



Master d'Océanographie

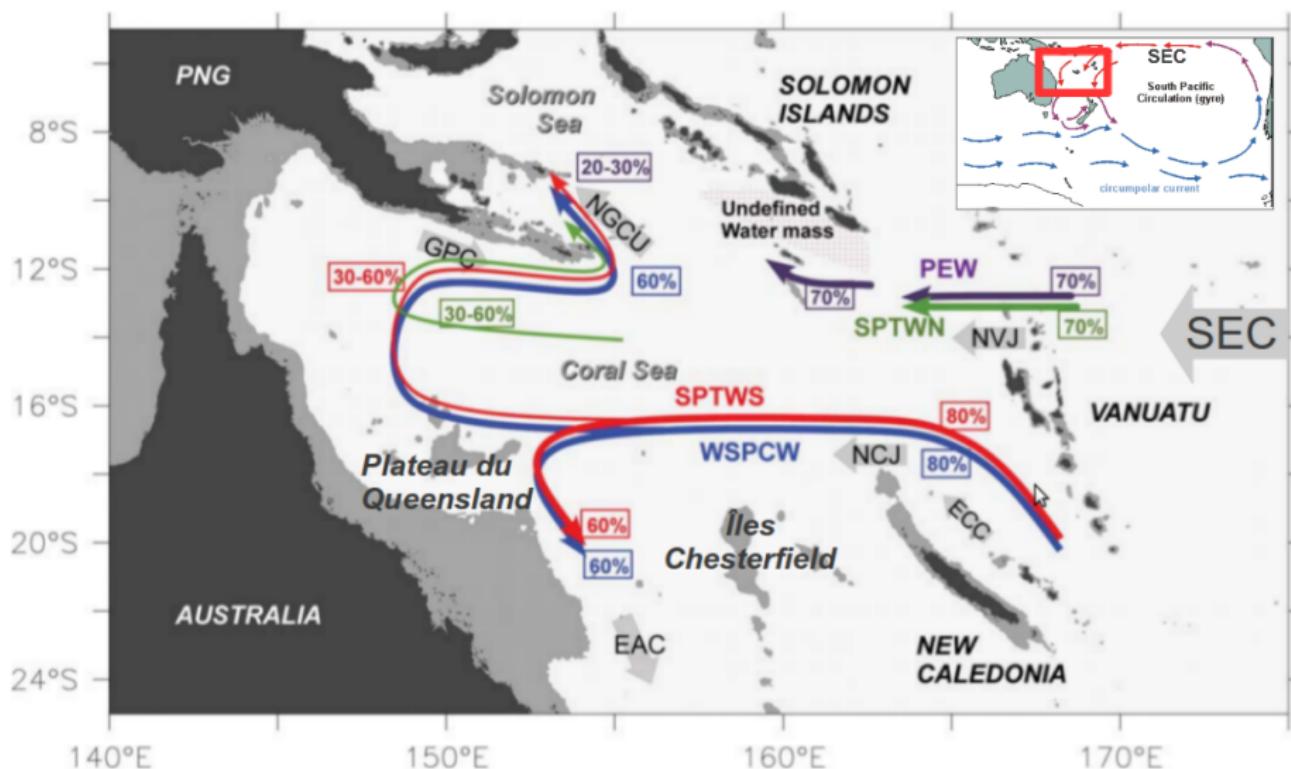
Étude de la circulation à mésoéchelle et ses implications sur
la biogéochimie en mer de Corail

Louise Rousselet

MIO (Institut Méditerranéen d'Océanologie) & LPO (Laboratoire de Physique des Océans
UMR6523 CNRS/IFREMER/IRD/UBO)

