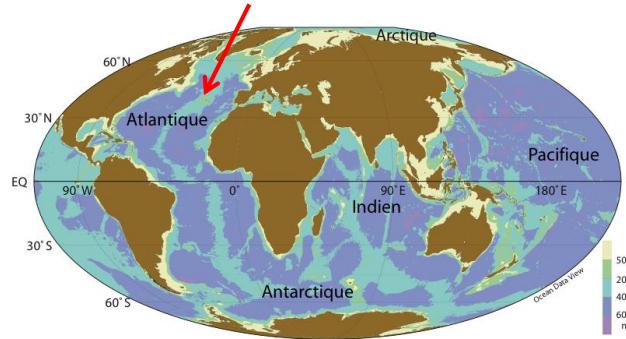


L'océan Atlantique



Forme, limites, dimensions, topographie
Circulation superficielle & Hydrologie

1

1

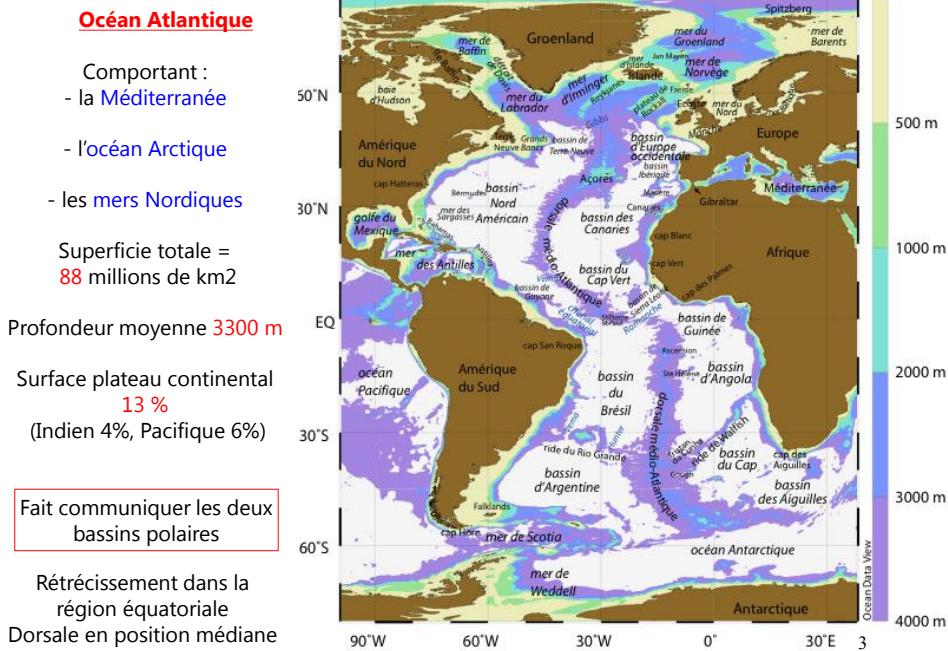
L'océan Atlantique

- 1) Forme, dimensions & topographie
- 2) Circulation superficielle
 - Renforcement bord ouest ex Gulf Stream
- 3) Apports mers annexes: Méditerranée
Nordiques et Arctique
- 4) Masses d'eau ex Coupes
- 5) Circulation « superficielle » équatoriale
- Conclusions

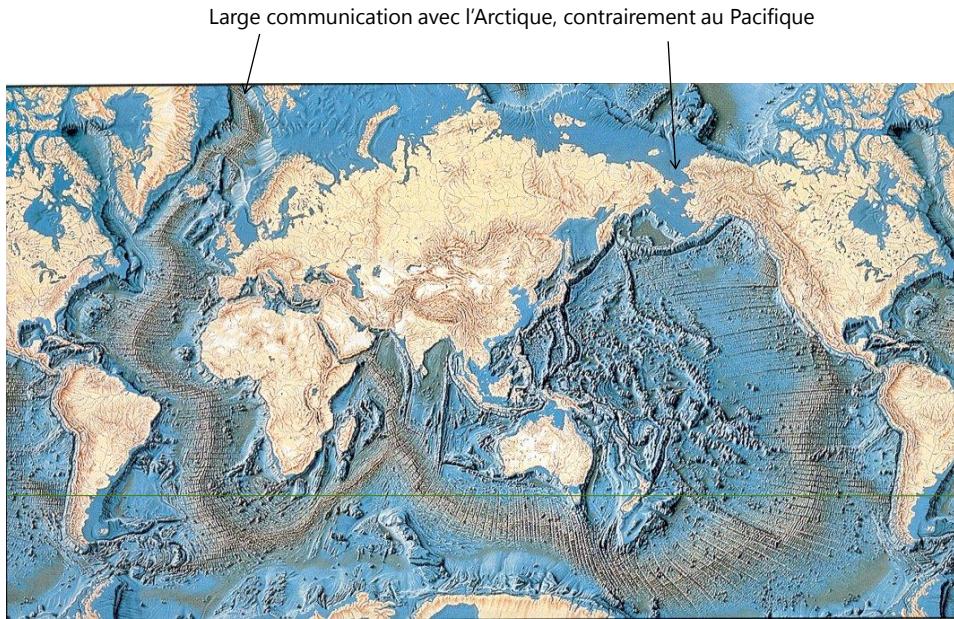
2

2

1



3



Carte générale du relief sous-marin

4

4

L'océan Atlantique

- 1) Forme, dimensions & topographie
 - 2) **Circulation superficielle**
Renforcement bord ouest ex Gulf Stream
 - 3) Apports mers annexes: Méditerranée
Nordiques et Arctique
 - 4) Masses d'eau ex Coupes
 - 5) Circulation « superficielle » équatoriale
- Conclusions

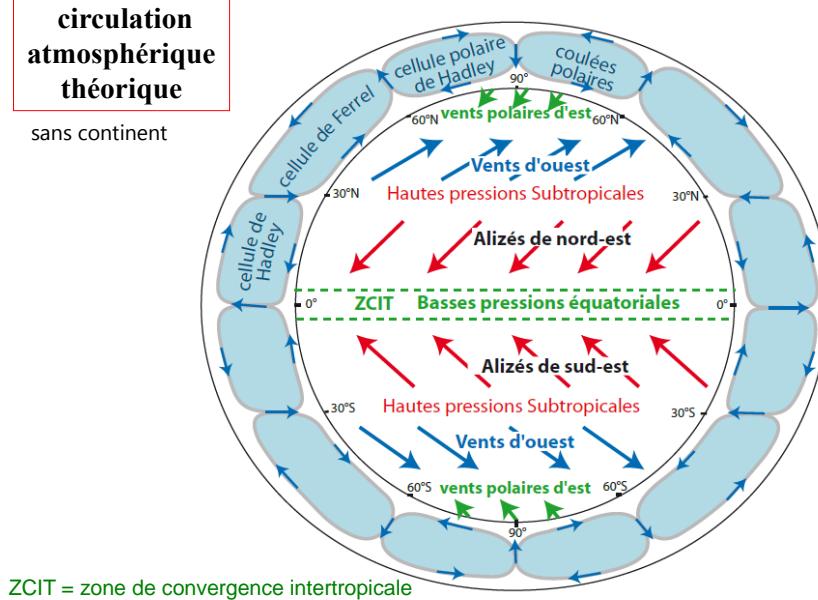
5

5

RAPPEL

circulation atmosphérique théorique

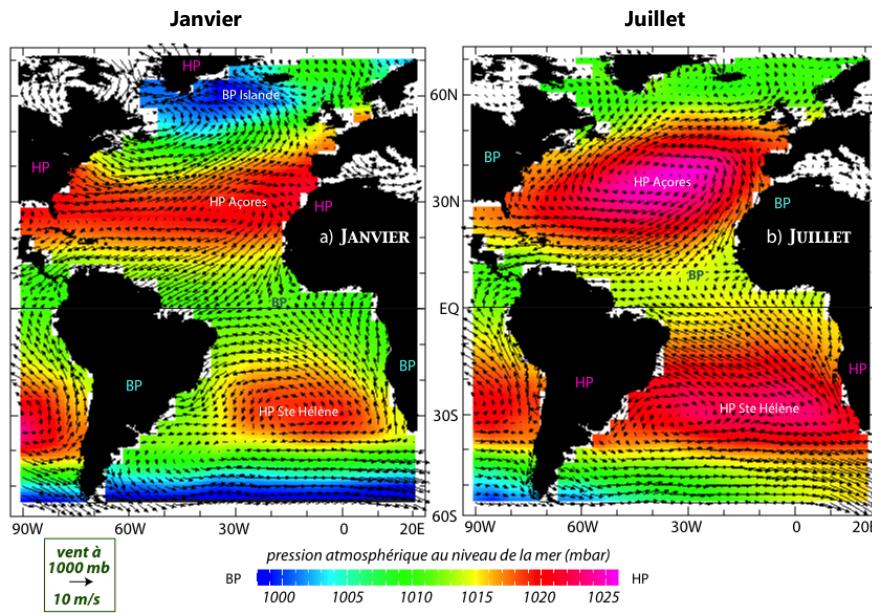
sans continent



ZCIT = zone de convergence intertropicale

6

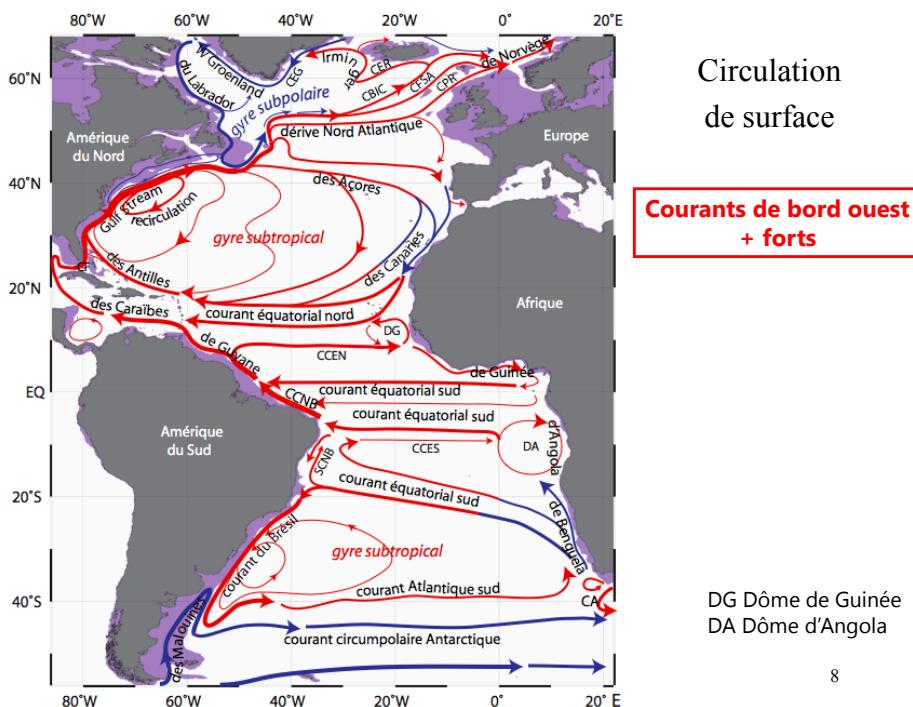
6



Pressions atmosphériques et vents moyens

7

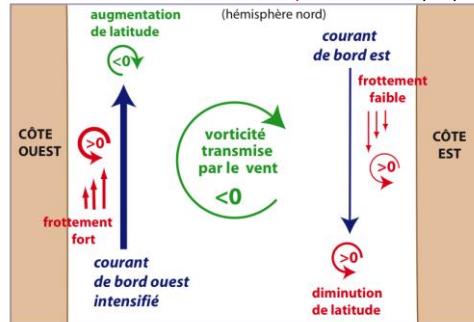
7



8

8

La conservation de la vorticité potentielle explique l'intensification des courants de bord ouest



