

## Projet ZEBRE (2013-2014)

# Observation et modélisation des jets zonaux profonds dans l'Océan Pacifique Tropical

Sophie Cravatte<sup>1</sup>, Elodie Kestenare<sup>2</sup>, Romain Bourdallé-Badié<sup>3</sup>, Frédéric Marin<sup>2</sup>,  
Billy Kessler<sup>4</sup>, Christophe Menkès<sup>5</sup>, Hristina Hristova<sup>4</sup>

<sup>1</sup> IRD – LEGOS, Nouméa

<sup>2</sup> IRD – LEGOS, Toulouse

<sup>3</sup> Mercator-Océan, Ramonville Saint-Agne

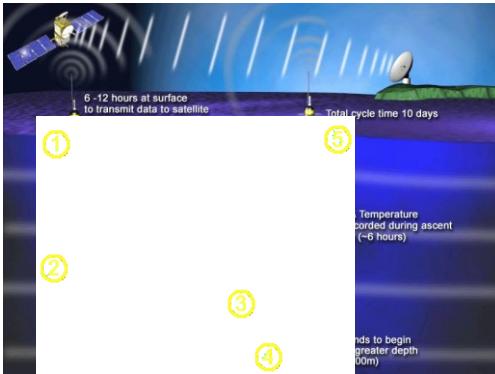
<sup>4</sup> NOAA – PMEL, Seattle, USA

<sup>5</sup> IRD – LOCEAN, Nouméa



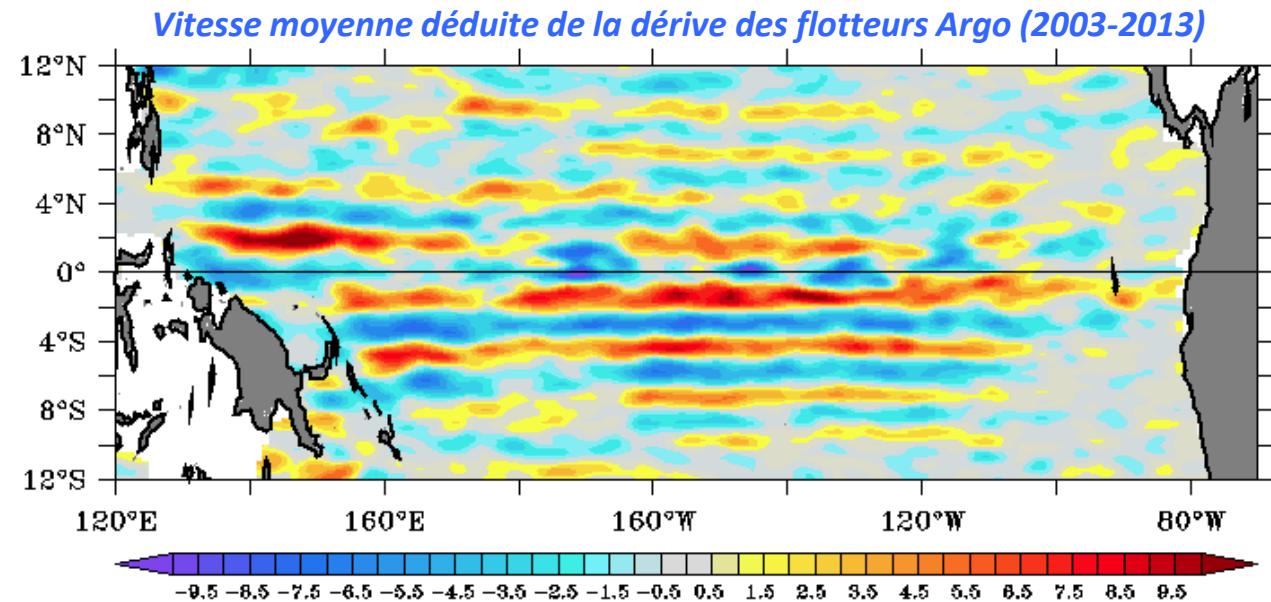
Journées 2015 du Groupe Mission MERCATOR/CORIOLIS, 15-17 juin 2015, Toulouse



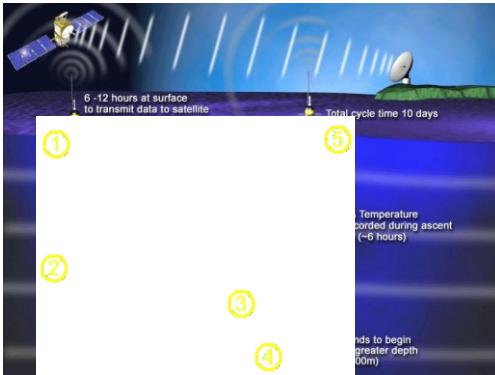


**U**  
1000 m  
(cm/s)

## JETS ZONaux INTERMEDIAIRES DE L'OCEAN PACIFIQUE (Cravatte et al., 2012)

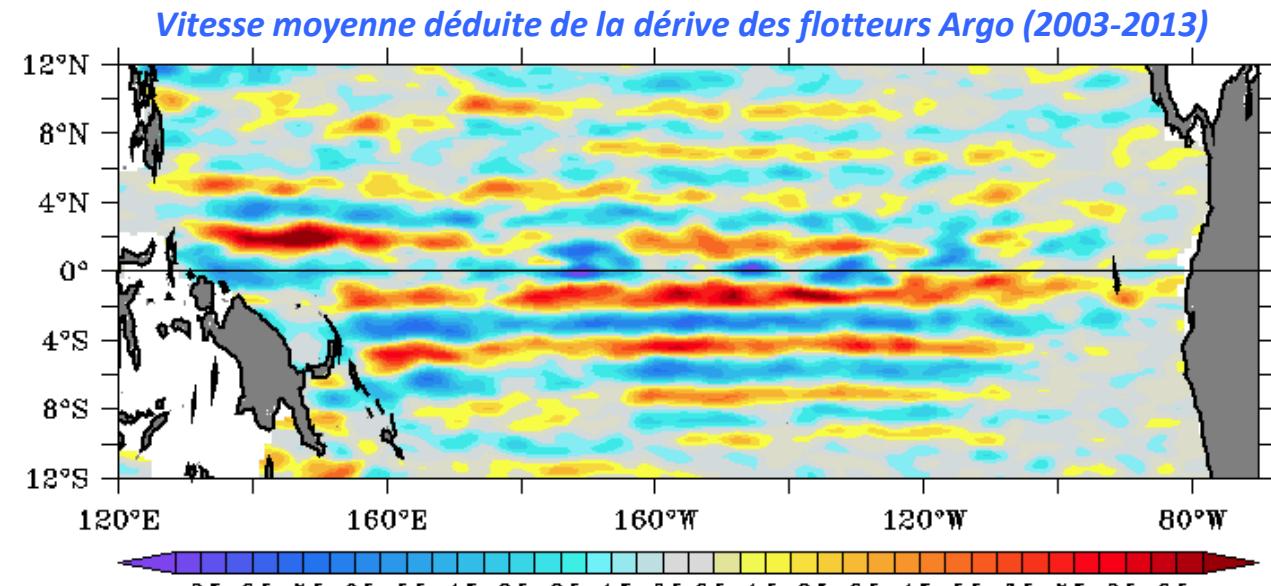


- Jets zonaux alternés cohérents en longitude à l'échelle du bassin de 10°S à 10°N
- Les jets apparaissent dès le bord Ouest, mais disparaissent dans l'Est du bassin.
- Amplitude plus forte dans l'Ouest et au Sud de l'équateur ( $\pm 5$  cm/s environ)
- Echelle méridienne: 300 km environ
- Les jets s'éloignent faiblement de l'équateur dans la partie Ouest