Sous la direction de : A. Doglioli et C. Maes

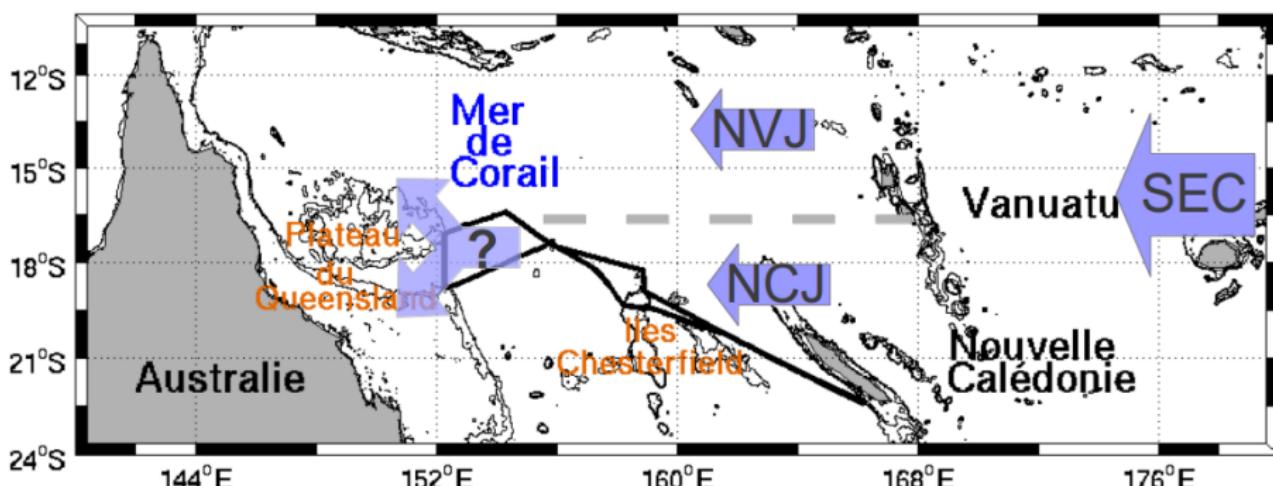
La mer de Corail : une circulation complexe



principales masses d'eau de la thermocline [Gasparin et al., 2014]

La campagne BIFURCATION

Programme SPICE (*Southwest Pacific Ocean Circulation and climate Experiment*)



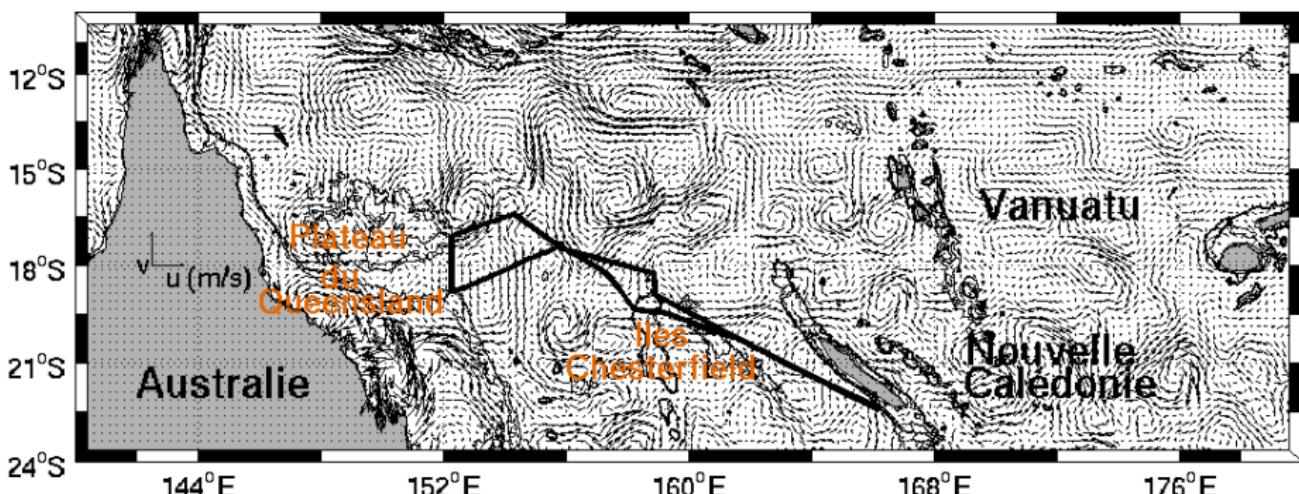
Première campagne dédiée à la zone de bifurcation