$(\zeta + f) / H =$ propriété conservative
 $=$ conservation du moment angulaire
 d' une parcelle de fluide

Vorticité planétaire = $f = 2\omega \sin \phi$ (augmente avec la latitude)

Vorticité relative = $\zeta = (\text{rot } V)z = dv/dx - du/dy < 0$ vent anticyclonique

Vorticité absolue = $\zeta + f$

Vorticité potentielle = $(\zeta + f) / H$ (H = épaisseur de la masse d'eau)

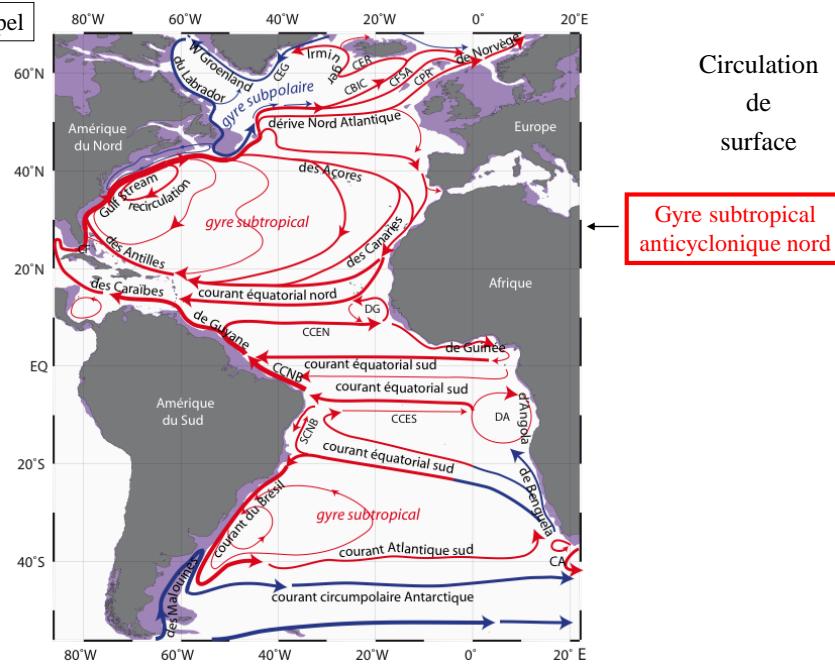
A l'Est, la vorticité transmise par le vent (<0) est compensée par la diminution de latitude (>0) et le faible frottement.

A l'Ouest, la vorticité transmise par le vent (<0) ne peut être compensée par l'augmentation de latitude (<0) il faut donc un fort frottement (>0) donc une intensification du courant

9

9

Rappel



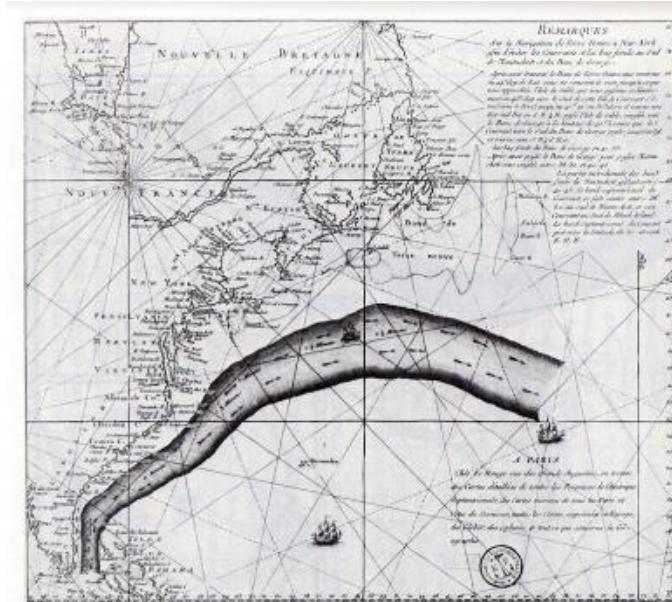
Circulation
de
surface

Gyre subtropical
anticyclonique nord

10

10

Carte du Gulf Stream de Benjamin Franklin (1778)



11

11

Simulating turtles with ESMs

Ocean Model: High-resolution ($0.1^\circ \sim 10$ km) global CESM

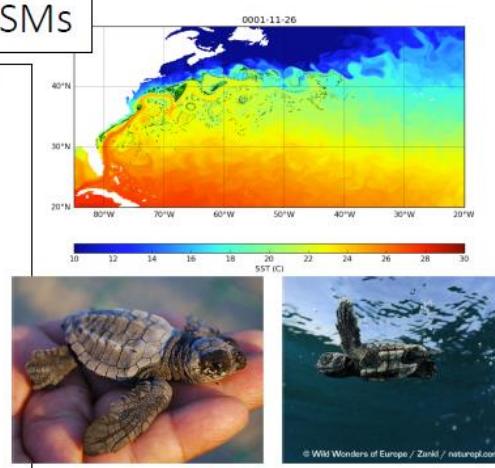
- Climatology-like run (CORE-I forced), 5 years
- With ecosystem/biogeochemistry model
- 5-day output

Particle Tracking Model: CMS (Paris et al. 2013)

- Modified to output ecosystem variables along trajectories
- Added directed swimming

Experiment:

- Simulate Loggerhead (*Caretta caretta*) hatchlings
- Release at global nesting sites, track for 1 year
- Calculate temperature and food available along trajectories
- Food: NPP & bioC = sum of plankton C biomass

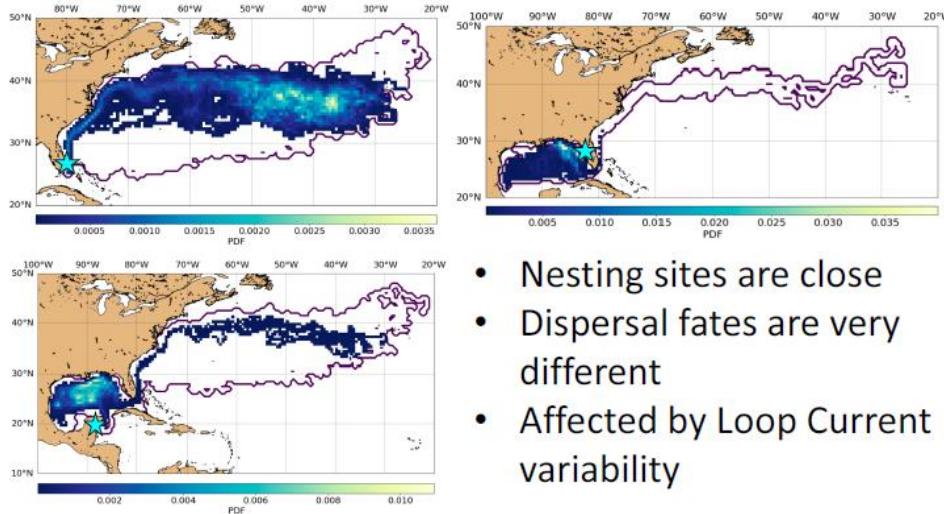


36

Harrison 2018

12

12

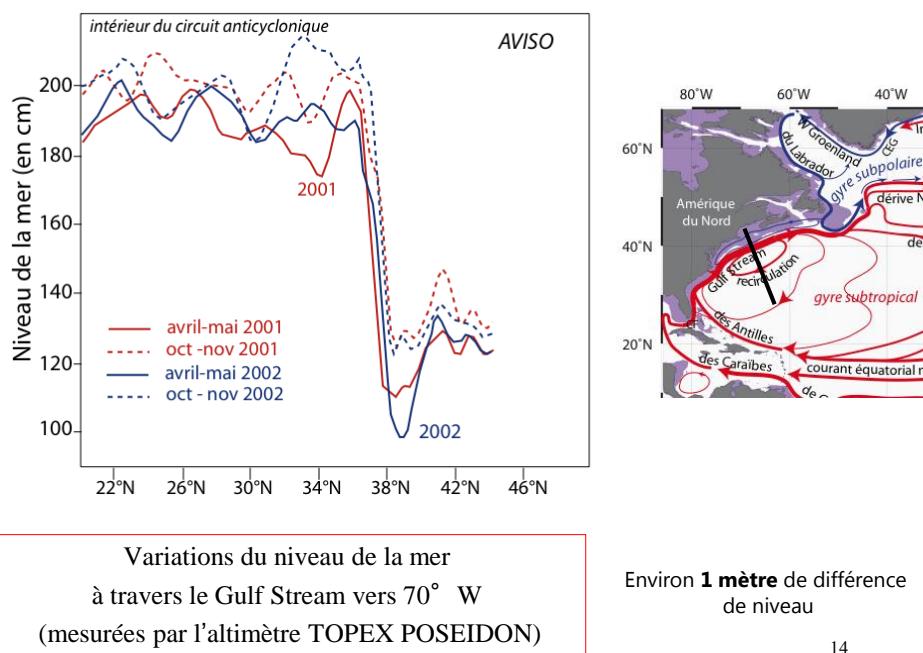


- Nesting sites are close
- Dispersal fates are very different
- Affected by Loop Current variability

