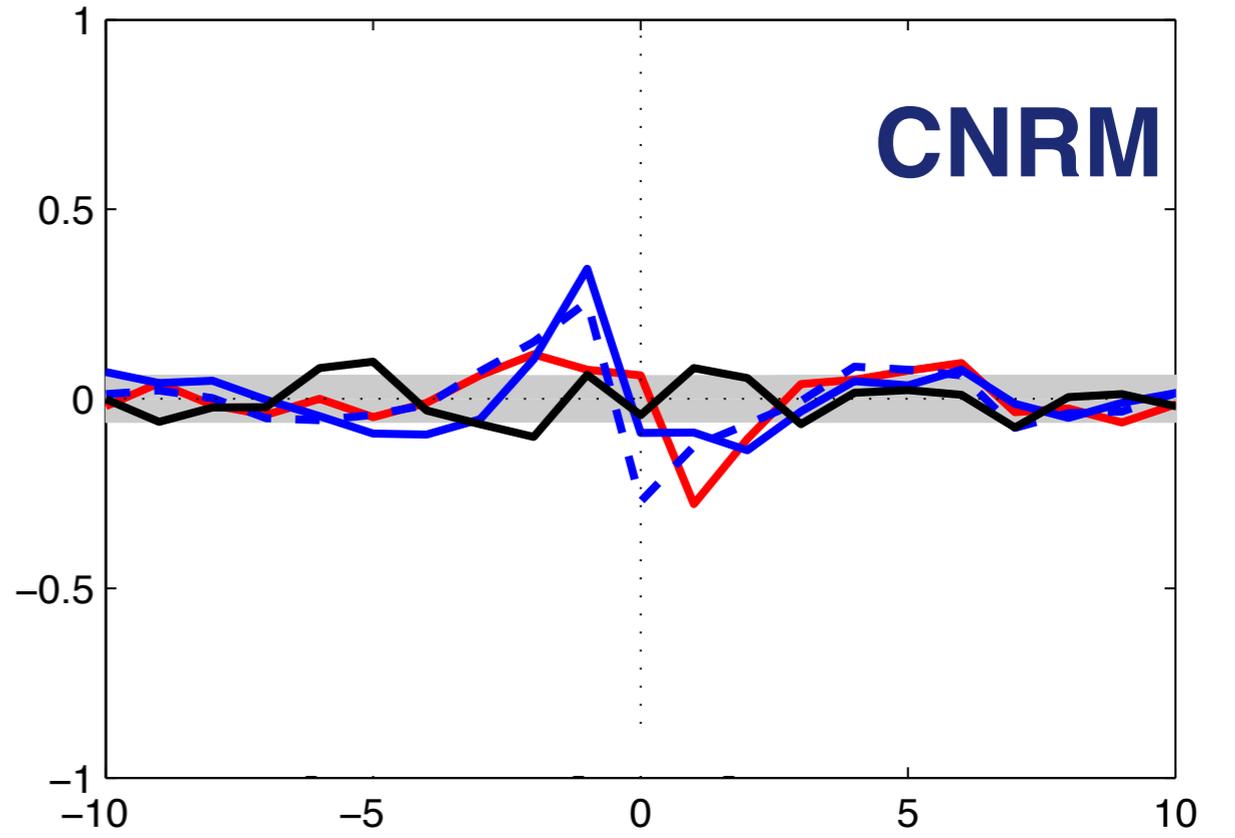
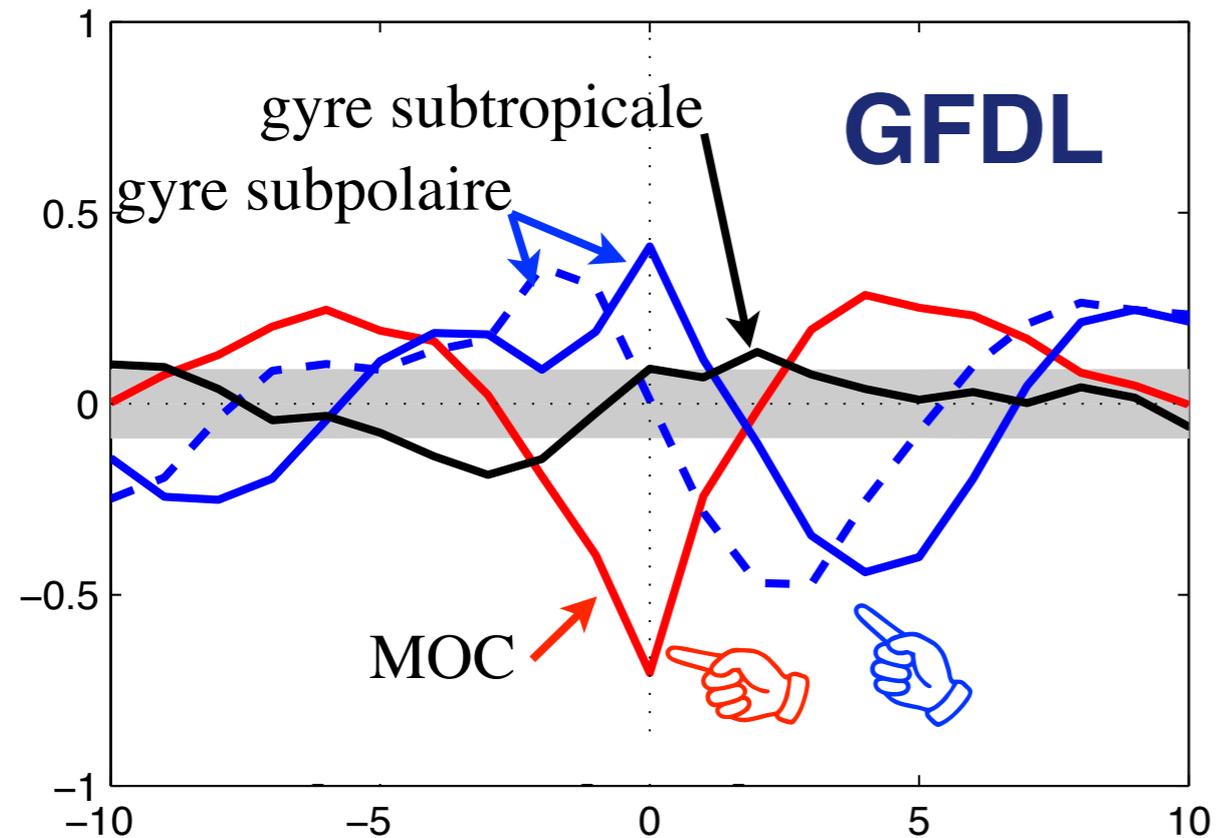
GFDL : $20.60 \pm 2.03 \text{ Sv}$
CCSM : $21.86 \pm 1.18 \text{ Sv}$
CNRM : $9.22 \pm 1.11 \text{ Sv}$
IPSL : $9.40 \pm 1.27 \text{ Sv}$