Mesures physiques : *S-ADCP, ThermoSalinoGraphe TSG, CTD-O₂*

Mesures biogéochimiques : *[Chl-a]* et abondance d'espèces diazotrophes

La campagne BIFURCATION

Programme SPICE (*Southwest Pacific Ocean Circulation and climate Experiment*)



Altimétrie satellite AVISO : courants géostrophiques de surface [m s^{-1}]

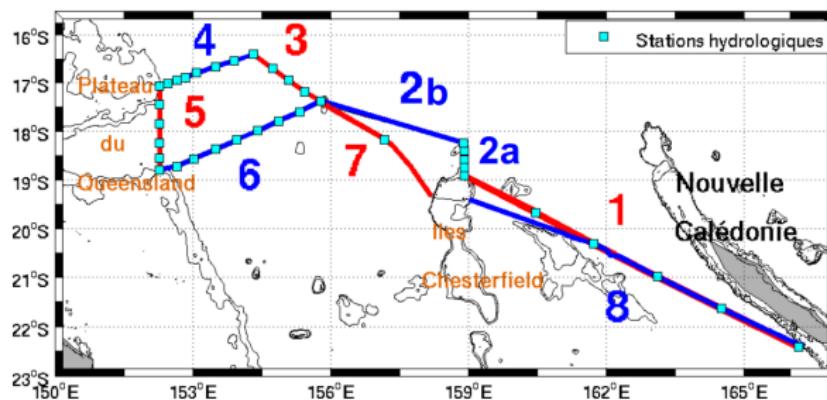
Objectifs scientifiques

- Objectif 1 : Étude de l'impact des tourbillons à méso-échelle ($O(100 \text{ km})$) sur les calculs de transports et les masses d'eau
- Objectif 2 : Impact de l'activité de submésos-échelle ($O(10 \text{ km})$) sur la répartition des traceurs et sur la biogéochimie

Objectifs scientifiques

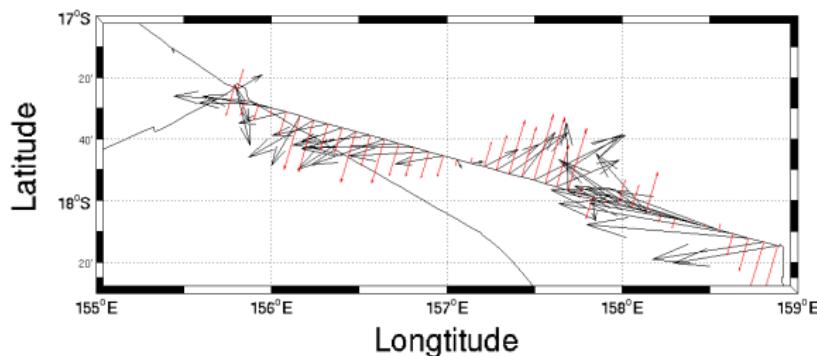
- Objectif 1 : Étude de l'impact des tourbillons à méso-échelle ($O(100 \text{ km})$) sur les calculs de transports et les masses d'eau
- Objectif 2 : Impact de l'activité de submésos-échelle ($O(10 \text{ km})$) sur la répartition des traceurs et sur la biogéochimie