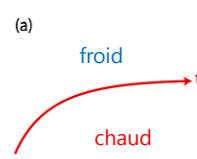
Harrison 2018

13

13



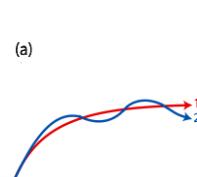
14



Le Gulf Stream devient instable
en s'éloignant de la côte
à partir du cap Hatteras

15

15



Instabilité du Gulf Stream

a) formation de méandres

16

16

Instabilité du Gulf Stream

(a)



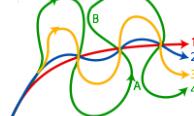
a) formation de méandres

17

17

Instabilité du Gulf Stream

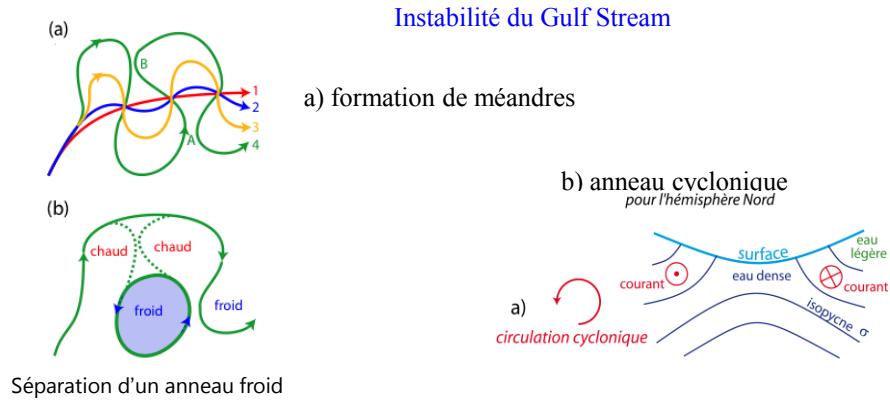
(a)



a) formation de méandres

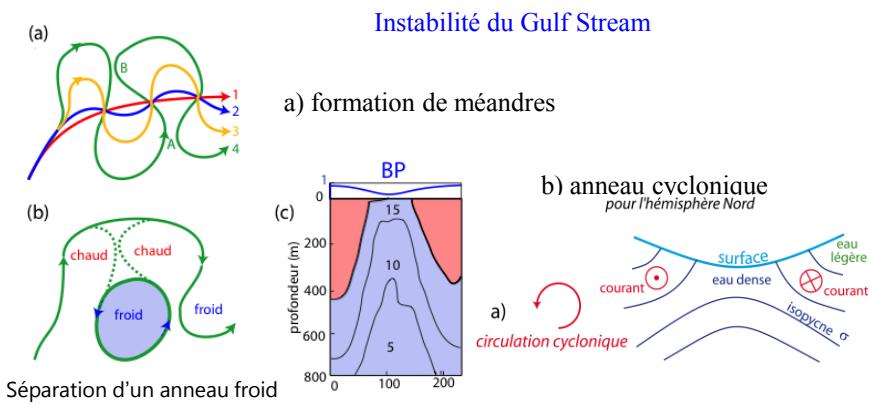
18

18



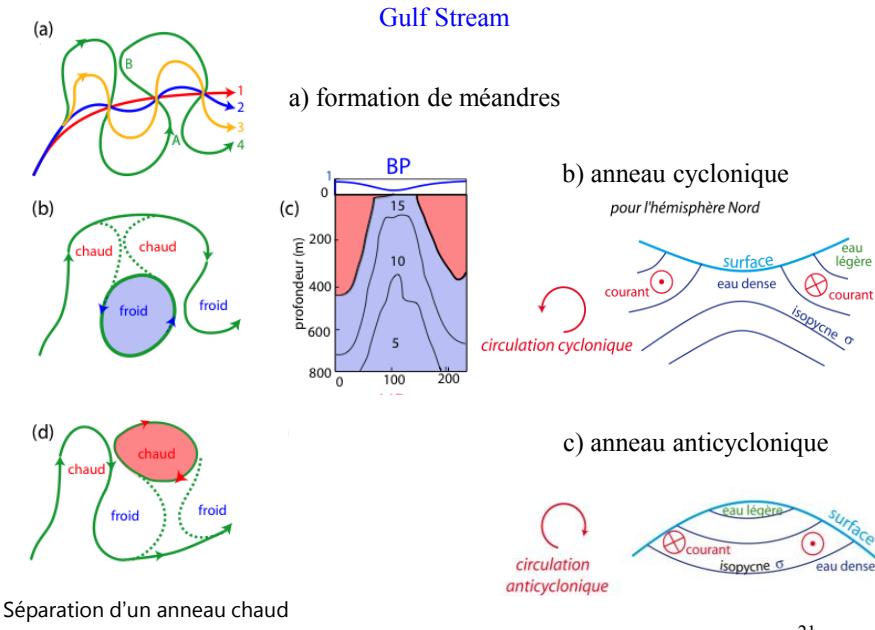
19

19



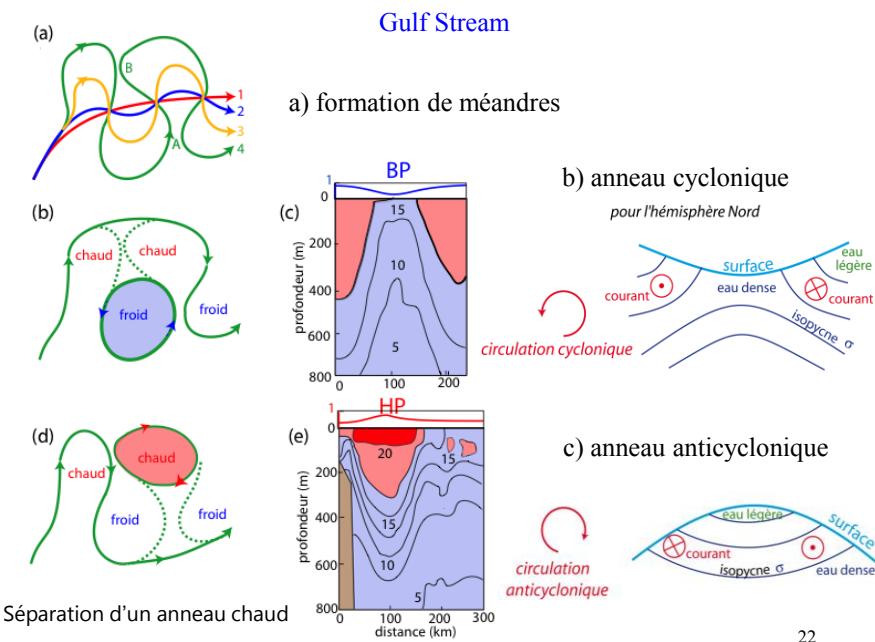
20

20



21

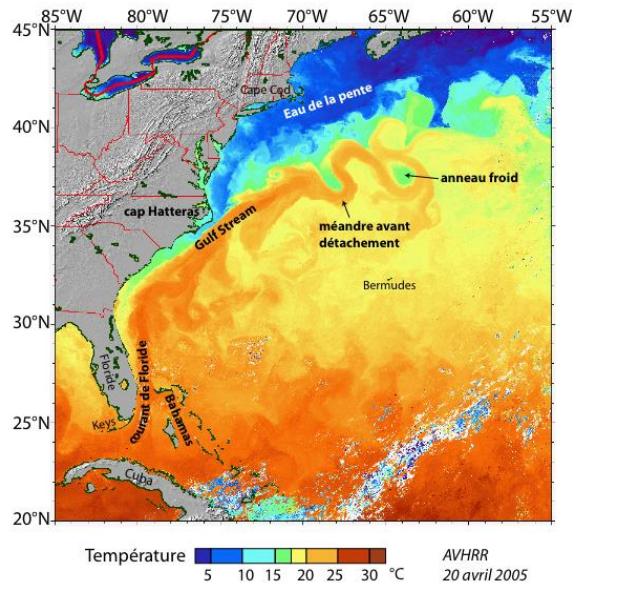
21



22

22

Le Gulf Stream vu par satellite (image infrarouge)



23

23

Front entre les eaux froides de la pente et les eaux chaudes du Gulf Stream
évaporation intense entre l'air froid et l'eau chaude

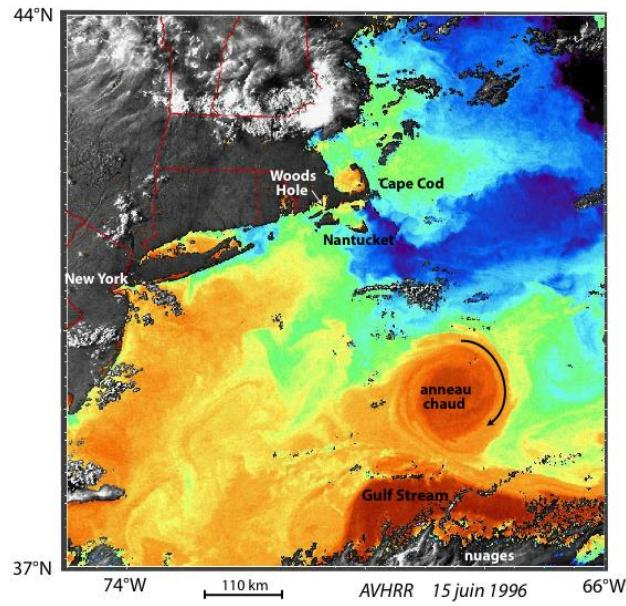


(Photo prise de « l'Atlantis I » par Conrad Neumann)