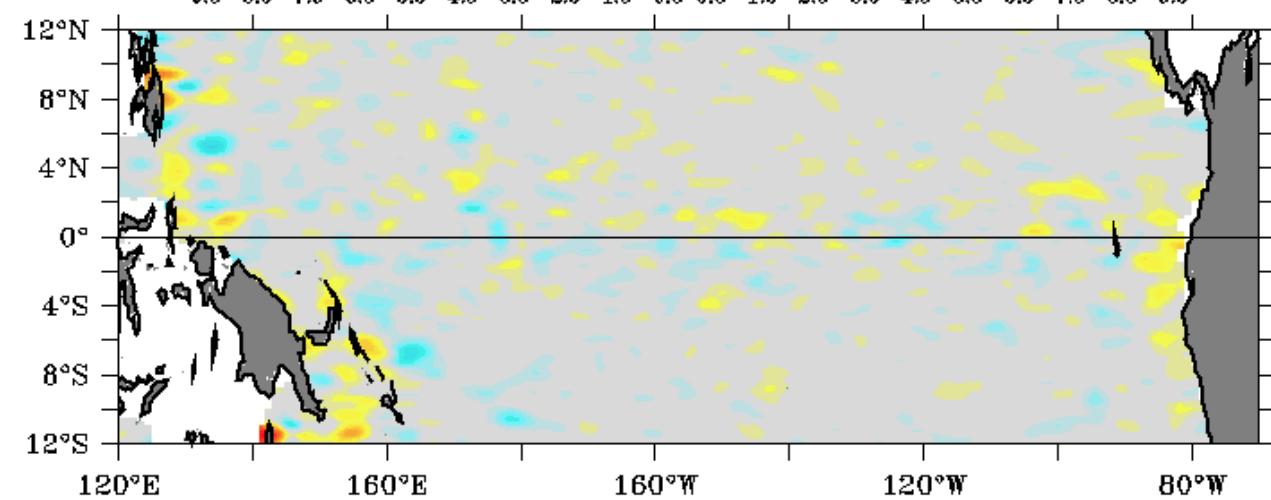


## JETS ZONaux INTERMEDIAIRES DE L'OCEAN PACIFIQUE (Cravatte et al., 2013)

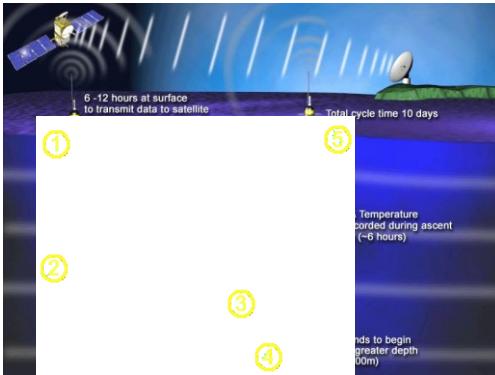
**U**  
1000 m  
(cm/s)



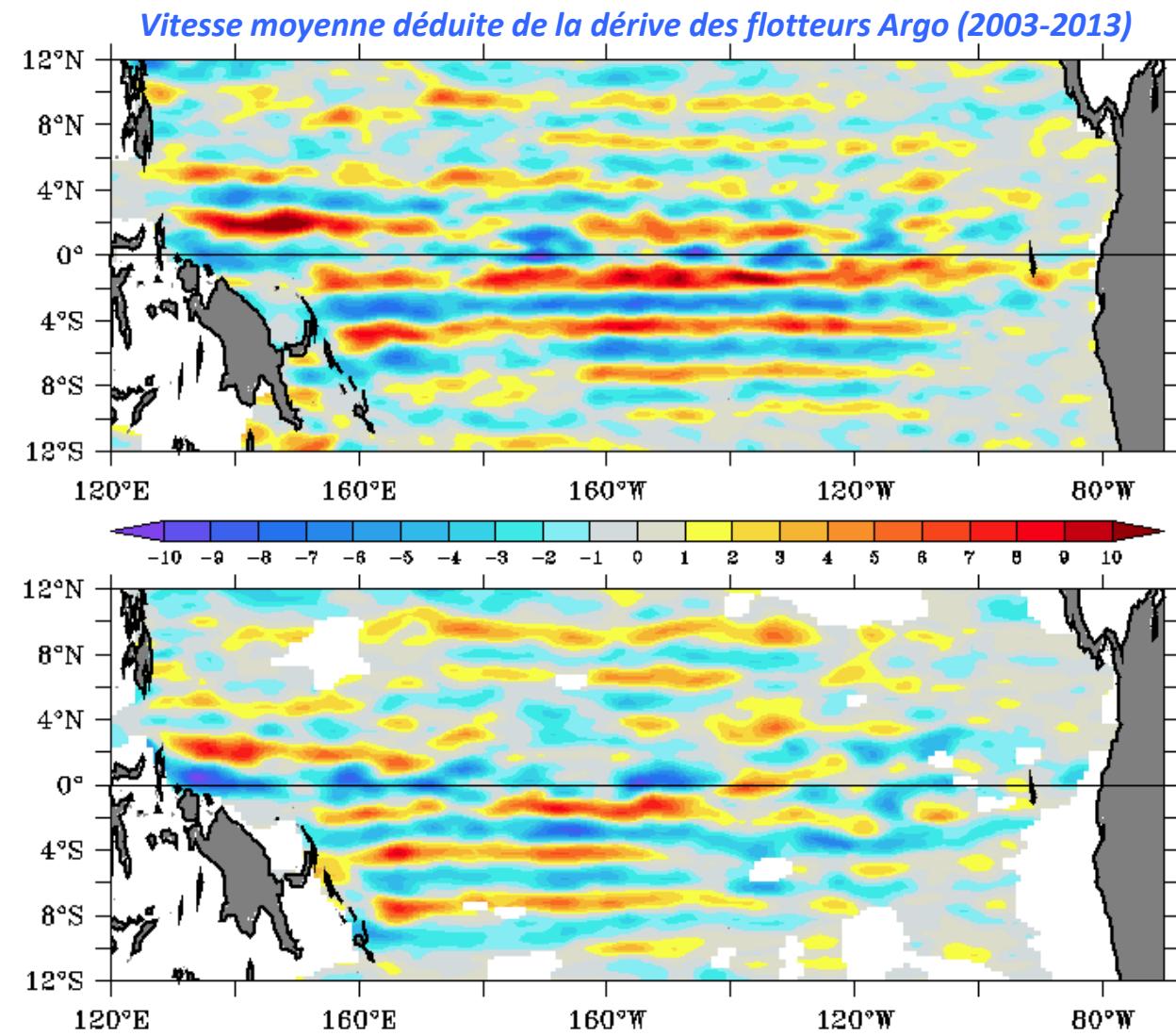
**V**  
1000 m  
(cm/s)



- pas de signature en vitesse méridienne



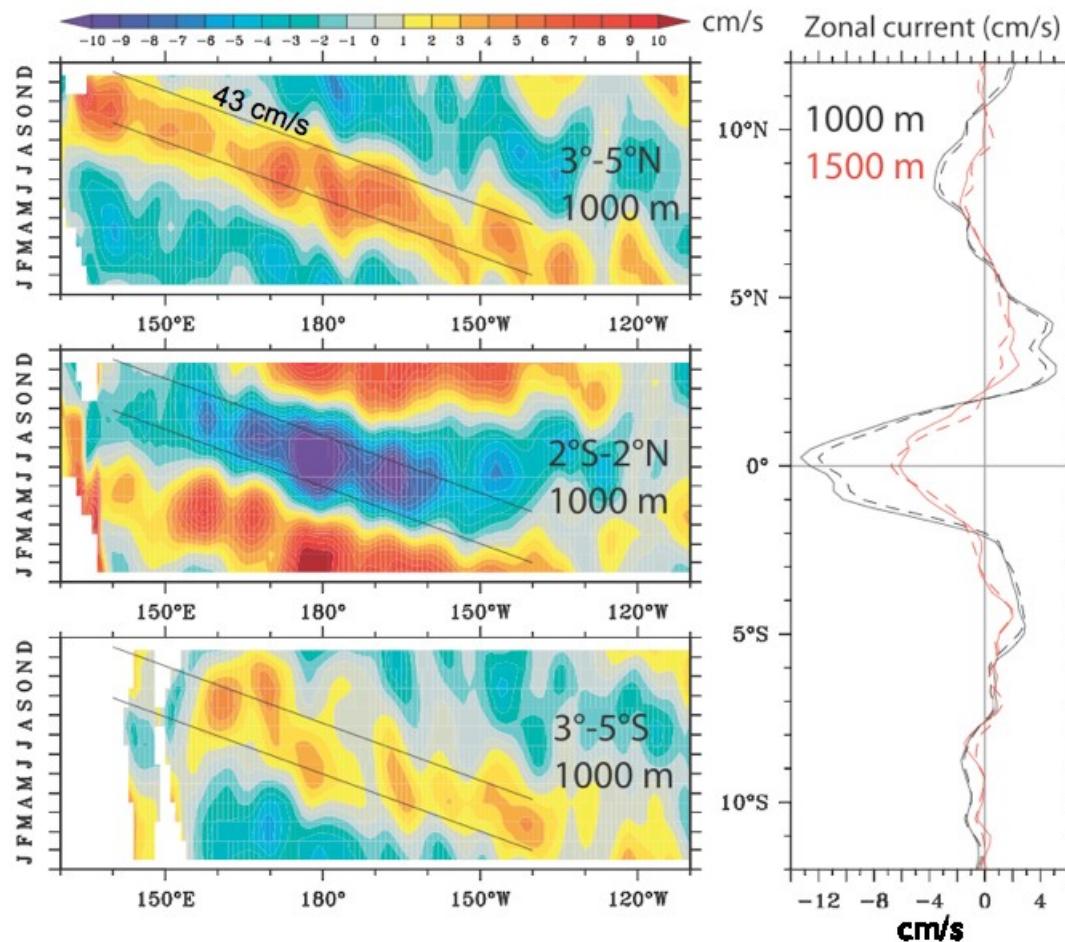
**U**  
1000 m  
(cm/s)