Méthode de calcul du transport de masse



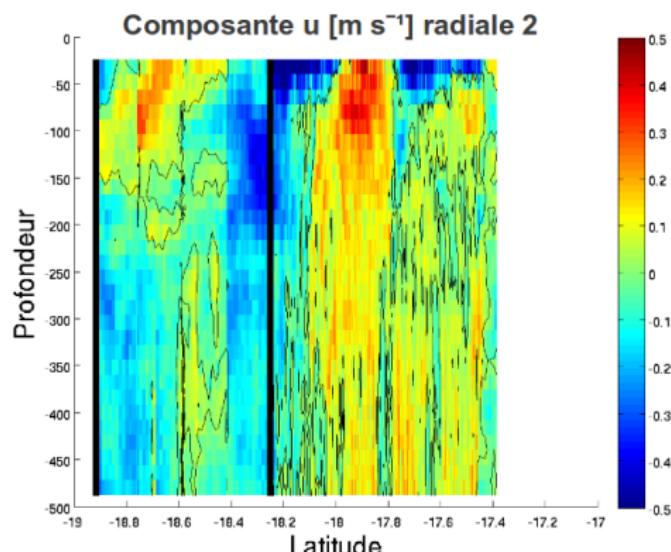
- Division du trajet de la campagne en 8 radiales

Méthode de calcul du transport de masse



- Division du trajet de la campagne en 8 radiales
- **Projection en composante orthogonale, aux radiales, des vitesses de courants (S-ADCP)**