Corrélations entre contenu d'eau douce et indices de circulation

Séries temporelles filtrées passe-haut ($T < 10$ ans)

grisé : non significatif

les fluctuations du contenu en eau douce précèdent aux lags négatifs.

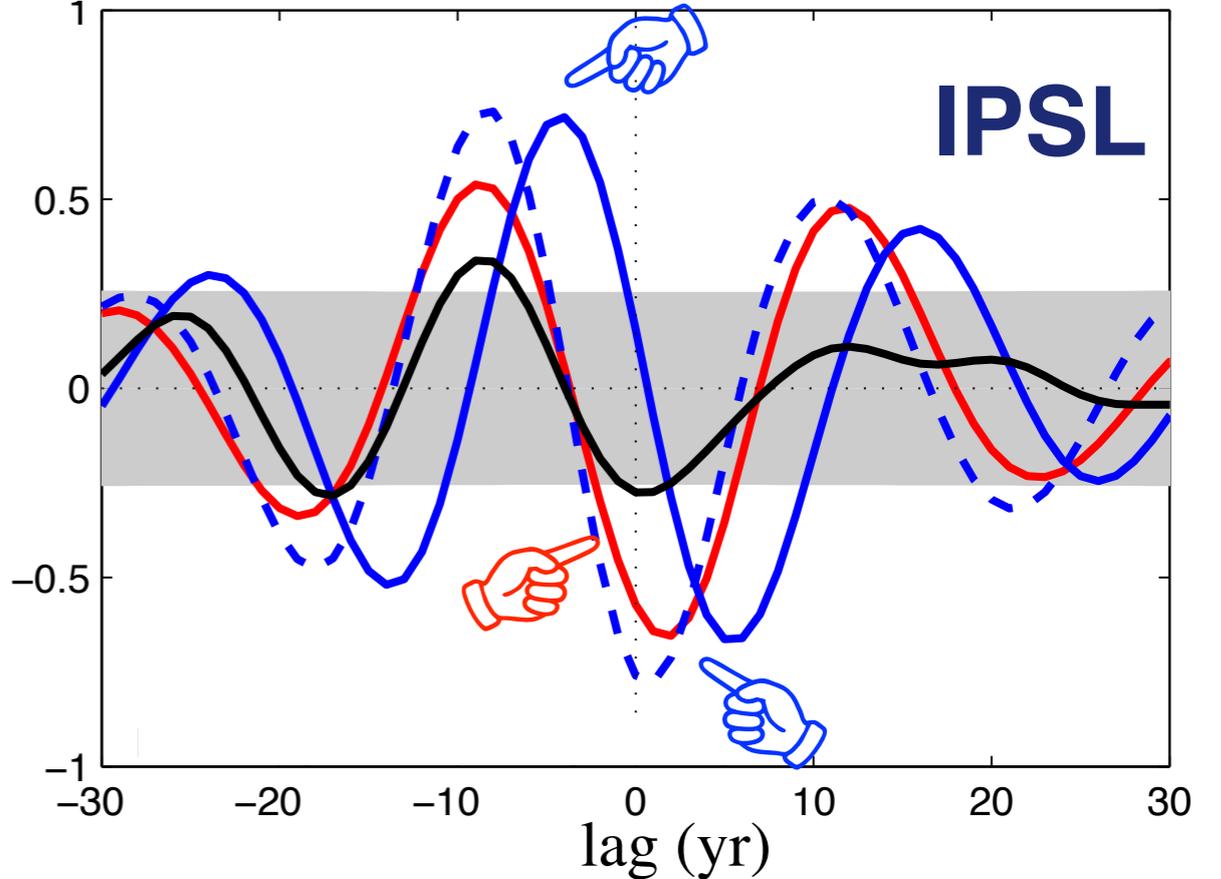