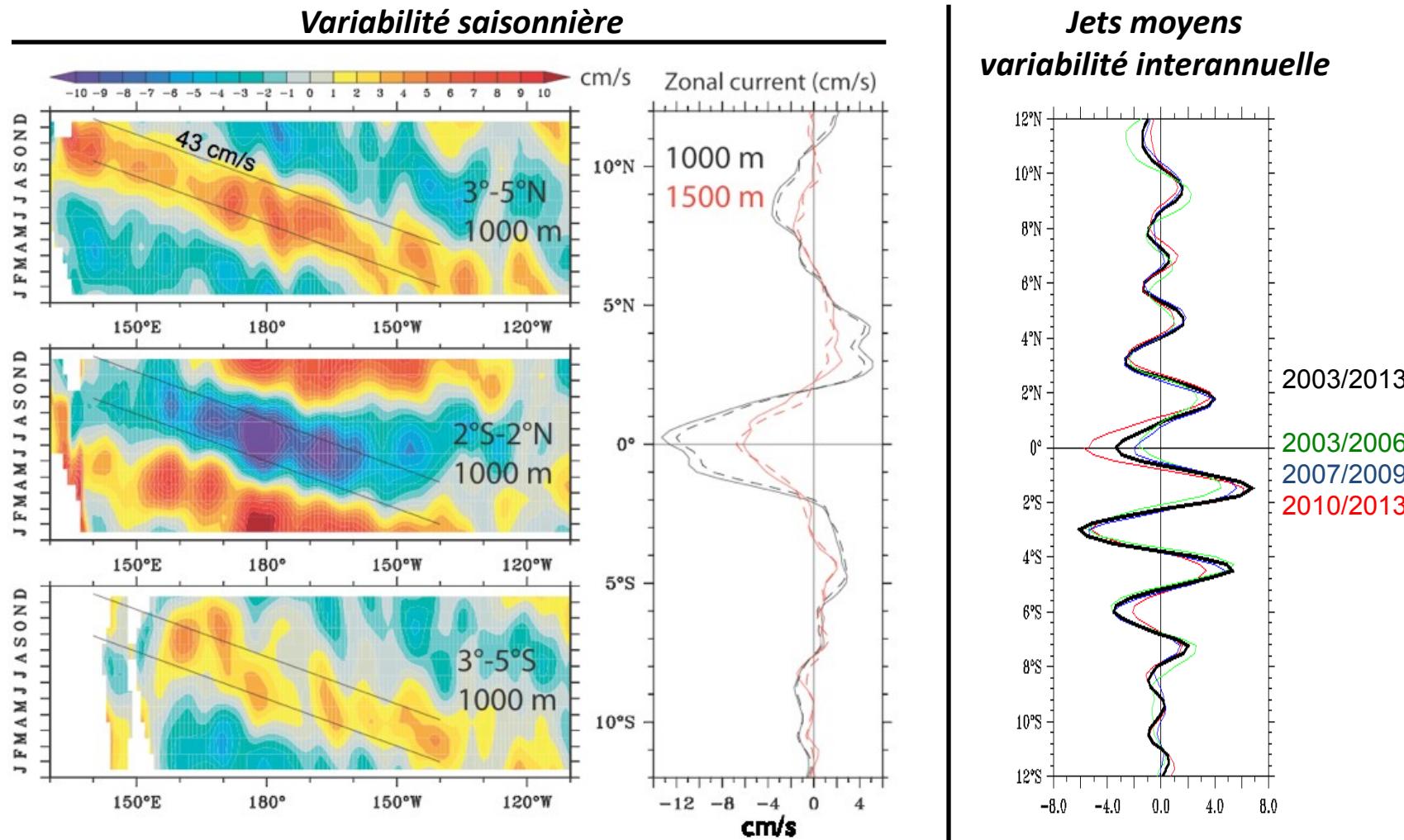
## JETS ZONaux INTERMEDIAIRES DE L'OCEAN PACIFIQUE (Cravatte et al., 2013)

- Cohérence verticale entre 1000 et 1500 mètres de profondeur

## Variabilité saisonnière



- Cycle annuel de  $u$ : propagation verticale d'ondes de Rossby (e.g. Marin et al. 2010)
- Le cycle annuel de  $u$  a une structure méridienne différente de celle des jets
- Amplitude importante du cycle annuel → renverse saisonnière des jets



- Cycle annuel de  $u$ : propagation verticale d'ondes de Rossby (e.g. Marin et al. 2010)
- Le cycle annuel de  $u$  a une structure méridienne différente de celle des jets
- Amplitude importante du cycle annuel → renverse saisonnière des jets
- Faible variabilité interannuelle apparente des jets

## Questions scientifiques

### ***du point de vue des observations...***

- *ces jets s'étendent-ils au-delà de 12°S/N? Sont-ils présents dans les 3 océans tropicaux?*
- *quelle est leur structure verticale?*
- *quels sont leurs propriétés hydrologiques?*
- *sont-ils permanents ou quelle est leur variabilité éventuelle?*
- *quel est leur impact sur la circulation océanique générale (transports, mélanges, ...)*

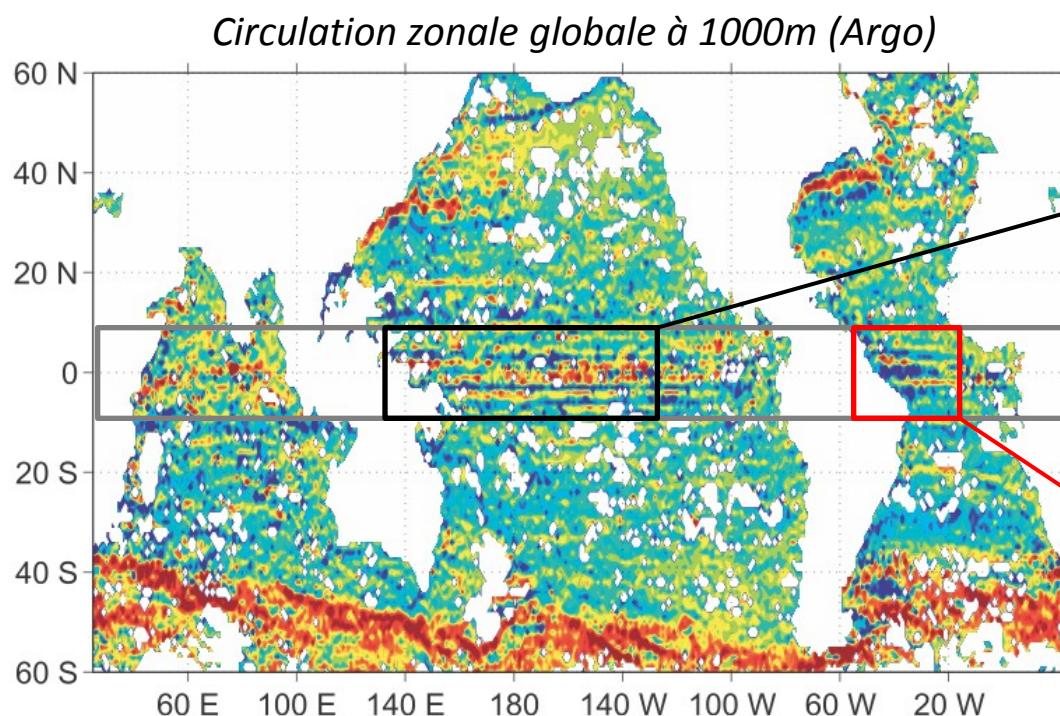
### ***du point de vue des modèles numériques...***