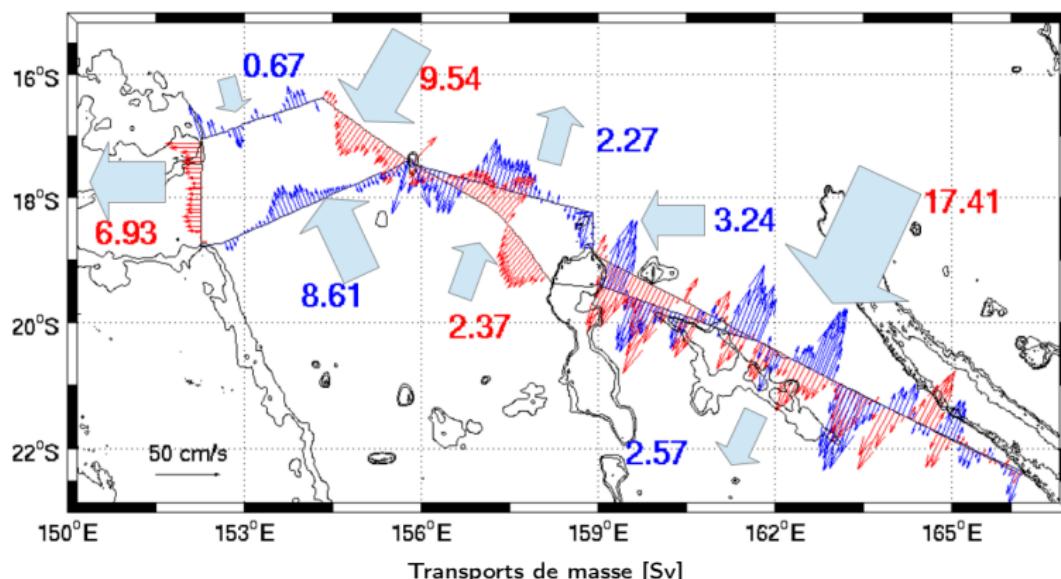
Méthode de calcul du transport de masse



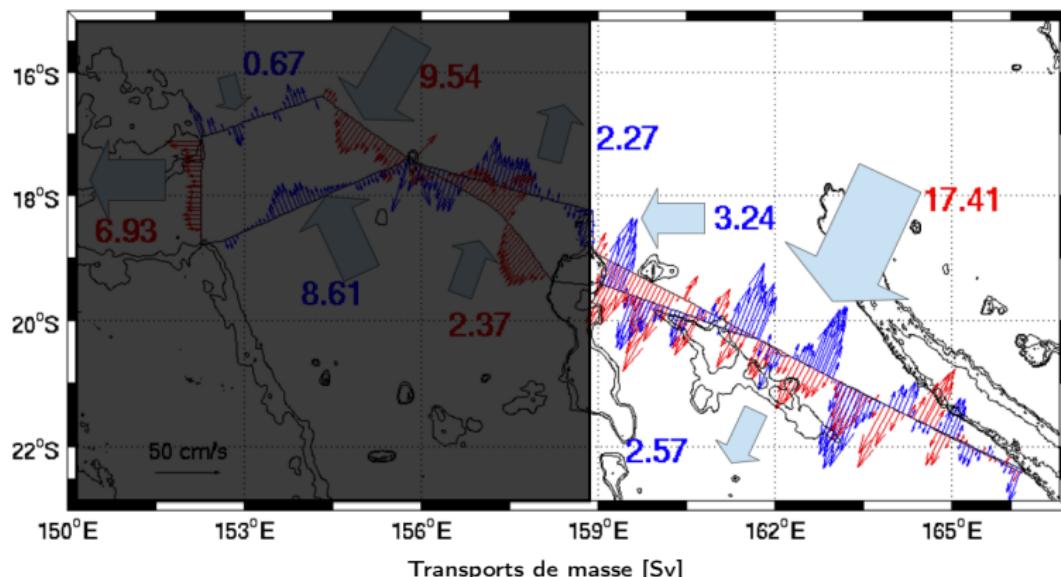
$$\sum_{k=1}^n (v_n \Delta x \Delta z) \quad (1)$$

- Division du trajet de la campagne en 8 radiales
- Projection en composante orthogonale, aux radiales, des vitesses de courants (S-ADCP)
- **calcul du transport à travers chaque radiale**
 $(1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1})$