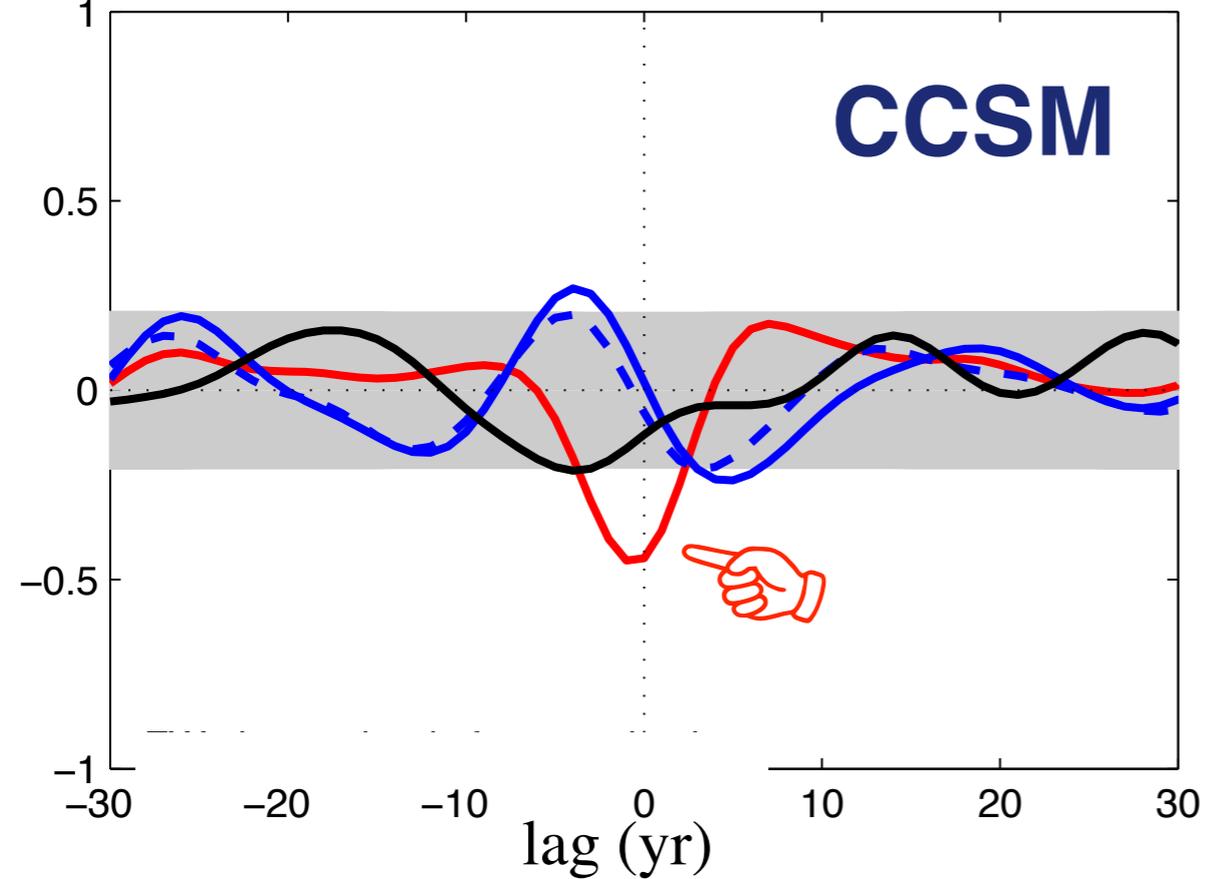
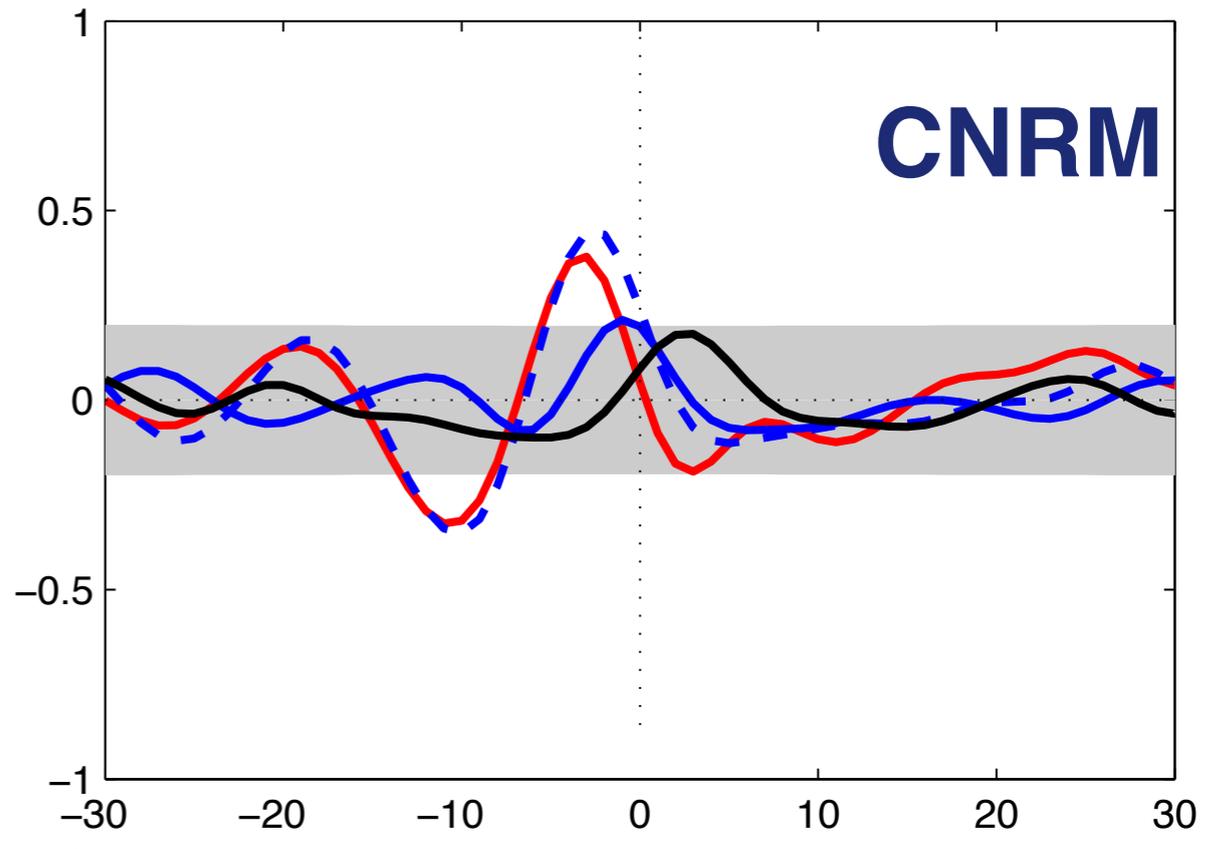
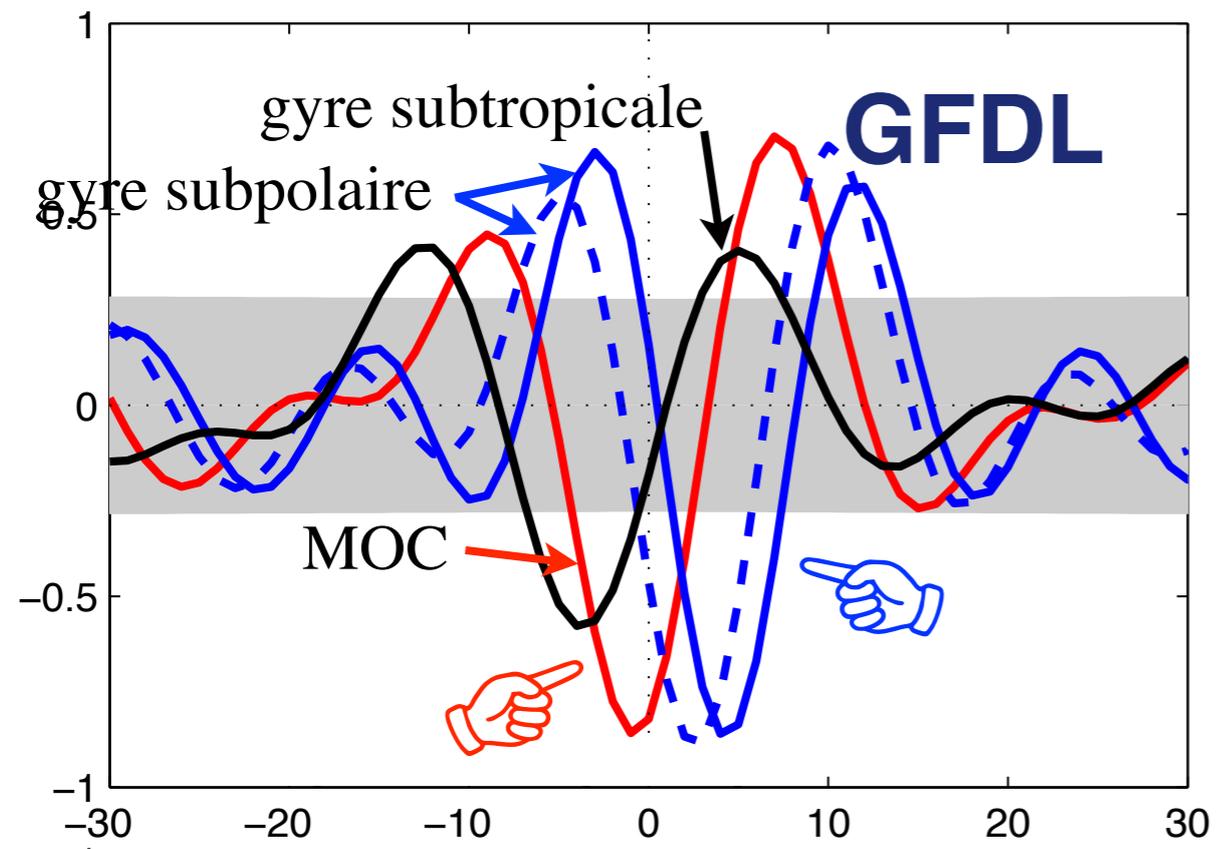