- *sont-ils correctement représentés dans les modèles numériques?*

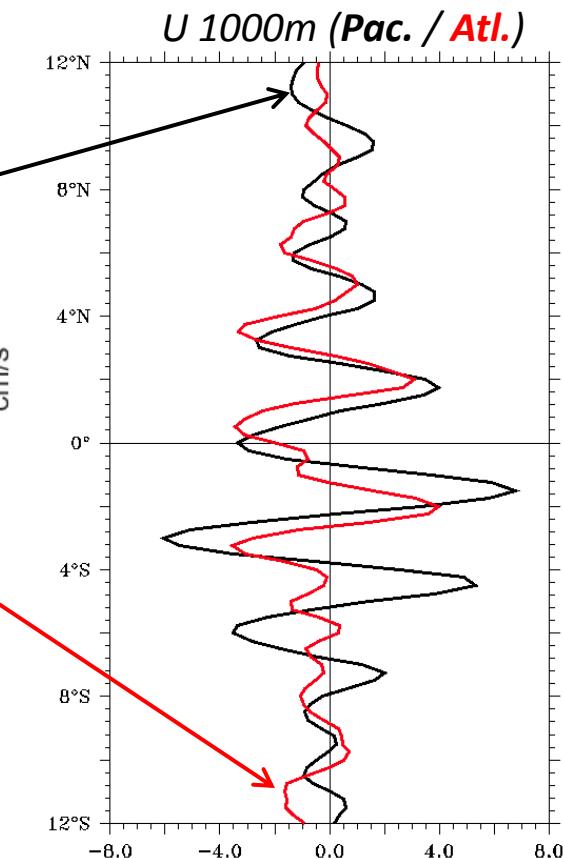
### ***du point de vue théorique...***

- *quel est le mécanisme responsable de leur formation?*
- *sont-ils le résultat d'une dynamique équatoriale ou ont-ils un lien avec la striation de grande échelle?*

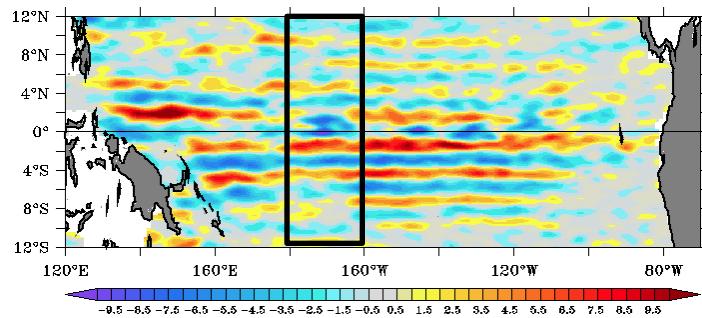
## Observations (1) - Comparaison des jets dans les 3 bassins tropicaux



Ascani et al. (2010), Lebedev et al. (2007), Ollitrault et al. (2013, 2014)

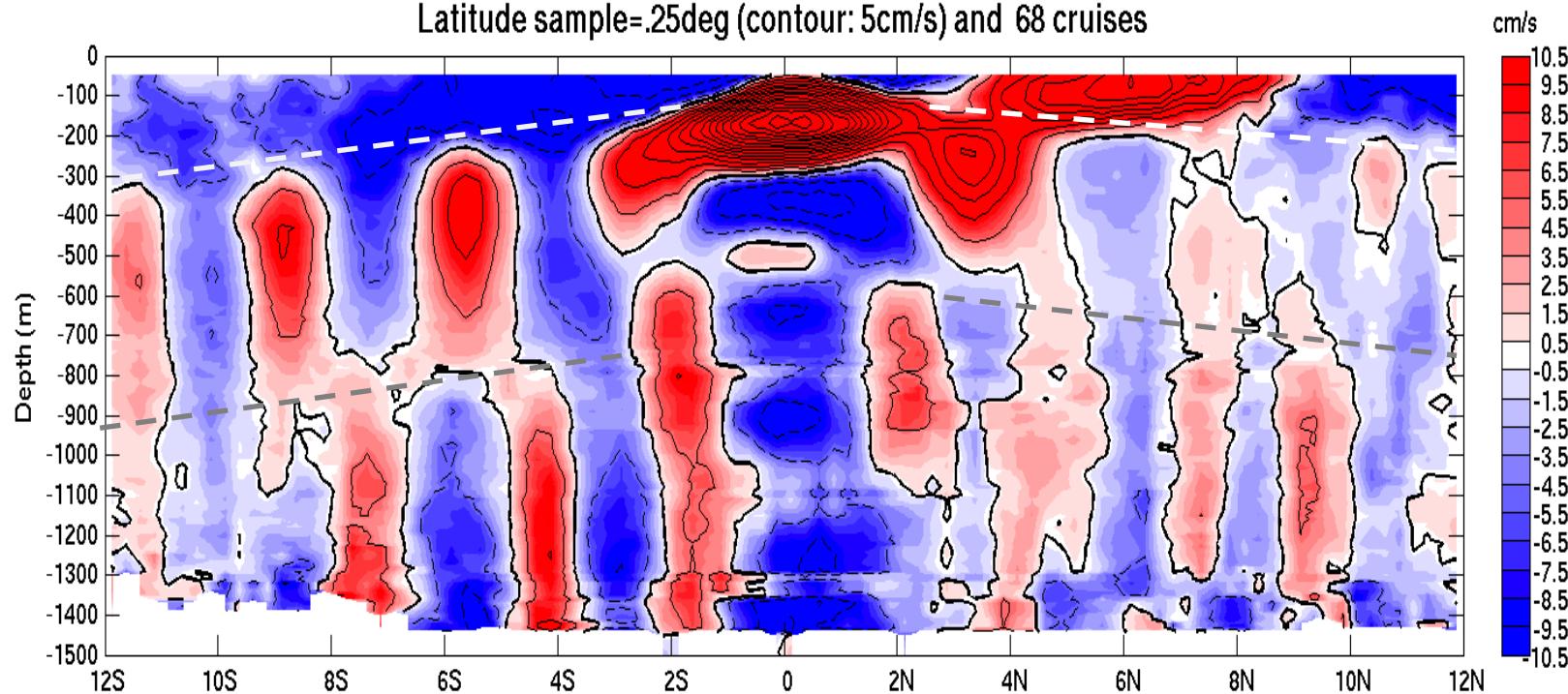


- pas de signature claire de jets à l'échelle du bassin dans l'océan indien
- jets présents dans l'océan Atlantique tropical, mais avec des propriétés différentes (+ faibles que dans le Pacifique, + intenses au Nord et avec une échelle méridienne + large)



## Observations (2) - Structure verticale des jets à partir de données S-ADCP historiques

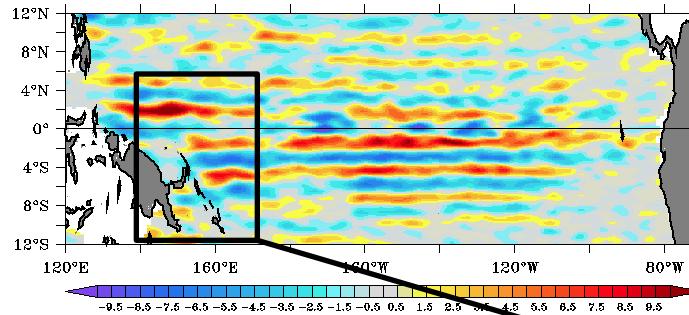
SADCP DATABASE: Annual Mean of Zonal current @AveLon:180E-160W  
Latitude sample=.25deg (contour: 5cm/s) and 68 cruises