Transports lors de la campagne BIFURCATION

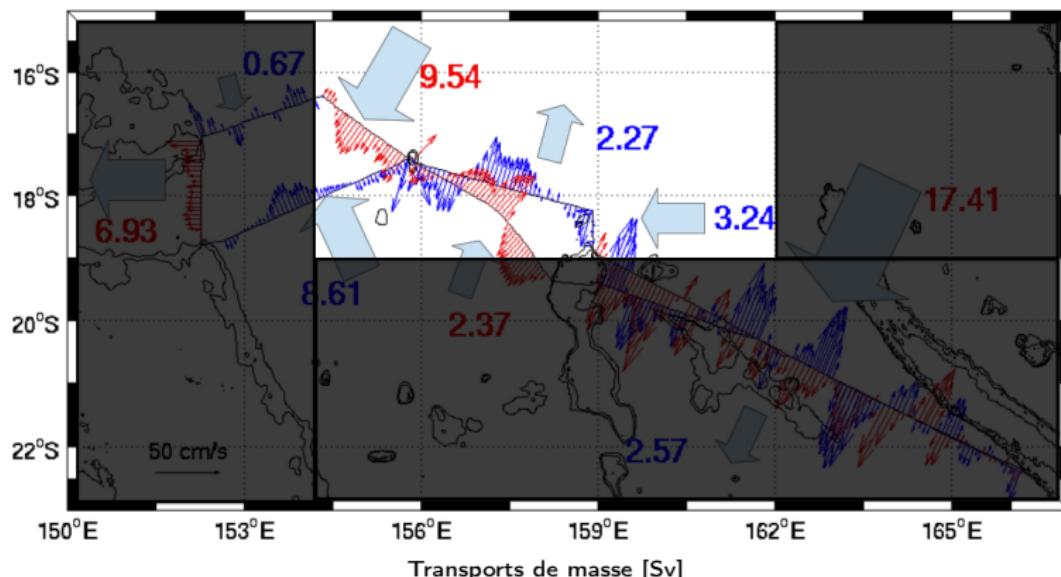


Transports lors de la campagne BIFURCATION



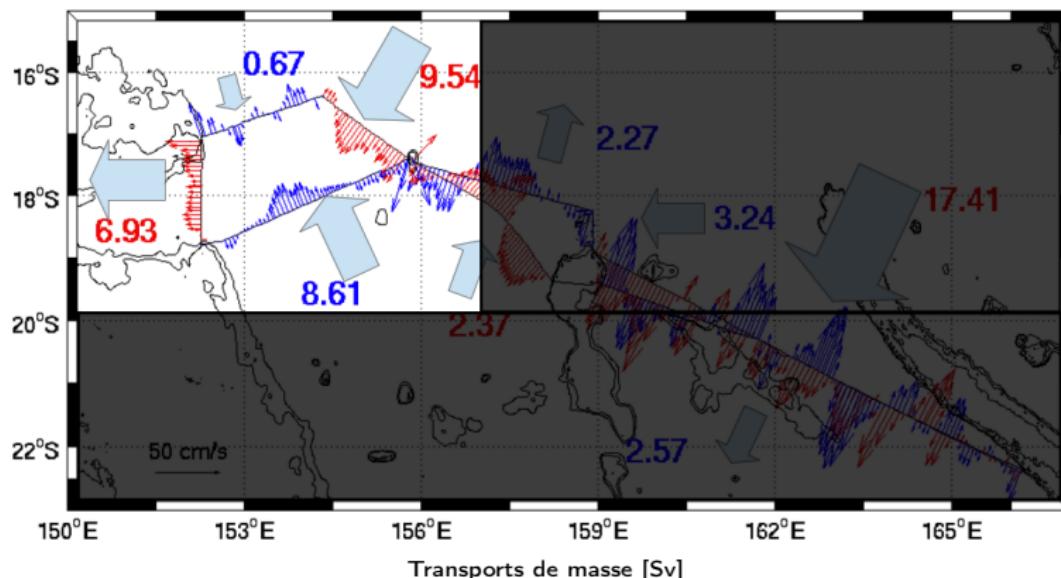
- forte sensibilité des résultats due à l'activité de méso-échelle

Transports lors de la campagne BIFURCATION



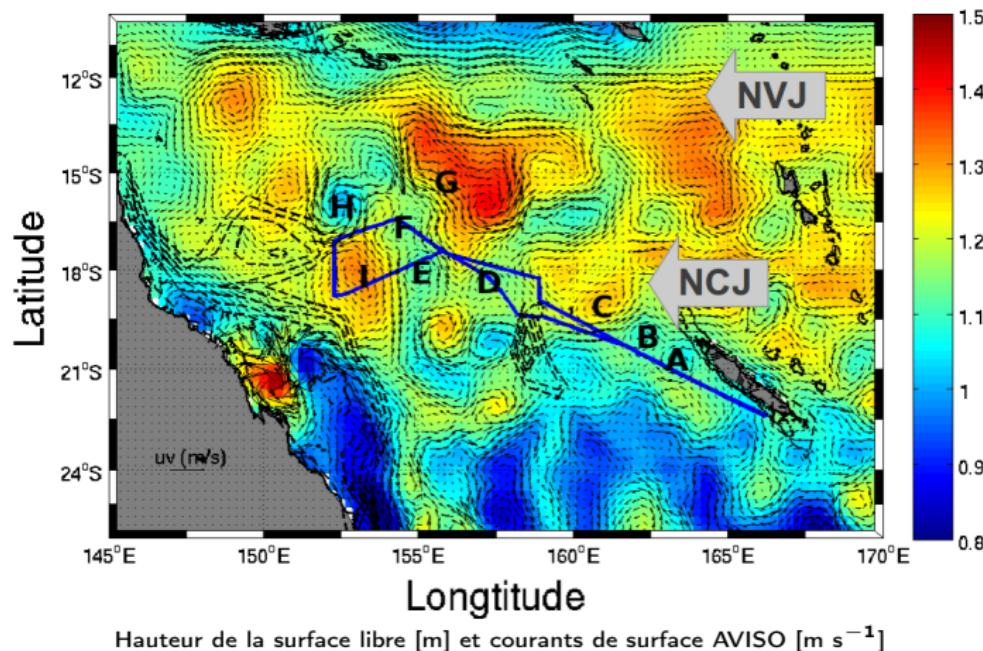
- forte sensibilité des résultats due à l'activité de méso-échelle
- **Estimation du transport entrant cohérente avec [Gourdeau et al., 2008] : 12 Sv dirigés vers l'Ouest ✓**