Corrélations entre contenu d'eau douce et indices de circulation

Séries temporelles filtrées passe-bande ($10 < T < 50$ ans)

grisé : non significatif

les fluctuations du contenu en eau douce précèdent aux lags négatifs.

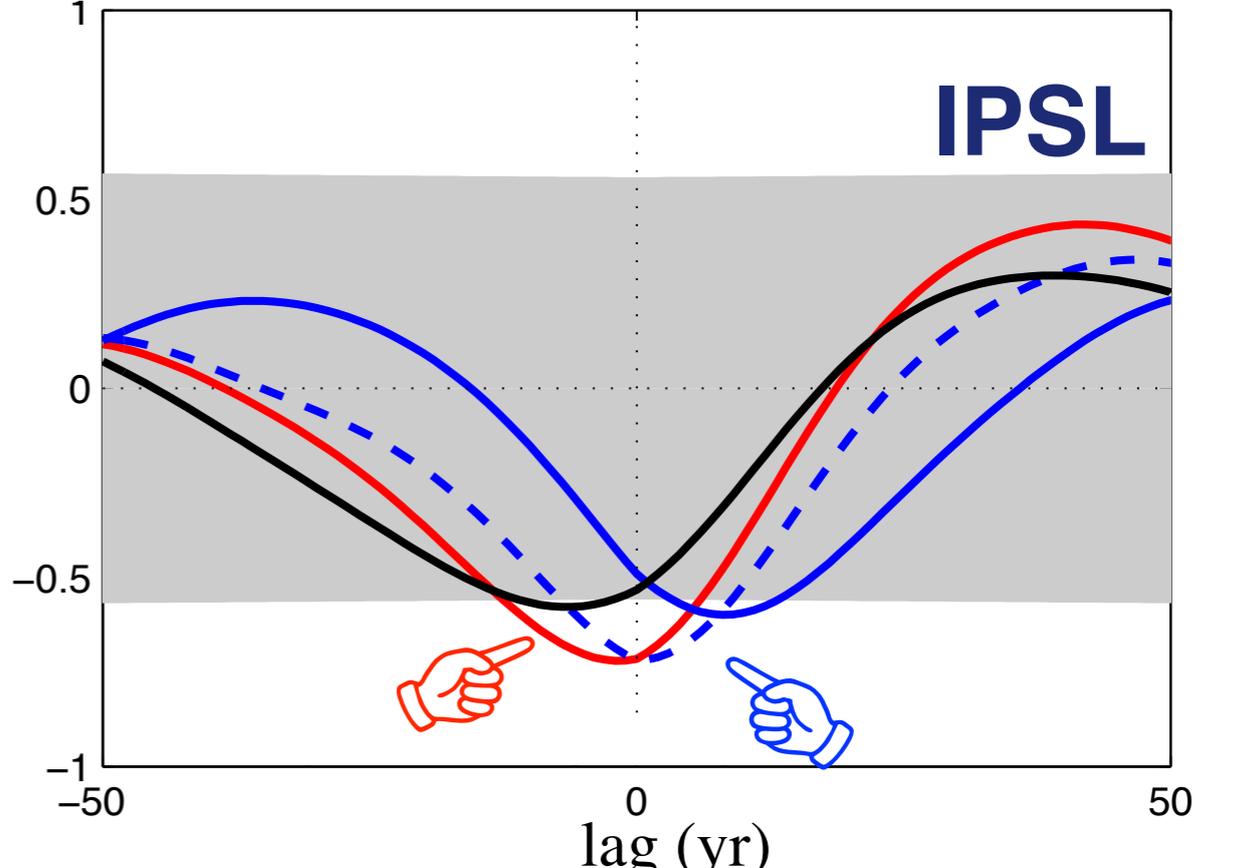