24

24

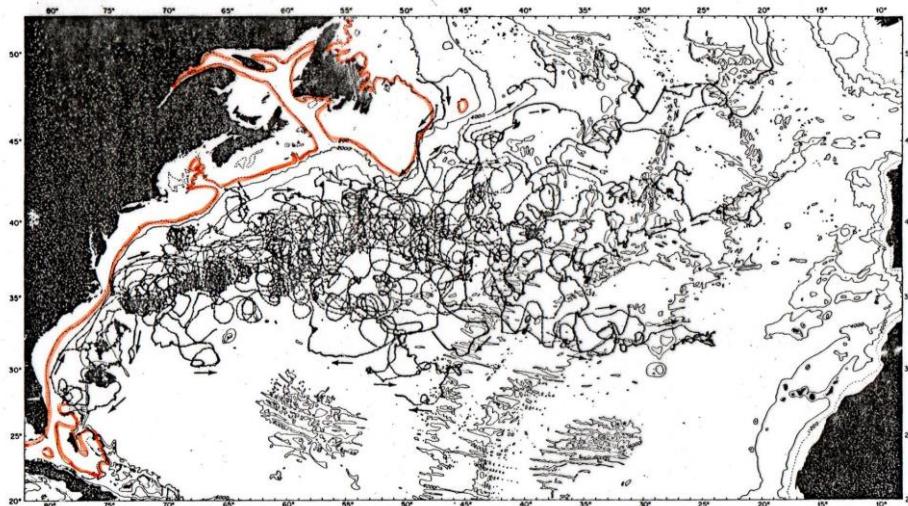
Zoom de l'image infrarouge sur un **anneau chaud** du Gulf Stream



25

25

Trajectoires de 35 bouées dérivantes lancées dans le Gulf Stream et entraînées dans des tourbillons



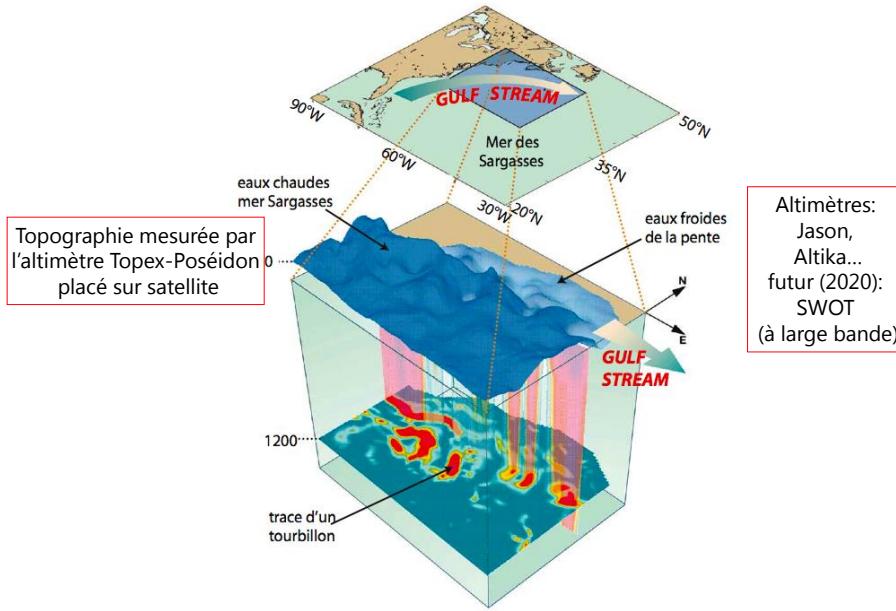
Isobathe 200 m en orange



L'océan est très turbulent

26

26



27

27

L'océan Atlantique

- 1) Forme, dimensions & topographie
 - 2) Circulation superficielle
Renforcement bord ouest ex Gulf Stream
 - 3) **Apports mers annexes: Méditerranée
Nordiques et Arctique**
 - 4) Masses d'eau ex Coupes
 - 5) Circulation « superficielle » équatoriale
- Conclusions

28

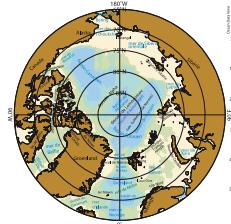
28

Mers annexes de l'océan Atlantique qui forment des masses d'eau modifiant son hydrologie :

- la Méditerranée (Eurafricaine)



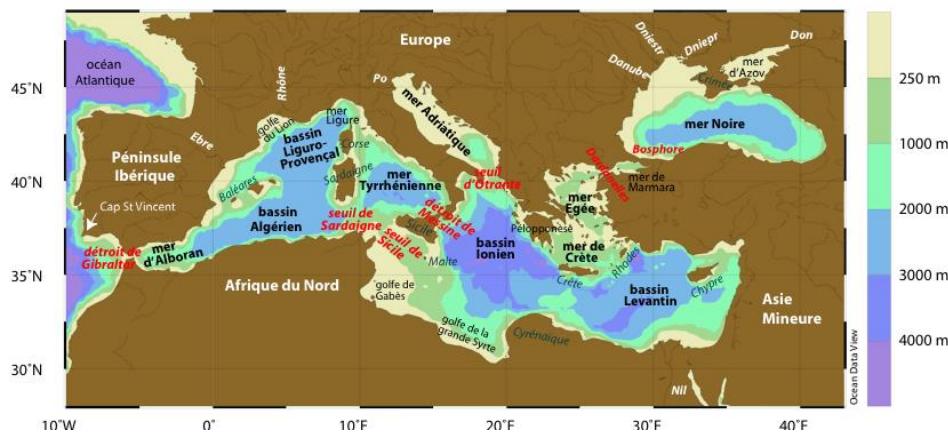
- les mers Nordiques (et Ocean Arctique)



29

29

La Méditerranée (« Mare Nostrum » des Romains)

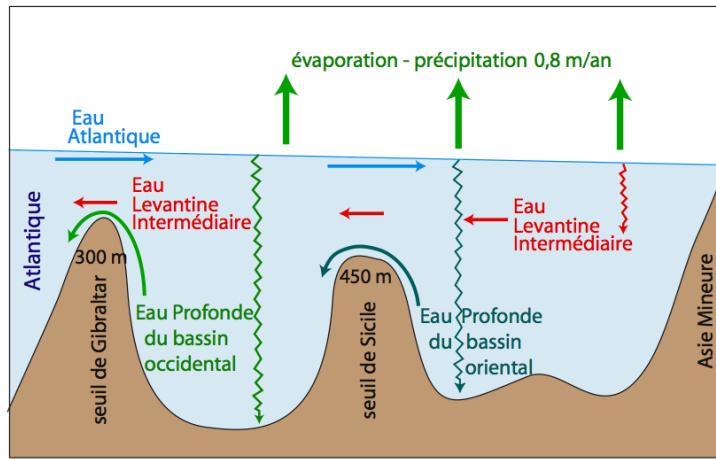


Bathymétrie

Suite de bassins à seuils

30

30



Fonctionnement hydrologique schématique de la Méditerranée

31

31

Influence de l'**Eau Méditerranéenne H. nord**
entre 800m et 2200m

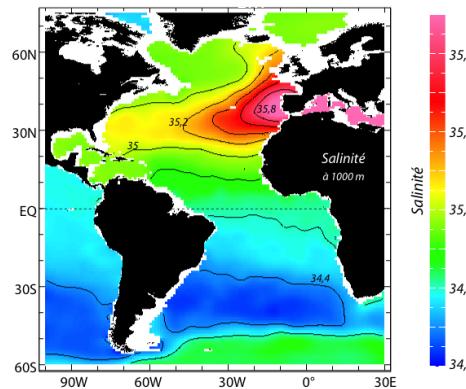
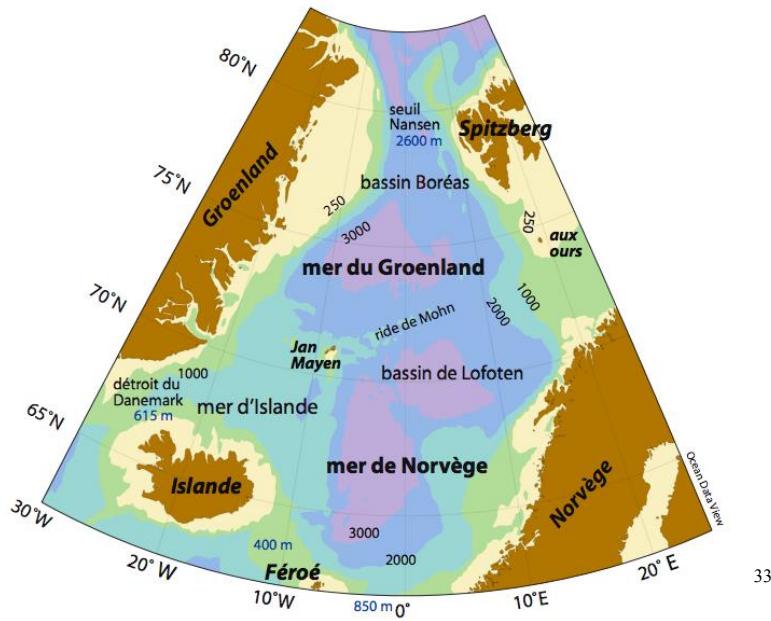


Figure: Salinité à 1000 m :

32

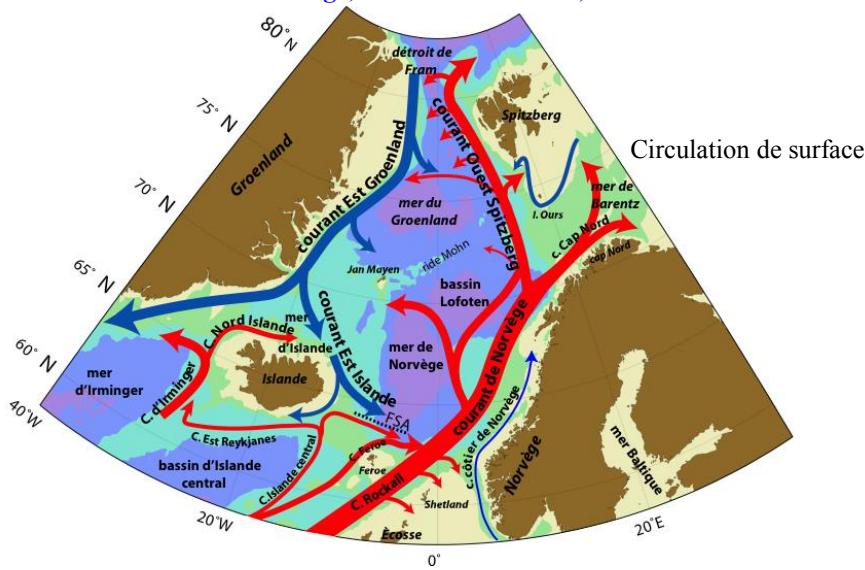
32

Topographie des **mers Nordiques**
(appelées souvent GIN : Groenland, Islande, Norvège))



33

Antichambre de l'océan Arctique : les mers Nordiques
mer de Norvège, mer du Groenland, mer d'Islande