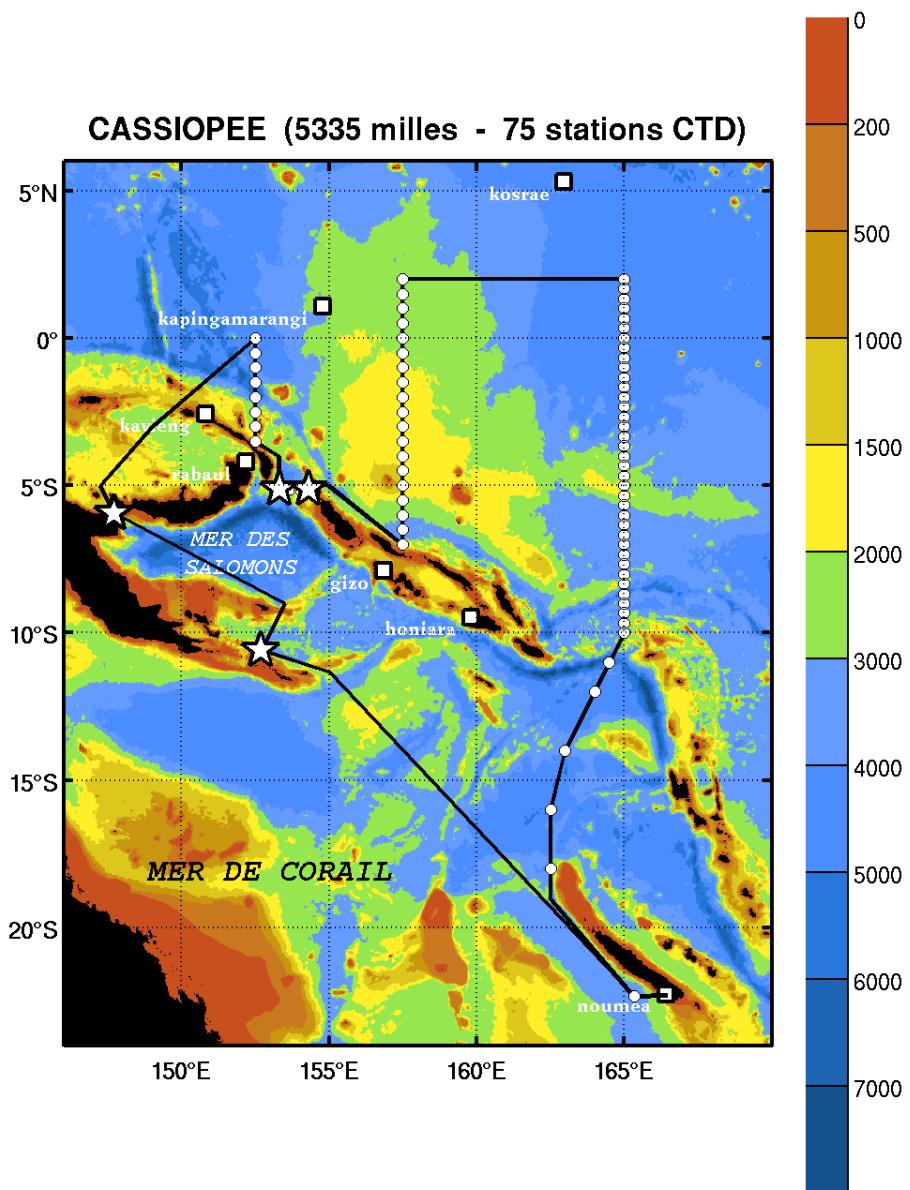
### 2 structures méridiennes de jets zonaux alternés:

- contre-courants de subsurface multiples entre la thermocline et 700-800m (e.g. Rowe et al. 1998)
- jets extra-équatoriaux intermédiaires en dessous de 800m

## Observations (3) - Une campagne en mer dédiée: CASSIOPEE (juillet-août 2015)



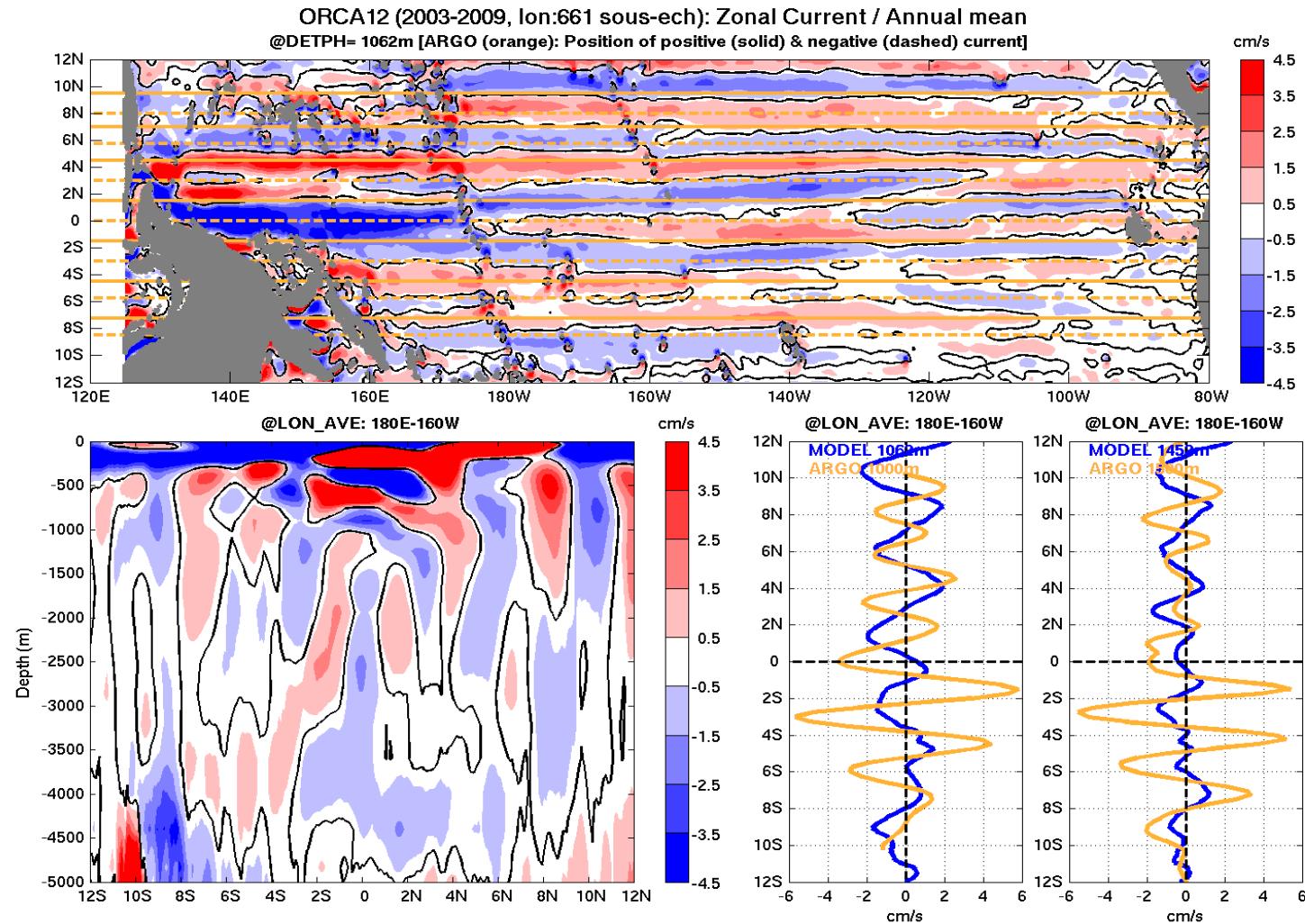
- propriétés des jets le long de 3 sections méridiennes à haute résolution dans le Pacifique tropical Sud-Ouest:
    - Structure des courants surface-fond
    - propriétés hydrologiques des jets
    - propriétés bio-géochimiques
    - turbulence associée aux jets (chipods)
  - déploiement de 7 flotteurs ARVOR



# Analyse numérique (1) - liste des simulations analysées dans cette étude

	<i>Période (spin-up)</i>	<i>Rés. Horiz.</i>	<i>niveaux vert.</i>	<i>Forçage</i>	<i>Bathy</i>	<i>Schéma d'advection de diffusion / coeffs</i>
<b>DRAKKAR</b> ORCA12.L46-MJM88 <b>NEMO</b>	1982-2012 started at rest from Levitus98 1958-2012	1/12	46	CORE Bulk DFS4.4 (ERA40, ERAi)	Merge of etopo1 Gebco08	Vertical : TKE Tracers : TVD, isopycnal diffusion Momentum : EEN, horizontal bi-harmonic operator
<b>ORCA12</b> ORCA12-T321 <b>NEMO</b>	2003-2009 (spin-up 10/1999 -> 01/2002)	1/12	50	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave)	Merge of etopo1 Gebco08	Vertical : TKE Tracers : TVD, isopycnal diffusion Momentum : EEN, diffusion bilaplaciennne
<b>ORCA025</b> ORCA025-T321 <b>NEMO</b>	2003-2009	1/4	50	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave)	ETOPO2V2 (2006)	Vertical : TKE Tracers : TVD, isopycnal diffusion Momentum : EEN, diffusion bilaplaciennne
<b>ROMS</b>	1993 -07/2014 10 yrs spinup	.1/4	41 (sigma)	NCEP2 + bulk Fairall toutes les 6 heures	Etopo2	Vertical KPP ((Large et al. 1994) Advection: schéma du 3ème ordre upstream (Marchesiello et al., 2009 ; Lemarié et al. 2012.)
<b>OFAM3</b> <b>MOM</b> (Oke et al.)	1993-2010 started at rest, 14 yrs spinup	1/10	51	ERAi	Gebco08, + 9 arc-second topography near Australia	Vertical : Chen et al. (2004)+ tides Tracers : third-order upwind biased scheme for tracers Diffusion : no Momentum : Advection : third-order Adams-Bashforth scheme ; diffusion : biharmonic
<b>OFES NCEP</b> <b>MOM3</b> Pacanowski and Griffies (1999)	2000-2003 (spin-up : 1950-1999)	1/10	54	NCEP/NCAR wind	1/30° by OCCAM project (SOC) Partial cell	Vertical viscosity and diffusivity : K-profile parametrization (KPP) (Large et al, 1994)
<b>OFES QSCAT</b> <b>MOM3</b> Pacanowski and Griffies (1999)	07/1999-2004 (initial conditions : run OFES NCEP 1950-2004)	1/10	54	QSCAT sat wind	1/30° by OCCAM project (SOC) Partial cell	Vertical viscosity and diffusivity : K-profile parametrization (KPP) (Large et al, 1994)
<b>TRBB357</b>	1979-2011	1/4	75	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave & précipitation)	ETOPO2V2 (2006)	Vertical : GLS Tracer : TVD Moment : schema centre+ operateur bilaplacienn
<b>TRBB358</b>	1979-2011	1/4	75	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave & précipitation)	ETOPO2V2 (2006)	Vertical : GLS Tracer : Lax-Wendroff (schema autodiffusif mais pas dans sens isopycne) Moment : schema UBS (schema autodiffusif) ;
<b>TRBB359</b>	1979-2011	1/4	75	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave & précipitation)	ETOPO2V2 (2006)	Vertical : GLS Tracer : TVD Moment : schema UBS (schema autodiffusif) ;
<b>GLORYS2v3</b>	1993-2012	1/4	75	CORE Bulk (ERAi corrigé pour Long & Short wave & précipitation)	ETOPO2V2 (2006)	