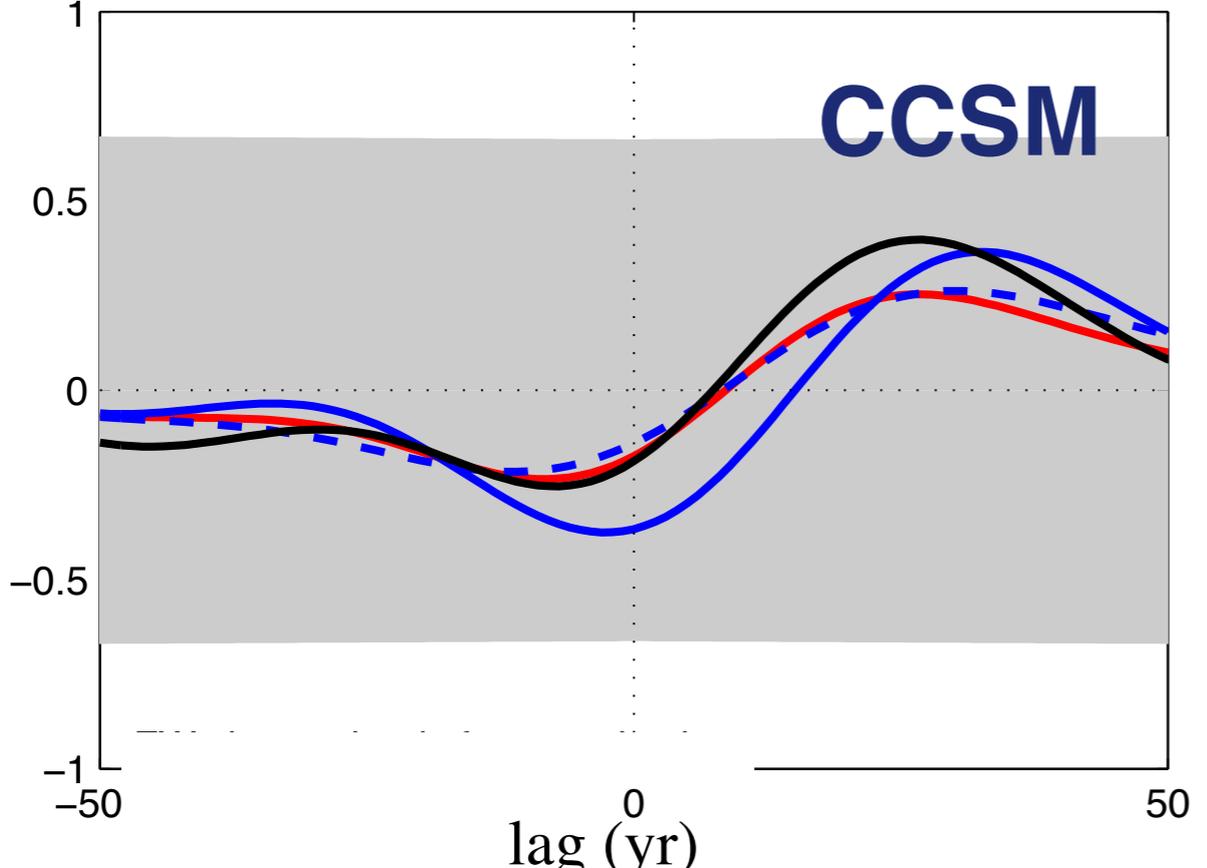
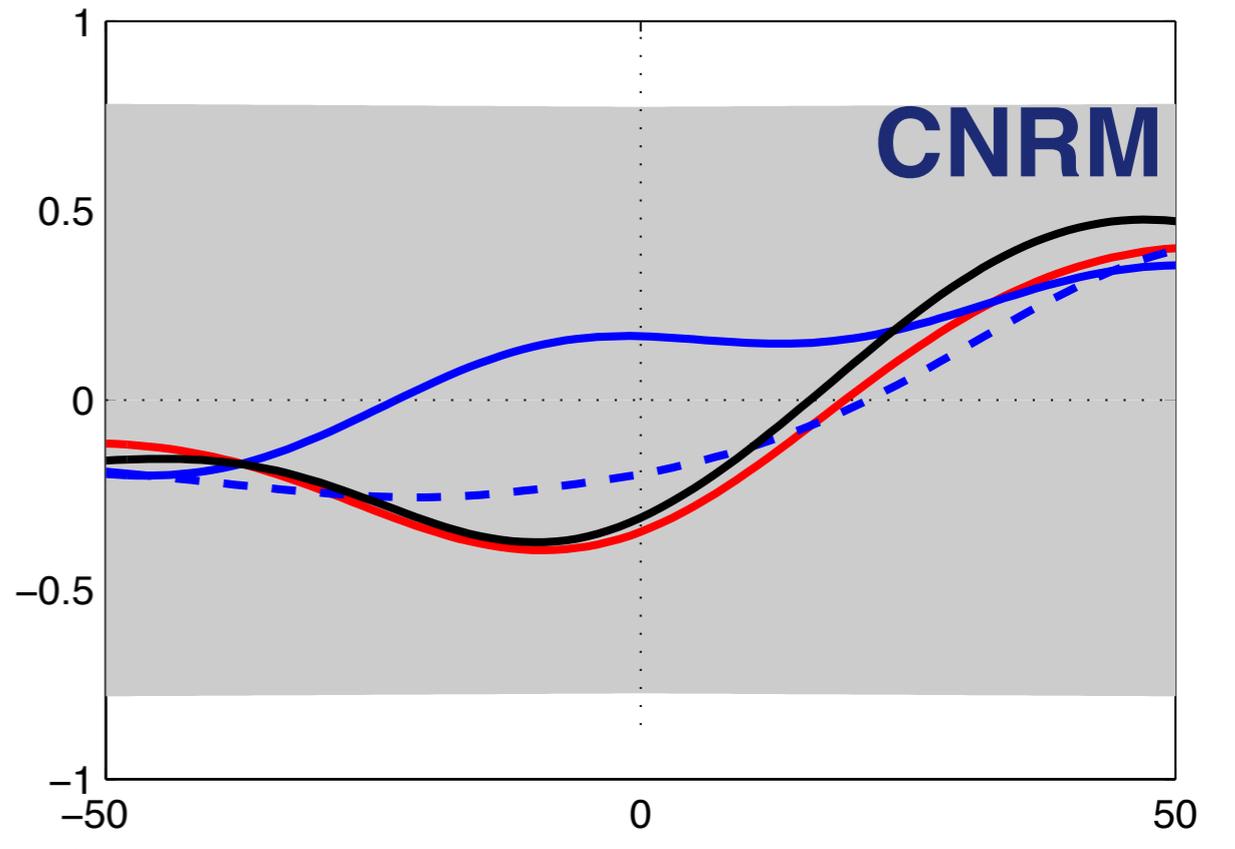
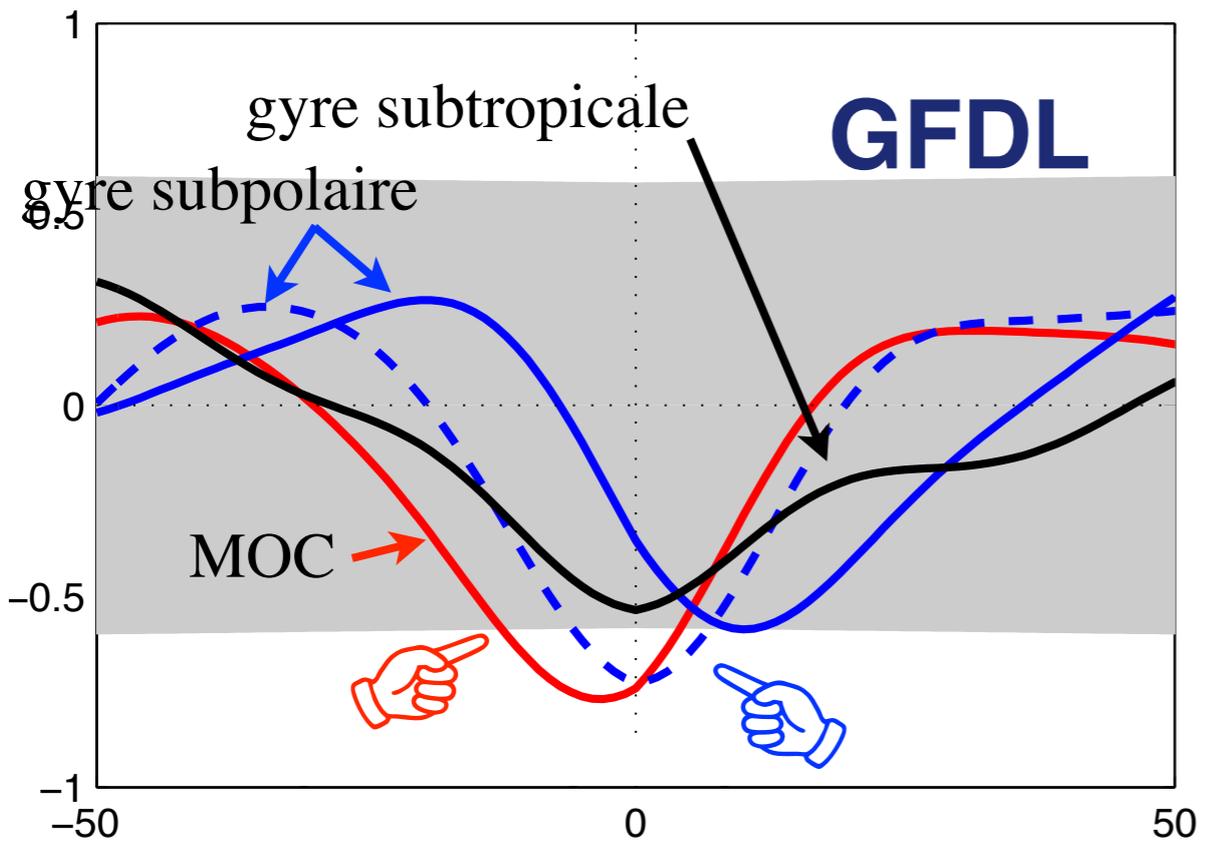