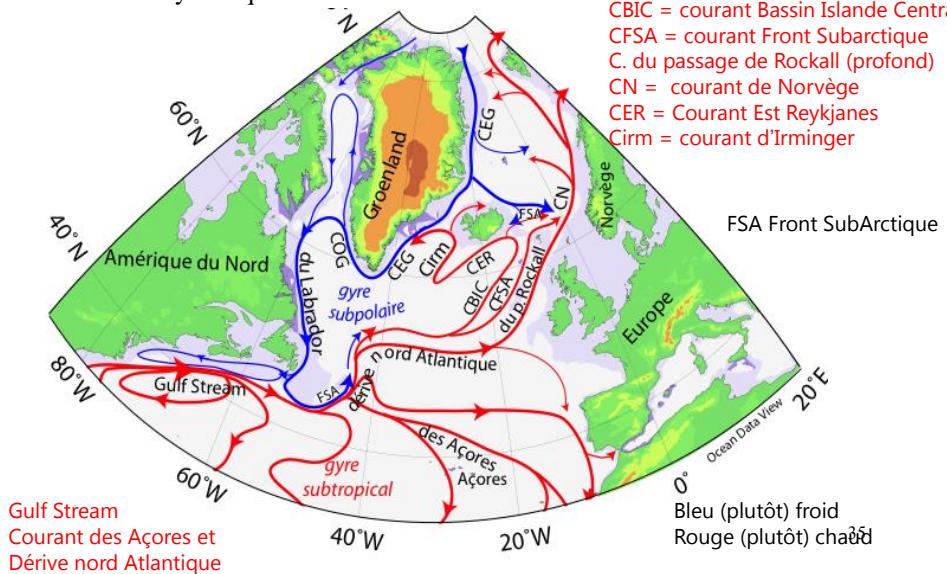
34

Pour info (+ complexe): Gyre subpolaire de l'Atlantique nord

et circulation dans les mers nordiques

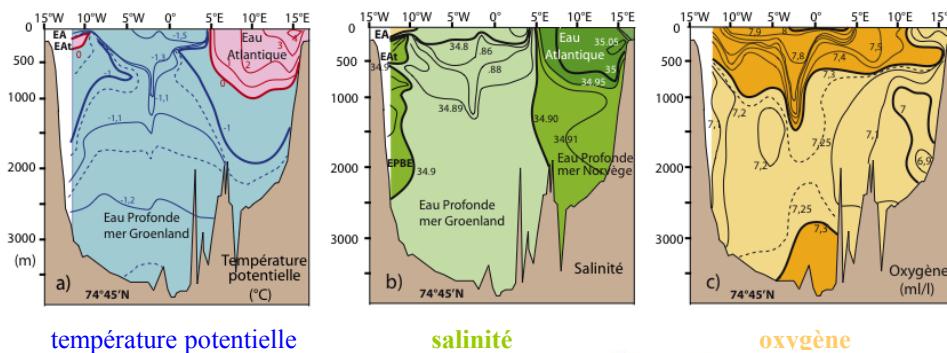
Circulation cyclonique

CEG = courant est Groenland
COG = courant ouest Groenland
CBIC = courant Bassin Islande Centrale
CSA = courant Front Subarctique
C. du passage de Rockall (profond)
CN = courant de Norvège
CER = Courant Est Reykjanes
Cirm = courant d'Irminger



35

Formation de l'Eau Profonde de la mer du Groenland



température potentielle

salinité

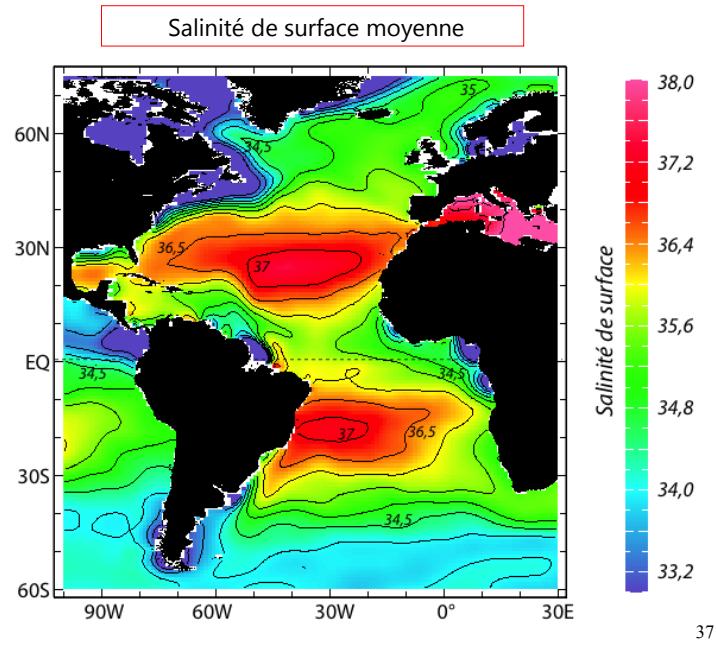
oxygène

Eau Profonde Mer Groenland
= mélange Eau Arctique de surface
(très froide, proche congélation)
+ Eau d'origine Atlantique (salée)

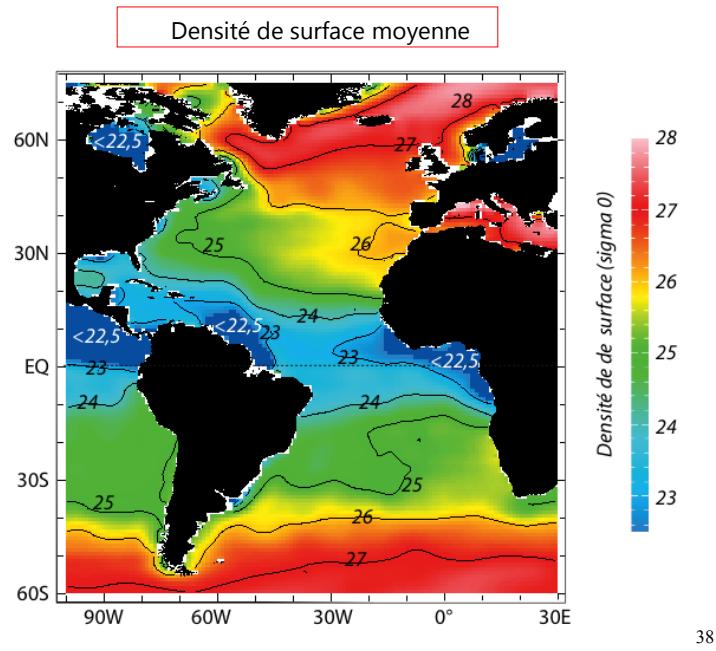


36

36

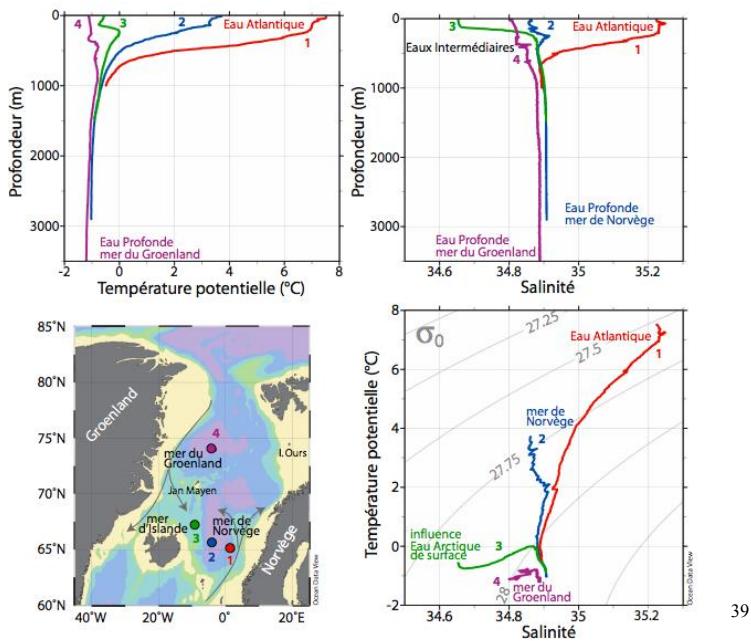


37



38

Mer de Norvège, mer d'Islande, mer du Groenland



39

Mers Nordiques (mer de Norvège, mer du Groenland, mer d'Islande)

Eaux entrantes :

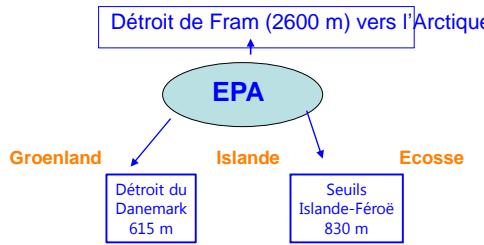
- **Eau Atlantique chaude** ($6^\circ < T < 9^\circ$) et **salée** (environ 35,30)
- **Eau Arctique très froide** (proche de la température de congélation)
- + Variation de température annuelle de 5° à 10° C

Formation en hiver, à la limite de la glace de mer, de l'**Eau Profonde de la mer du Groenland** qui se transforme en mer de Norvège pour former l'**Eau Profonde Arctique (EPA)**

Eau Profonde Arctique = Eau type

$S = 34,91$
 $\theta = -1,1^\circ C$
 $\sigma = 28,11$

6 ml/l < O2 < 7 ml/l
260 μ mol/kg < O2 < 300 μ mol/kg



40

40

L'océan Atlantique

- 1) Forme, dimensions & topographie
 - 2) Circulation superficielle
Renforcement bord ouest ex Gulf Stream
 - 3) Apports mers annexes: Méditerranée
Nordiques et Arctique
 - 4) **Masses d'eau ex Coupes**
 - 5) Circulation « superficielle » équatoriale
- Conclusions

41

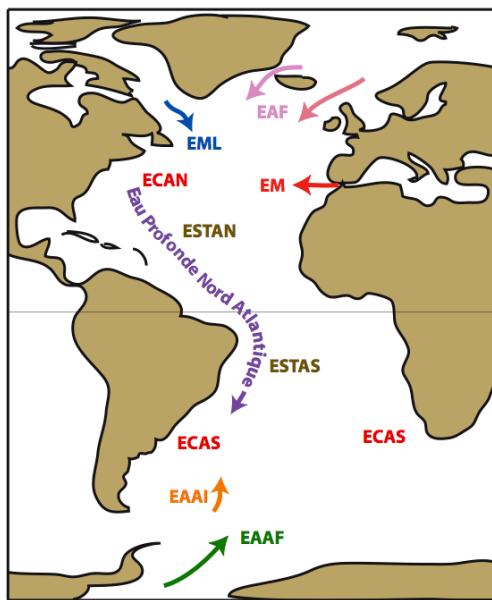
41

Quelle influence ces masses d'eau
formées dans les mers annexes
de l'océan Atlantique
vont-elles avoir sur son hydrologie ?