Analyse numérique (2) – exemple-type de validation pour la simulation ORCA12

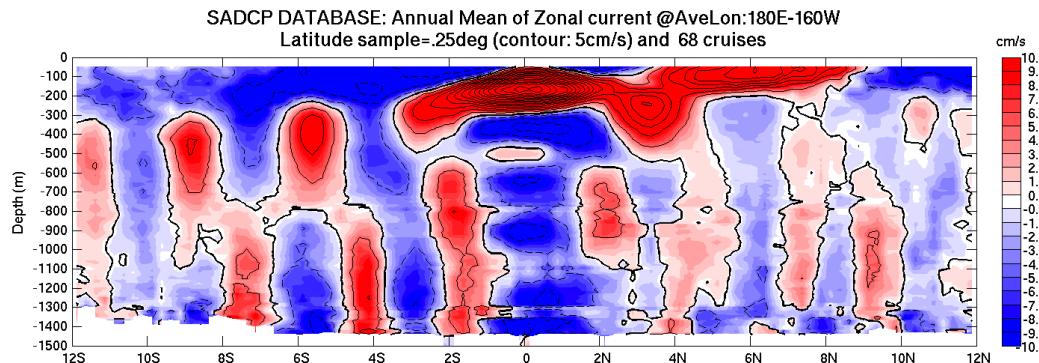


## Existence de jets alternés dans ORCA12 dans les eaux intermédiaires, mais:

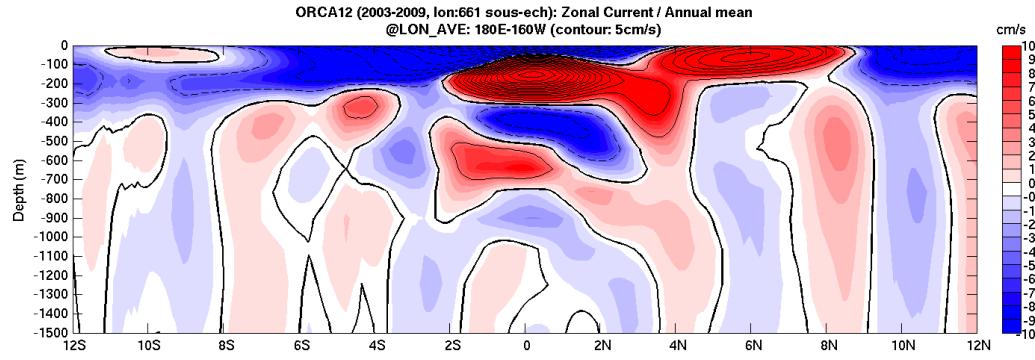
- amplitude trop faible (<2cm/s), et mauvaise structure méridienne
  - influence forte de la topographie

## Analyse numérique (3) – Rôle de la résolution horizontale (ORCA12 vs ORCA025)

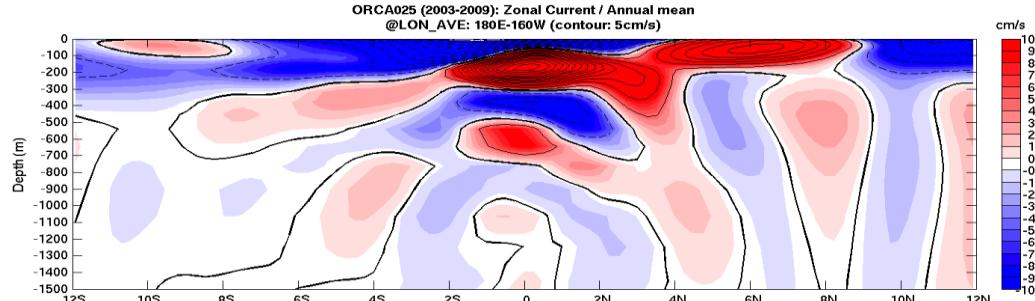
**S-ADCP**



**ORCA12**

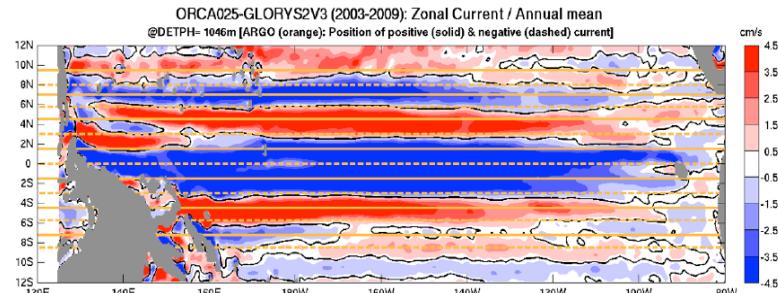
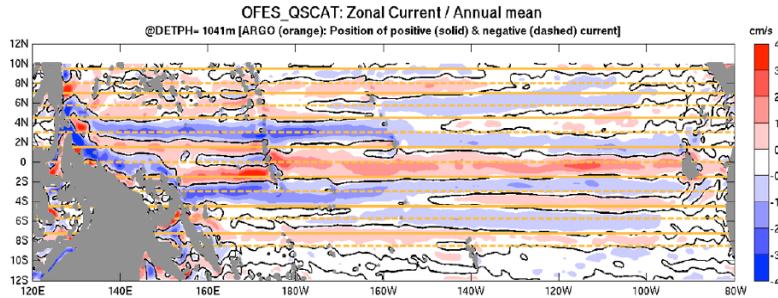
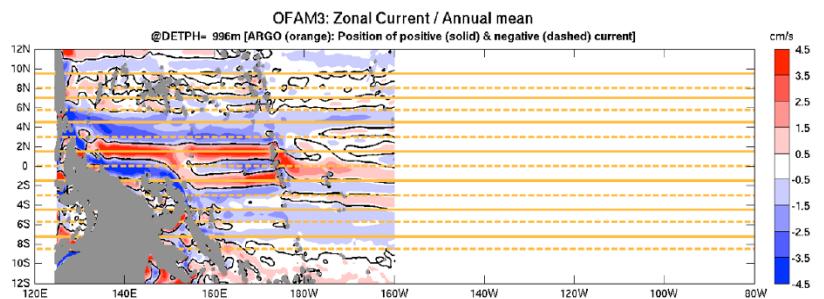
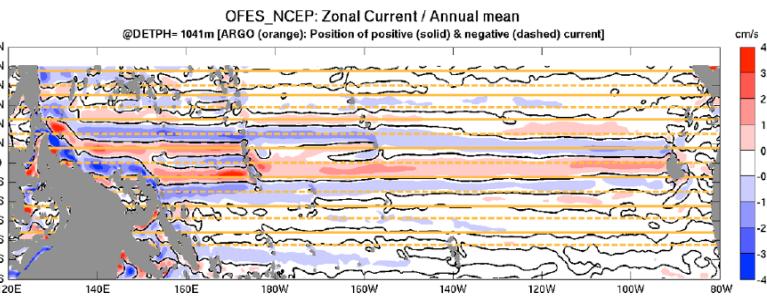
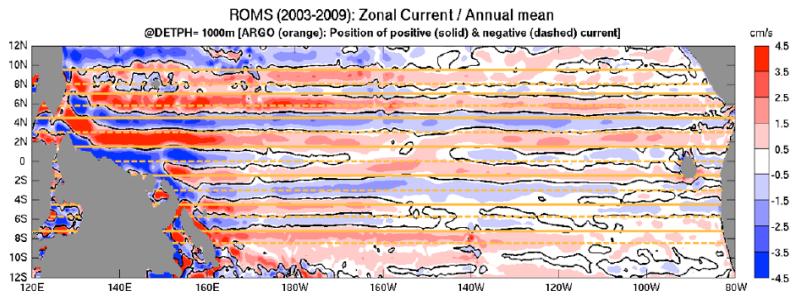
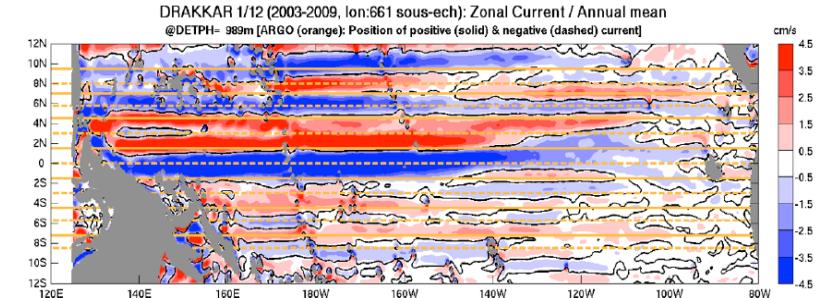
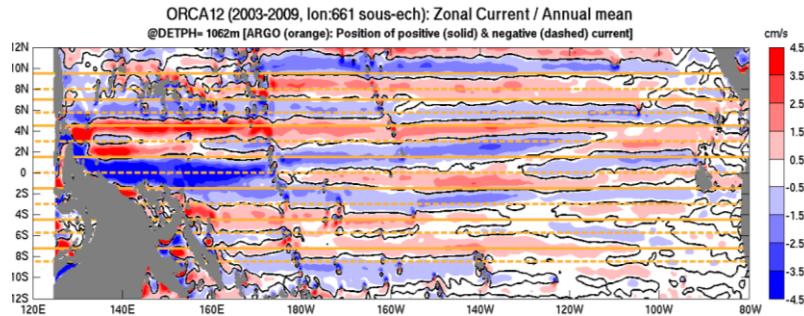