Corrélations entre contenu d'eau douce et indices de circulation

Séries temporelles filtrées passe-bas ($T > 50$ ans)

grisé : non significatif

les fluctuations du contenu en eau douce précèdent aux lags négatifs.



Conclusions

Quelles sont les **sources de variabilité** de l'eau douce ?

variabilité des flux entrants, en particulier à travers la frontière sud (sauf pour le CNRM)

Existe-t'il des **échelles de temps privilégiées** où l'eau douce joue un rôle actif dans les fluctuations de la circulation dans l'Atlantique Nord, et d'autres où elle est passive ?

non, mais les liens entre eau douce et circulation dépendent fortement du modèle...

GFDL

oscillation décennale

l'intensification de la gyre subpolaire induit la diminution du contenu d'eau douce, 3 à 5 ans plus tard

l'intensification de la MOC induit la diminution du contenu d'eau douce

l'augmentation du contenu d'eau douce induit la diminution de la MOC, 1 à 5 ans plus tard

CCSM

pas de pic spectral

l'intensification de la MOC induit la diminution du contenu d'eau douce

CNRM

pas de pic spectral

corrélations faibles entre contenu d'eau douce et indices de circulation

IPSL

oscillation décennale

l'intensification de la gyre subpolaire induit la diminution du contenu d'eau douce, 0 à 7 ans plus tard

l'intensification de la MOC induit la diminution du contenu d'eau douce

l'augmentation du contenu d'eau douce induit la diminution de la MOC, 1 à 5 ans plus tard

le paradigme avec les observations persiste ...

FCVAR

Diagnostic package of 3D metrics of the circulation

predefined sections and areas
defined by (lat,lon) of end points
+ additional sections

model configurations and simulations



GFDL CM3
CNRM CM5
IPSL CM5
CCSM4

+ HADGEM2 ?
+ HADGEM3 ?
pre-industrial control runs
monthly output

+ ocean-only simulations
ORCA2-OON2
ORCA1-OCEP09
ORCA025.L75-G85
GLORYS2V1

load grid points
scale factors

identify sections and areas
as sequences of grid points

load data
u, v, θ , S
(t,z,y,x)

extract data (t,z,l)
along sections and
areas

calculate indices (t) for sections, ie components of the northward transport of mass, heat and salt:

- net (with and without net mass flux)
- overturning in vertical coordinates
- overturning in density coordinates
- barotropic
- baroclinic (net-overturning-barotropic)
- 0 to 1000m deep
- 1000 to 2000m deep
- 2000m deep to bottom
- related to thermal wind (only from ρ)

calculate indices (t) for areas, regarding heat and freshwater:

- volume changes
- advective fluxes at ocean boundaries
- eddy fluxes at ocean boundaries
- diffusion, ice + atmospheric fluxes

Matlab package available to the community