42

42

Masses d'eau principales de l'océan Atlantique

Venant de l'Antarctique :

EAAI = Eau Antarctique Intermédiaire x

EAAF = Eau Antarctique de Fond

Venant des mers annexes :

EAF = Eau Arctique de Fond

EM = Eau Méditerranéenne

Formées en Atlantique :

EML = Eau Mer Labrador

EPNA = Eau Profonde Nord Atlantique

ECAN = Eau Centrale Atlantique Nord

ECAS = Eau Centrale Atlantique Sud

ESTAN = Eau Subtropicale Atlantique Nord

ESTAS = Eau Subtropicale Atlantique Sud

43

43

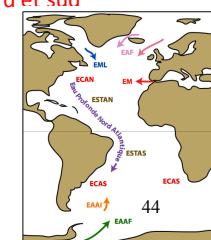
Hydrologie de l'océan Atlantique

Venant de l'océan Antarctique : - l'**Eau Antarctique de Fond**, (la plus froide)
 - l'**Eau Antarctique Intermédiaire**, (minimum de salinité)

Venant des mers annexes : - l'**Eau Méditerranéenne**, salée, influence vers 1000 m
 - l'**Eau Arctique de Fond**, à l'est et à l'ouest de l' Islande

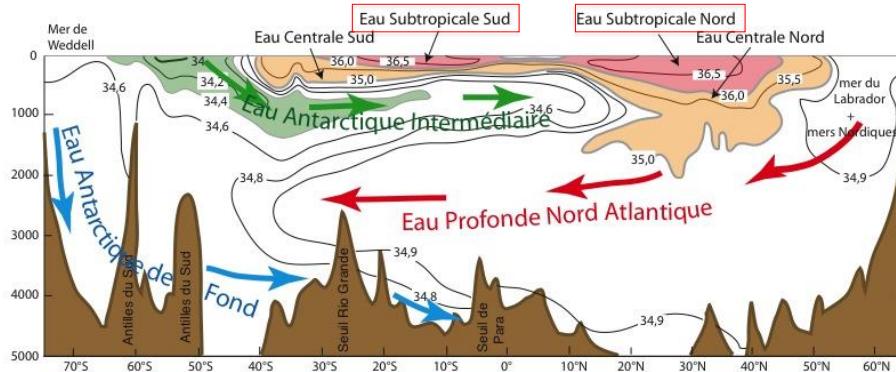
Formées dans l'océan Atlantique proprement dit :

- les **Eaux Subtropicales**, formées dans le centre des gyres anticycloniques nord et sud
- les **Eaux Centrales nord et sud**, eaux de la thermocline, formées dans les zones de convergences subtropicales nord et sud
- l'**Eau de la mer du Labrador**
- l'**Eau Profonde Nord Atlantique**, formée du mélange entre
 - l'**Eau de la mer du Labrador**
 - l'**Eau Méditerranéenne**
 - l'**Eau Arctique de Fond**
 - reste d'**Eau Antarctique de fond**



44

Bassin occidental de l'océan Atlantique



1d)

45

45

Influence de l'Eau Méditerranéenne H. nord
entre 800m et 2200m

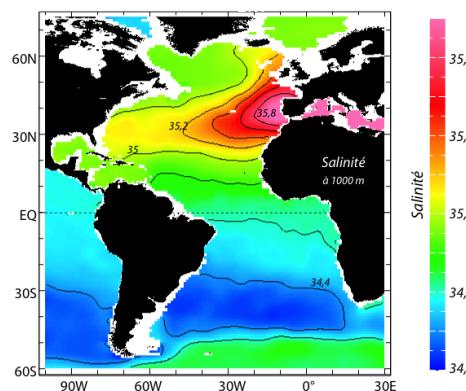
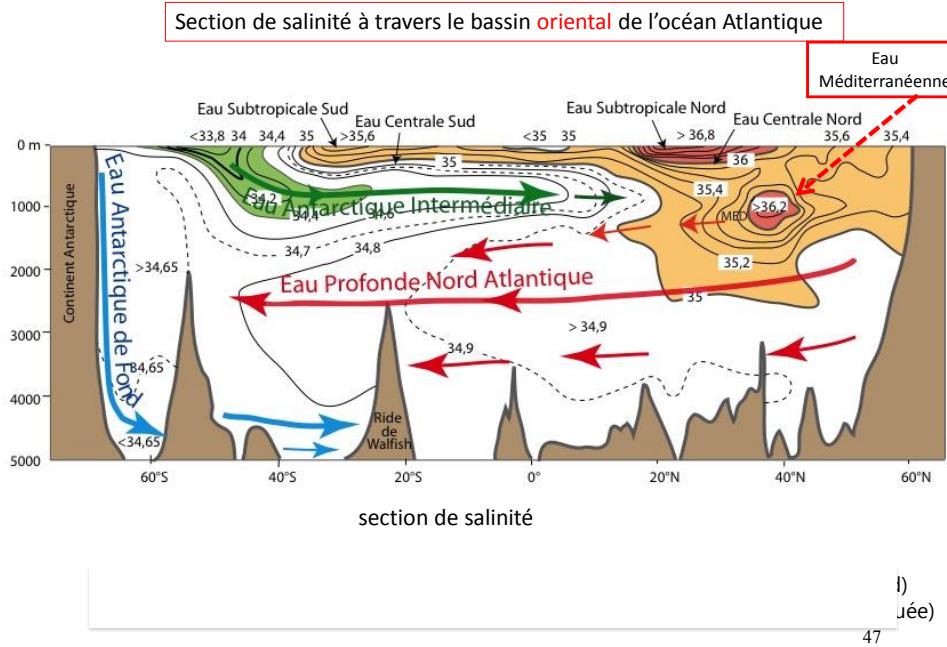


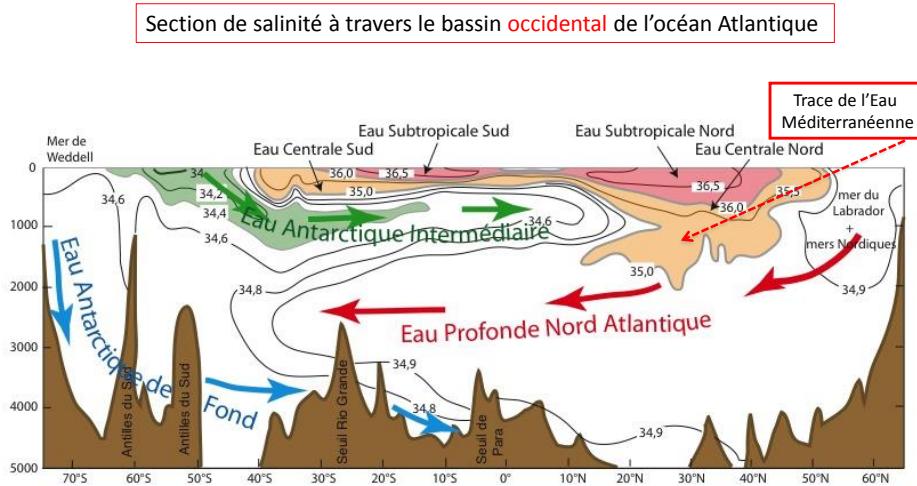
Figure: Salinité à 1000 m :

46

46



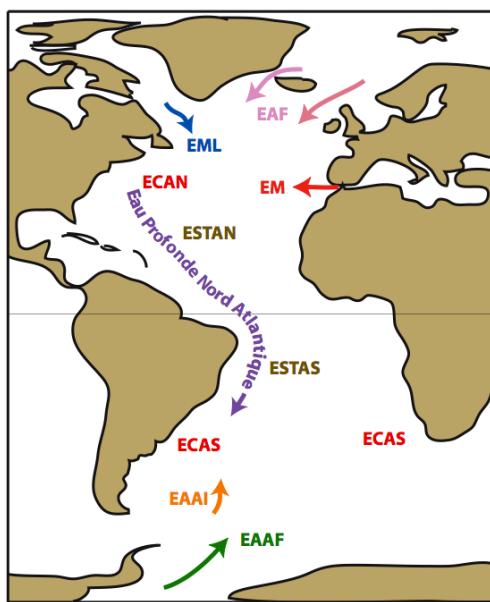
47



48

48

Masses d'eau principales de l'océan Atlantique

Venant de l'Antarctique :

EAAI = Eau Antarctique Intermédiaire x

EAAF = Eau Antarctique de Fond

Venant des mers annexes :

EAF = Eau Arctique de Fond

EM = Eau Méditerranéenne

Formées en Atlantique :