**ORCA025**



- impact faible de la résolution horizontale (1/4 vs 1/12) sur les jets profonds

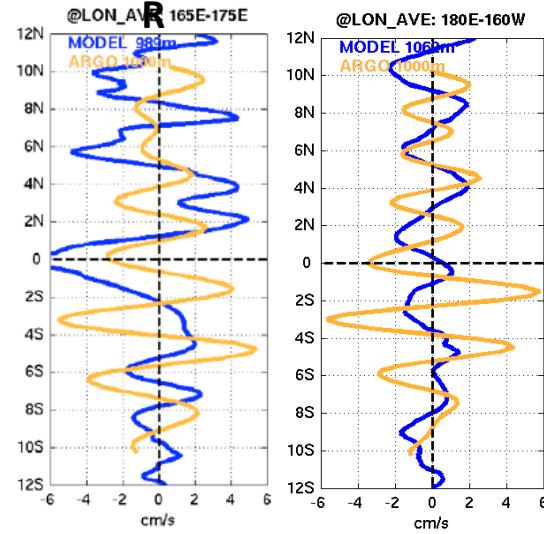
# Analyse numérique (4) – Circulation à 1000 m



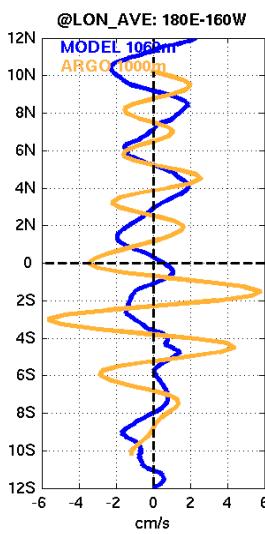
- forte variabilité inter-modèles
- influence de la topographie

## Analyse numérique (5) – Circulation à 1000 m

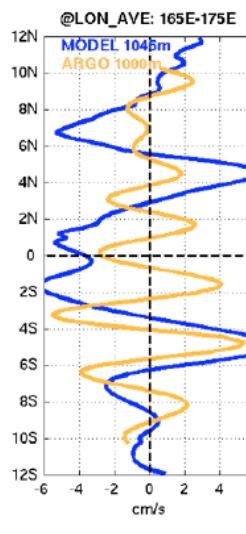
DRAKKA



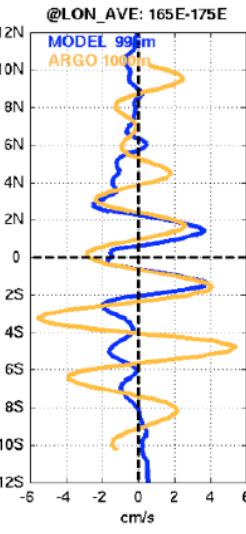
ORCA12



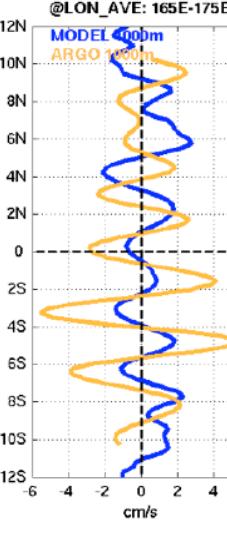
GLORYS



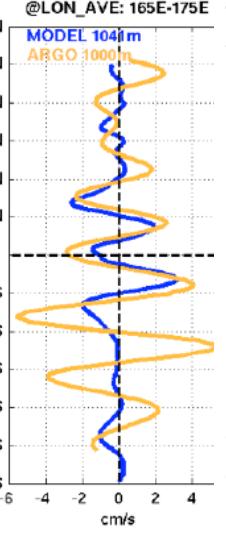
OFAM3



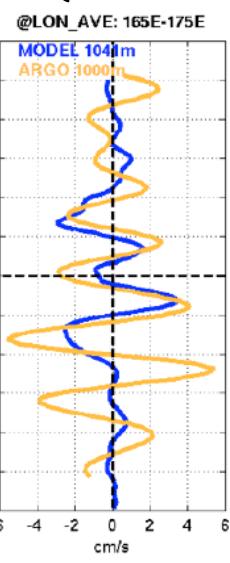
ROMS



OFES-  
NCEP



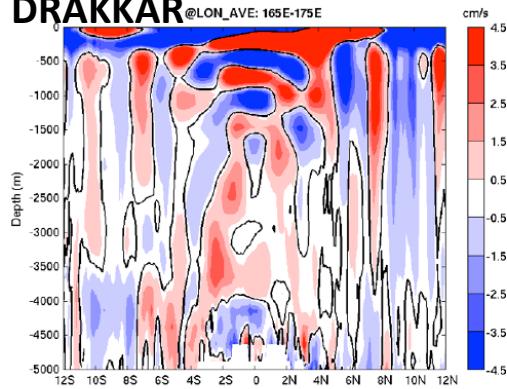
OFES-  
QSCAT



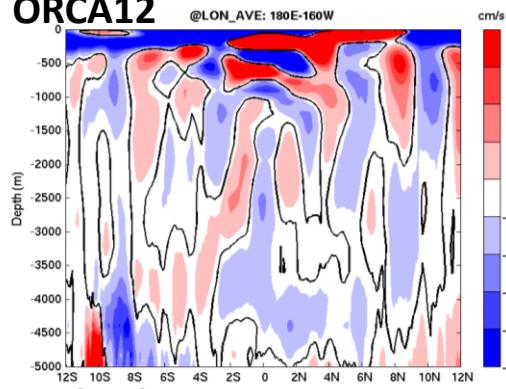
- forte variabilité inter-modèles
- meilleure structure méridienne: ROMS