Transports lors de la campagne BIFURCATION



- forte sensibilité des résultats due à l'activité de méso-échelle
- Estimation du transport entrant cohérente avec [Gourdeau et al., 2008] : 12 Sv dirigés vers l'Ouest ✓
- **bilan de masse non équilibré dans le trapèze (biais de 12 Sv) ?**

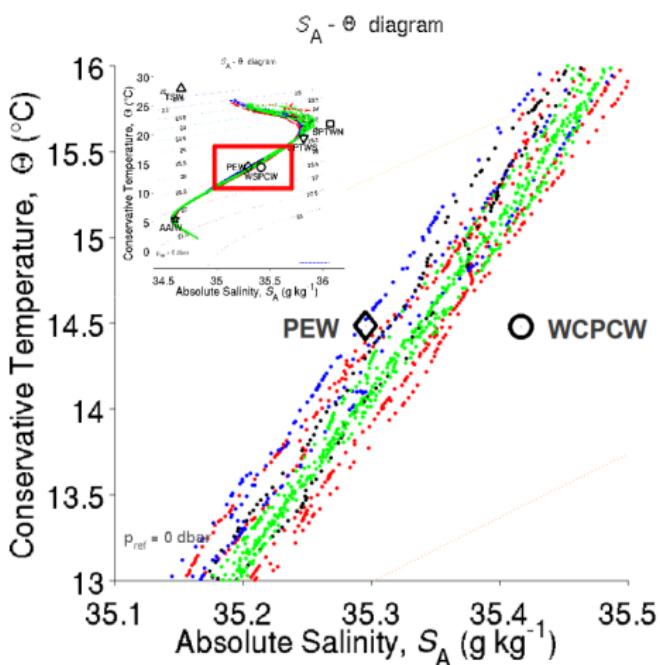
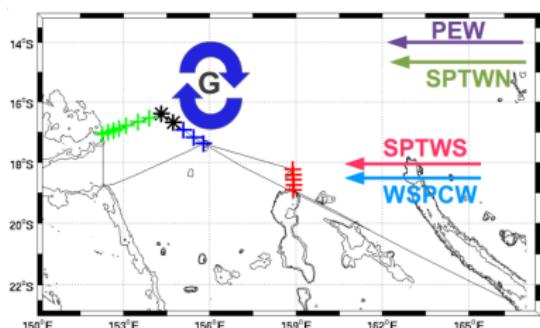
Identification et suivi des tourbillons



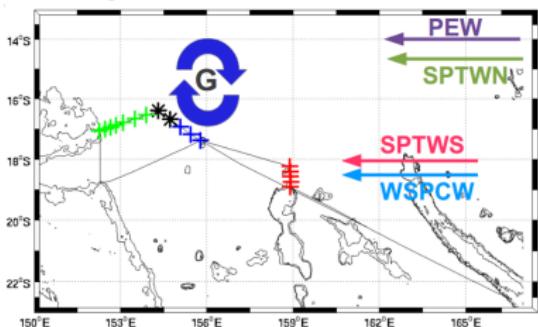
Caractéristiques des tourbillons cohérentes avec la littérature [Chelton et al., 2011]

Le tourbillon G a t-il piégé des eaux du NVJ ?