EML = Eau Mer Labrador

EPNA = Eau Profonde Nord Atlantique

ECAN = Eau Centrale Atlantique Nord

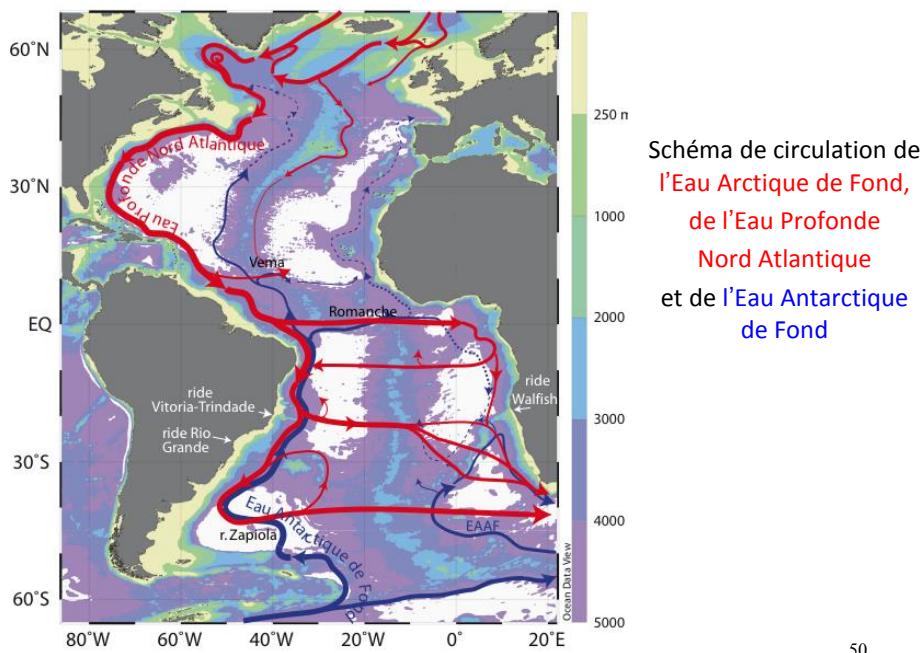
ECAS = Eau Centrale Atlantique Sud

ESTAN = Eau Subtropicale Atlantique Nord

ESTAS = Eau Subtropicale Atlantique Sud

49

49



50

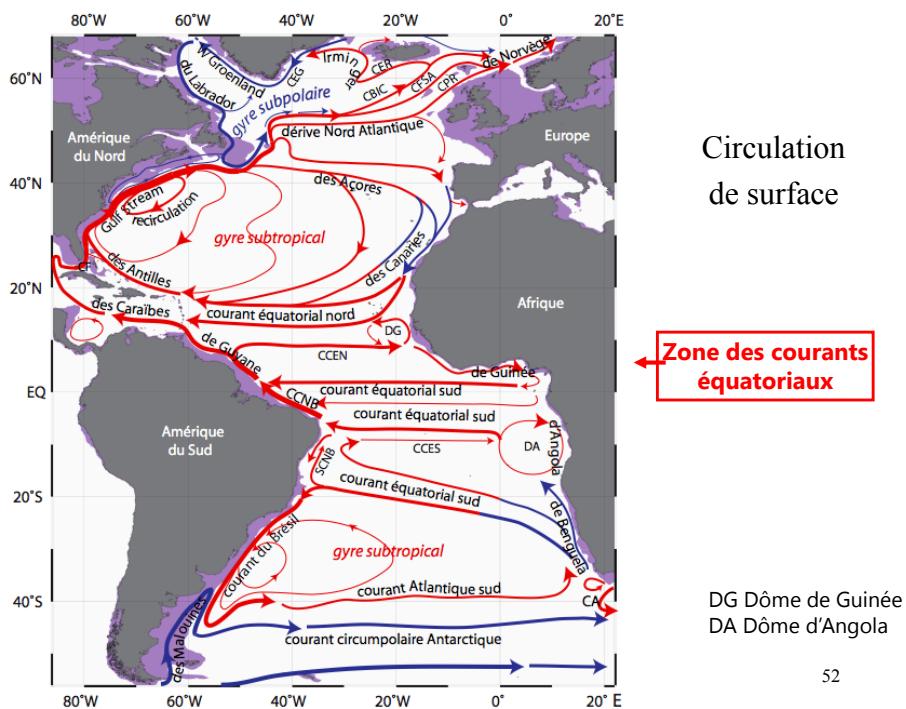
50

L'océan Atlantique

- 1) Forme, dimensions & topographie
 - 2) Circulation superficielle
 - Renforcement bord ouest ex Gulf Stream
 - 3) Apports mers annexes: Méditerranée
Nordiques et Arctique
 - 4) Masses d'eau ex Coupes
 - 5) Circulation « superficielle » équatoriale
- Conclusions

51

51

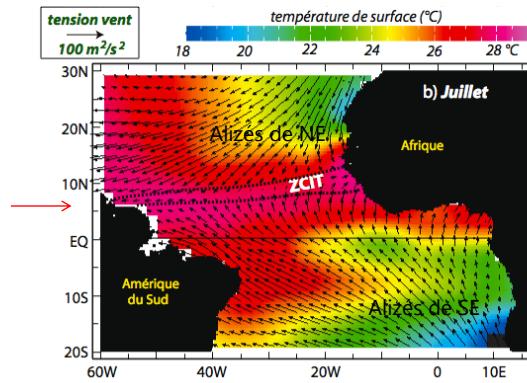


52

Tension du vent moyen
($pc_d U^2$)
et température de surface
en Atlantique équatorial

**zone de convergence
Intertropicale (ZCIT)**

zone couverte par
les alizés de NE et de SE
en **juillet**

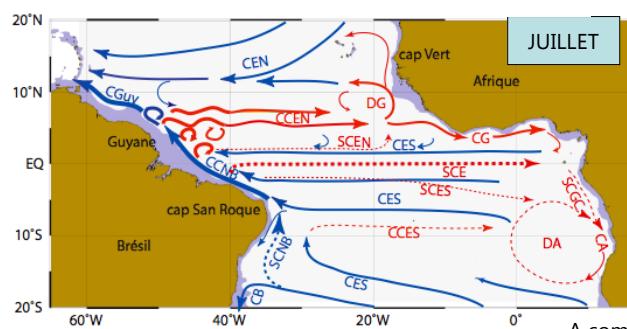
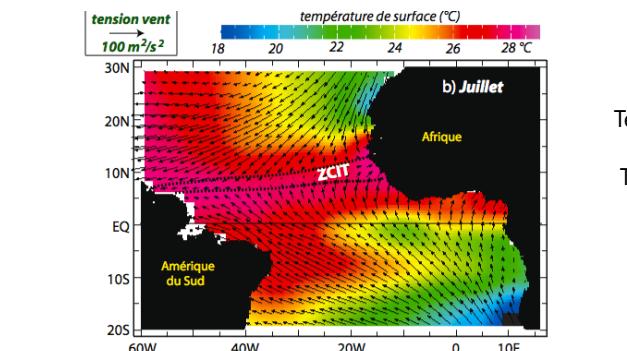


53

53

Tension du vent (flèches)
et
Température de surface

En juillet



Circulation
de surface
(vers l'est **rouge**)
(vers l'ouest **bleu**)
et de
subsurface
(en tiretés)

A comparer avec
les vents

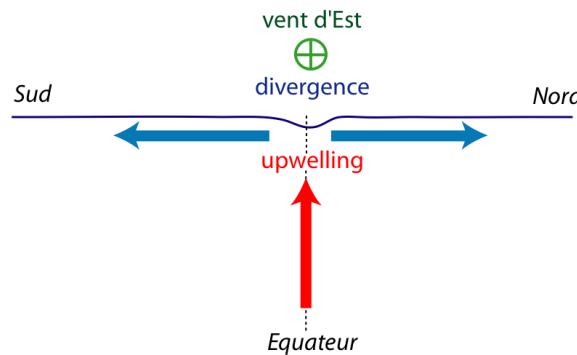
54

54

RAPPEL

Divergence équatoriale sous un vent d'est

entraîne un upwelling

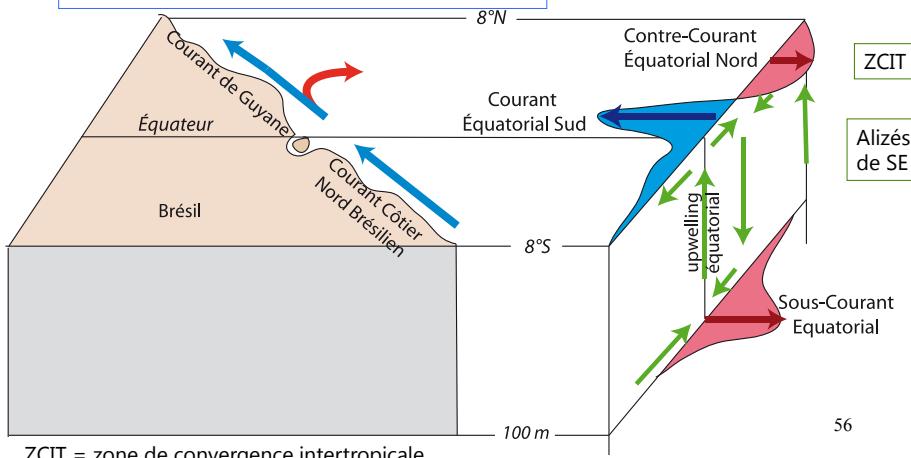


55

55

Schéma simplifié des courants dans l'Atlantique équatorial

upwelling dans la zone de divergence équatoriale
 downwelling dans la zone de convergence entre
 le **Courant Équatorial Sud** (vers l'ouest)
 et le **Contre-Courant Équatorial Nord** (vers l'est)



56

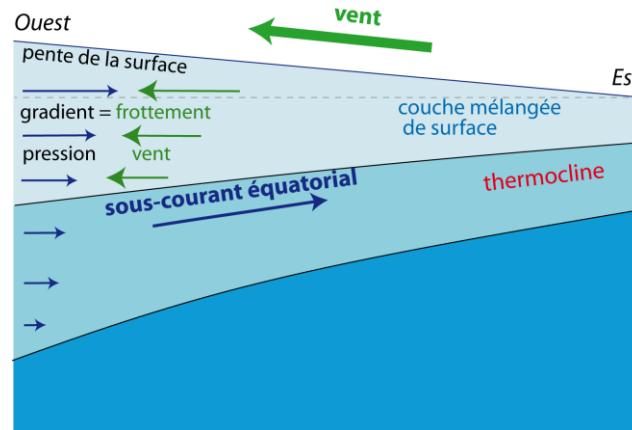
56

RAPPEL

Structure équatoriale ($f = 0$) sous un vent d'est (alizés de SE)
(océans Pacifique et Atlantique)

**formation du sous-courant équatorial dans la thermocline
en sens inverse du vent**

dans la zone où la tension du vent n'équilibre plus le gradient de pression
dû à la pente de la surface