## Analyse numérique (6) – Structure verticale

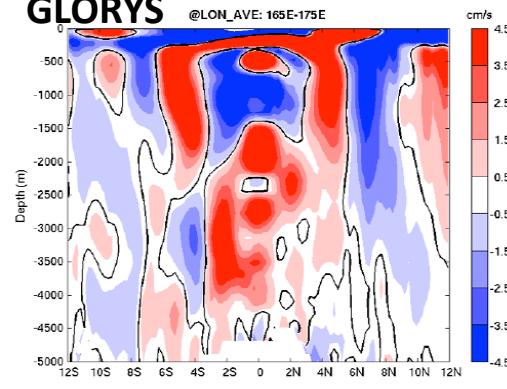
**DRAKKAR** @LON\_AVE: 165E-175E



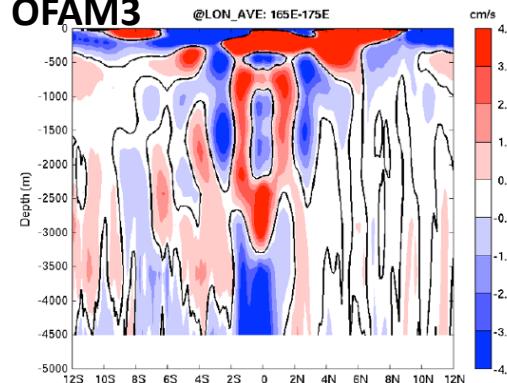
**ORCA12**



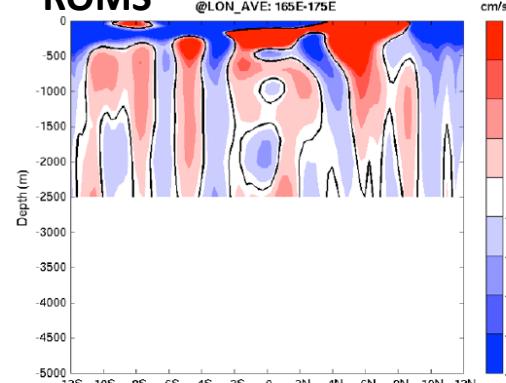
**GLORYS**



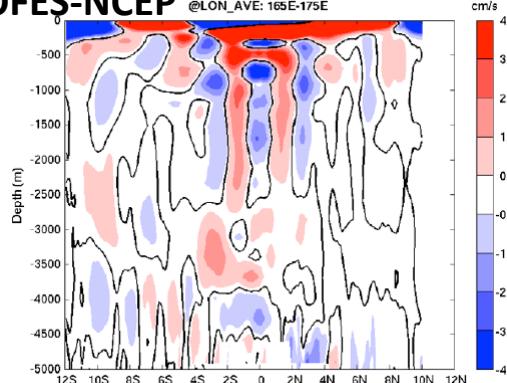
**OFAM3**



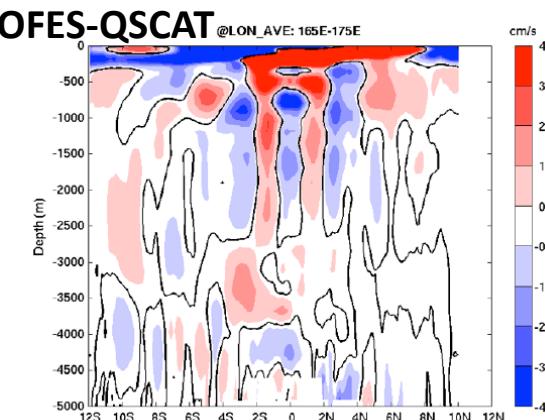
**ROMS**



**OFES-NCEP**

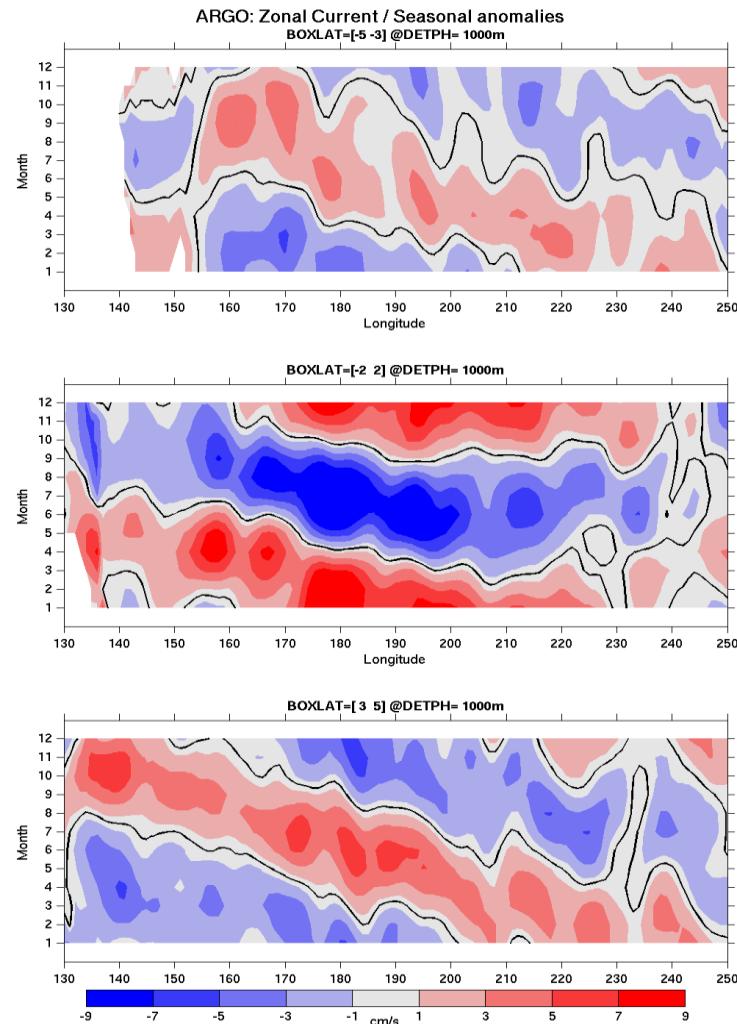


**OFES-QSCAT**

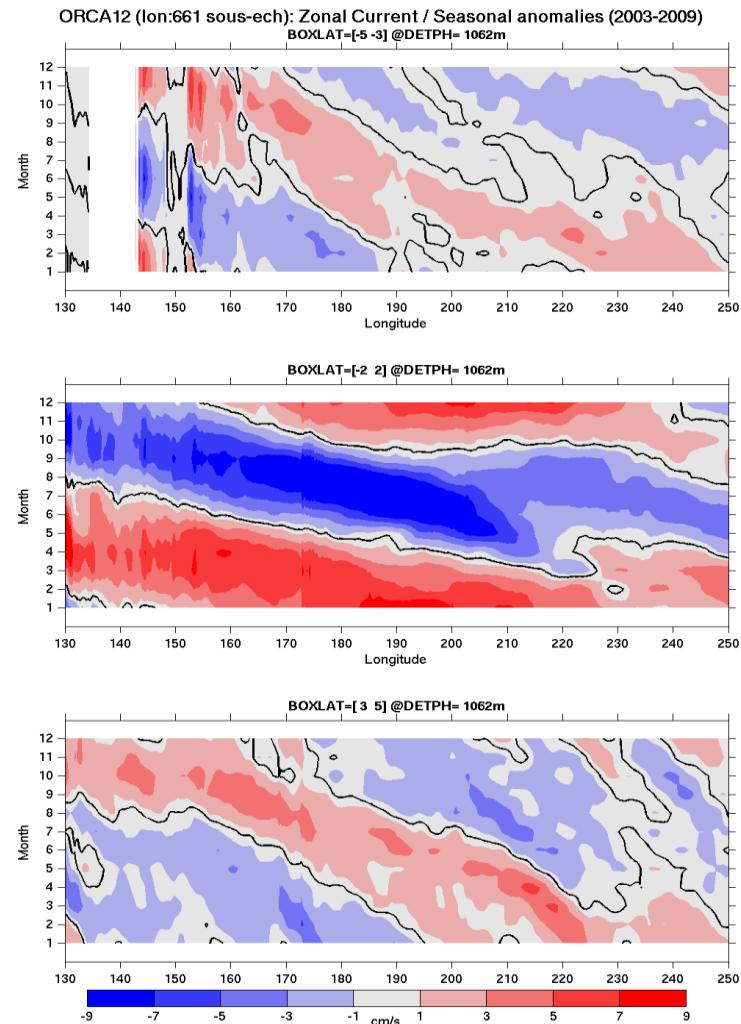


# Analyse numérique (6) – Variabilité saisonnière

## ARGO



## ORCA12



06-Nov-2014 05:20 [plotargo\_hov\_seas anom\_ion.m (@elk)]

23-Oct-2014 05:30 [plot12\_hov\_seas anom\_ion.m (@elk)]

- bonne représentation de la variabilité saisonnière profonde en phase et en amplitude dans l'ensemble des modèles, à l'exception de OFES (faible) et ROMS (fort)

## Conclusions / perspectives

### ***Structure méridienne des jets extra-équatoriaux intermédiaires***

- *bien documentée dans l'océan Pacifique tropical (Argo, S-ADCP, campagne à venir)*
- *présente dans l'océan Atlantique équatorial*
- *absente dans l'océan indien*

### ***Mais mal représentée dans l'ensemble des modèles numériques...***

- *amplitude trop faible*
- *mauvaise structure méridienne et manque de cohérence zonale*
- *forte variabilité temporelle*
- *influence trop forte de la topographie*
- *influence faible de la résolution verticale et du schéma d'advection choisi*

### ***Un challenge pour les théoriciens et les modélisateurs...***