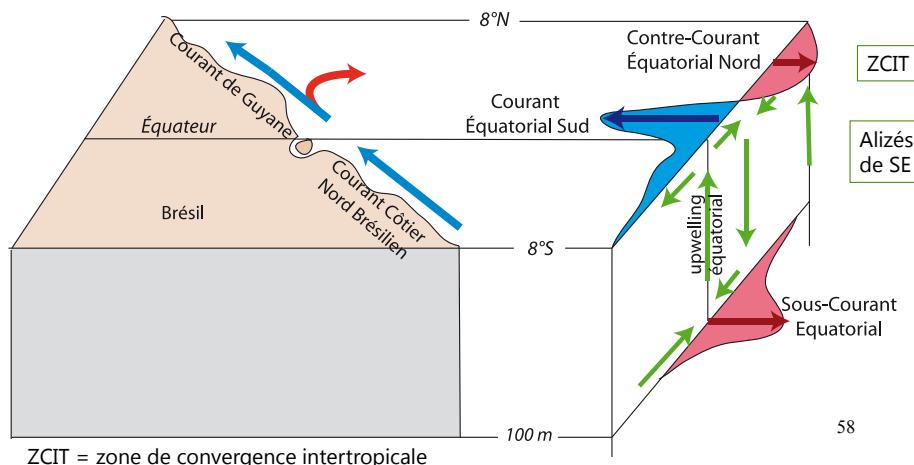


57

57

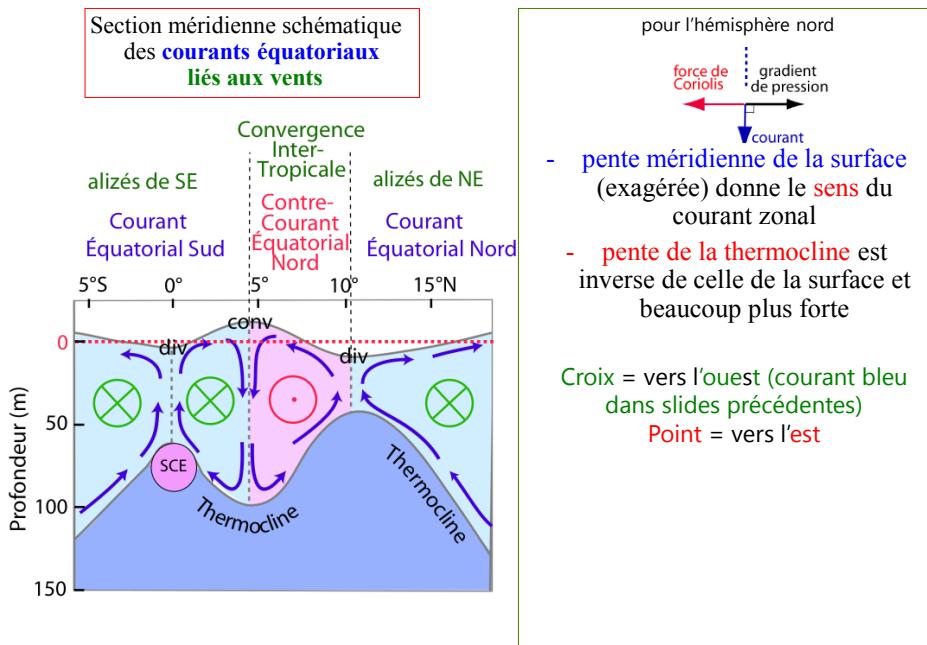
Schéma simplifié des courants dans l'Atlantique équatorial

Présence du **Sous Courant Équatorial Nord** (vers l'est)

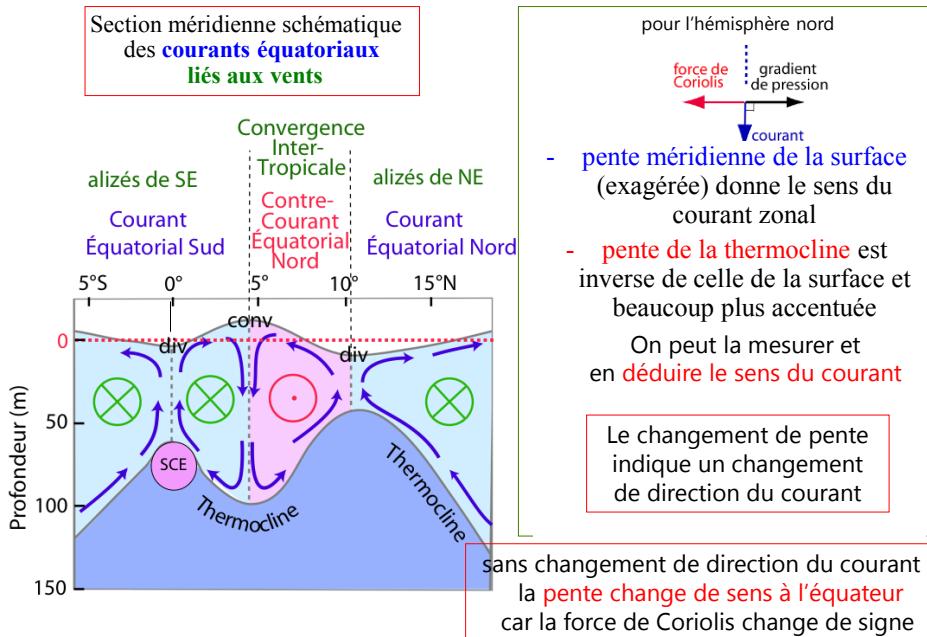


58

58

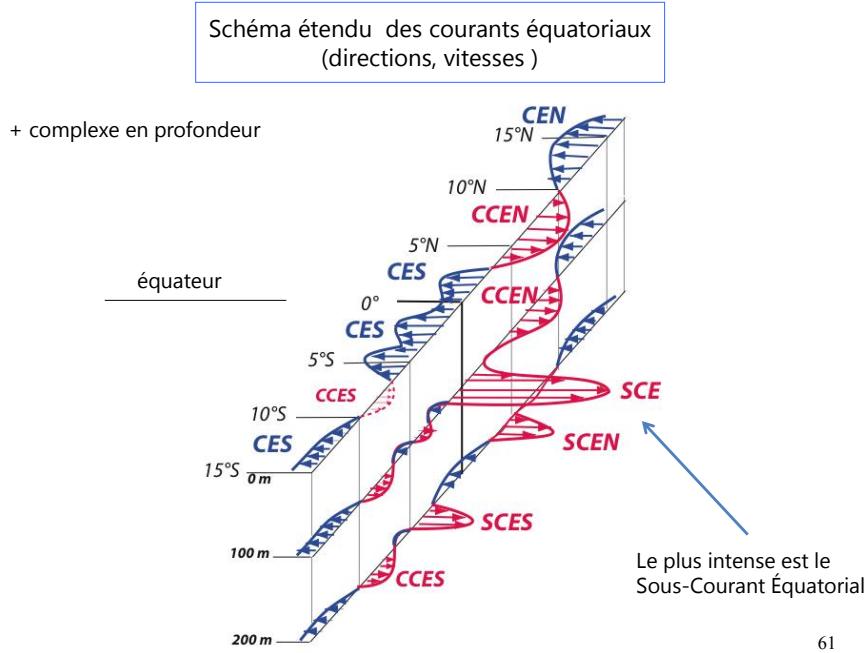


59



60

60

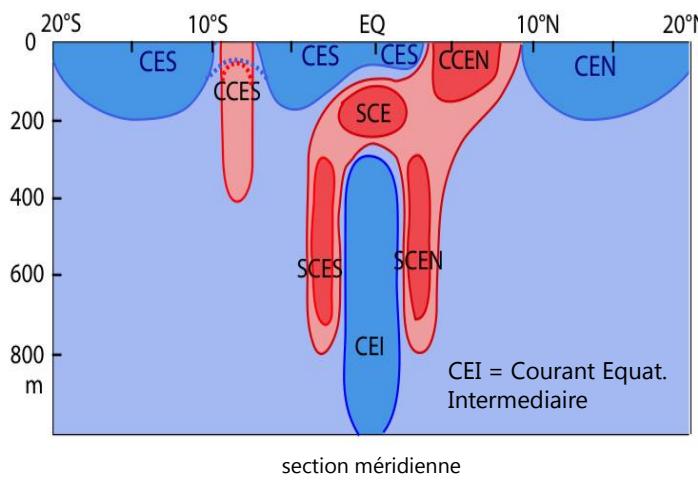


61

61

Schéma des courants équatoriaux (0-1000m)

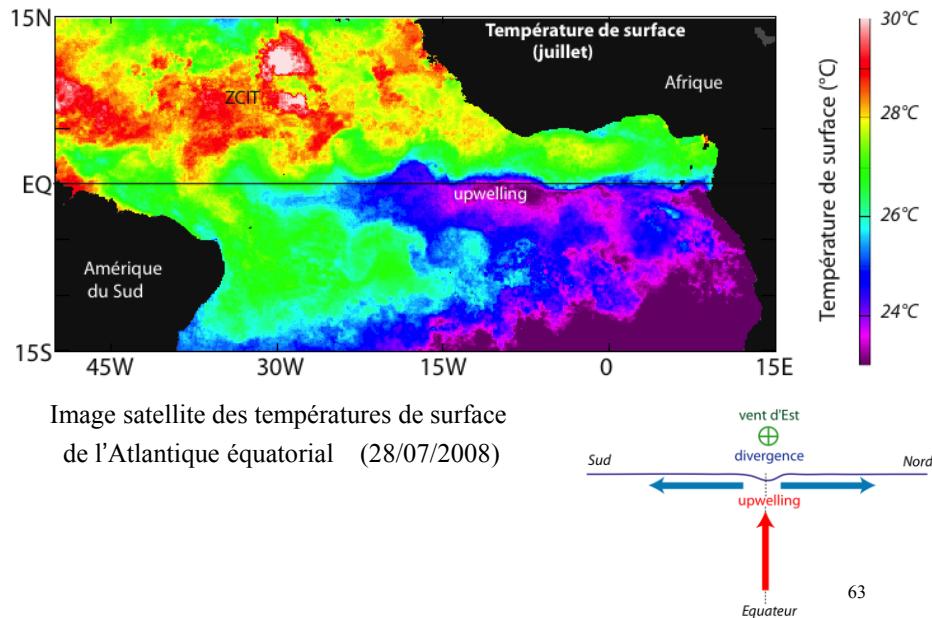
- **dissymétrie** en **surface** en raison de la distribution **dissymétrique des vents**
- mais **symétrie** par rapport à l'équateur en **profondeur** hors de l'influence des vents



en bleu vers l'ouest, en rouge vers l'est

62

62



63

OCÉAN ATLANTIQUE

- Communication entre les deux bassins polaires
- Dissymétrie N-S
 - topographie réduit l'influence polaire nord
 - Méditerranée renforce la salinité au Nord (800m - 2200m)
- Dissymétrie est-ouest
 - existence de la dorsale médio-atlantique
 - effet de la rotation de la Terre
 - > bassins ouest plus caractéristiques
- Echanges actifs entre Nord et Sud
 - par circulation superficielle
 - par circulation profonde
- Importance des mouvements verticaux profonds
 - > un des moteurs de la circulation thermohaline mondiale

SOURCE PRINCIPALE D'EAU PROFONDE LIAISON MÉRIDIENNE

Elément primordial dans la stabilité des conditions physiques du milieu océanique

64

64