Analyse des masses d'eau : diagramme T-S



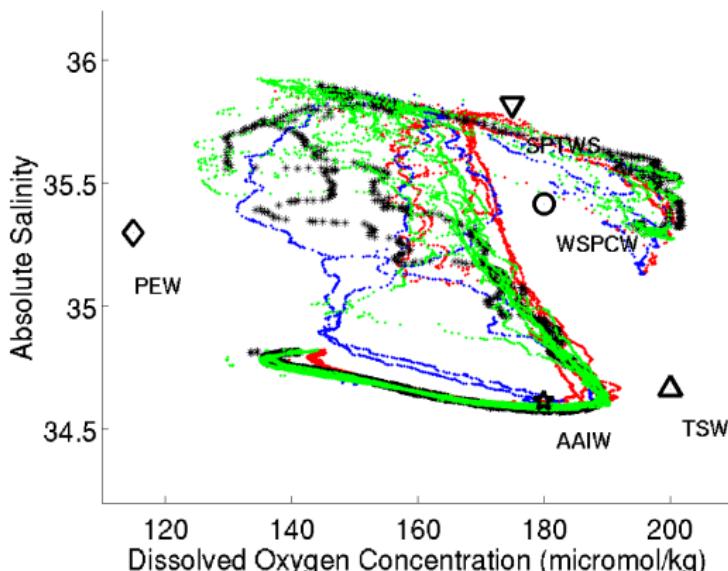
Analyse des masses d'eau : diagramme S-O2



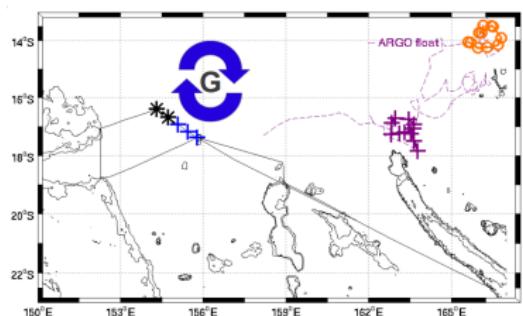
section rouge et section verte proches de la signature de la SPTWS et WSPCW

→ cohérent avec le schéma de circulation

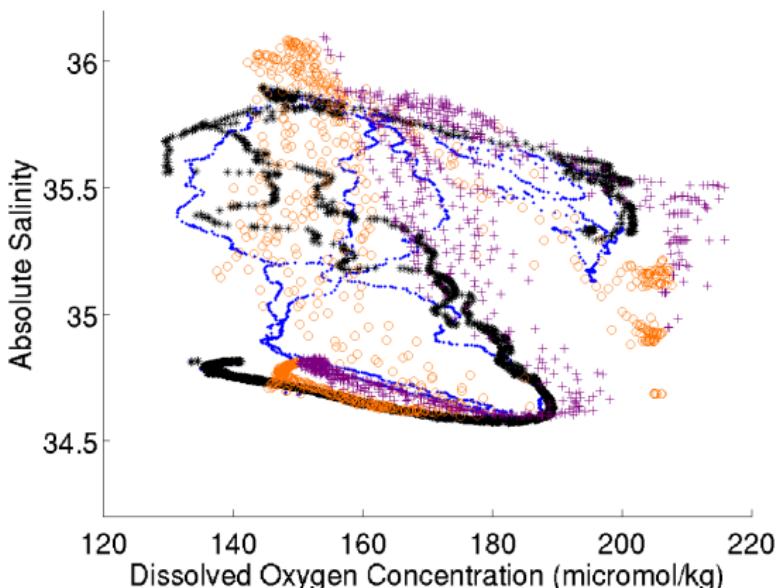
tourbillon G : marqué par un min de O₂ qui correspond à la PEW



Discussion : confirmation avec données Argo



Tourbillon G proche des caractéristiques des eaux du NVJ
Tourbillon F proche des caractéristiques des eaux du NCJ



→ connexion dynamique entre les jets (NCJ et NVJ) due à l'activité de méso-échelle

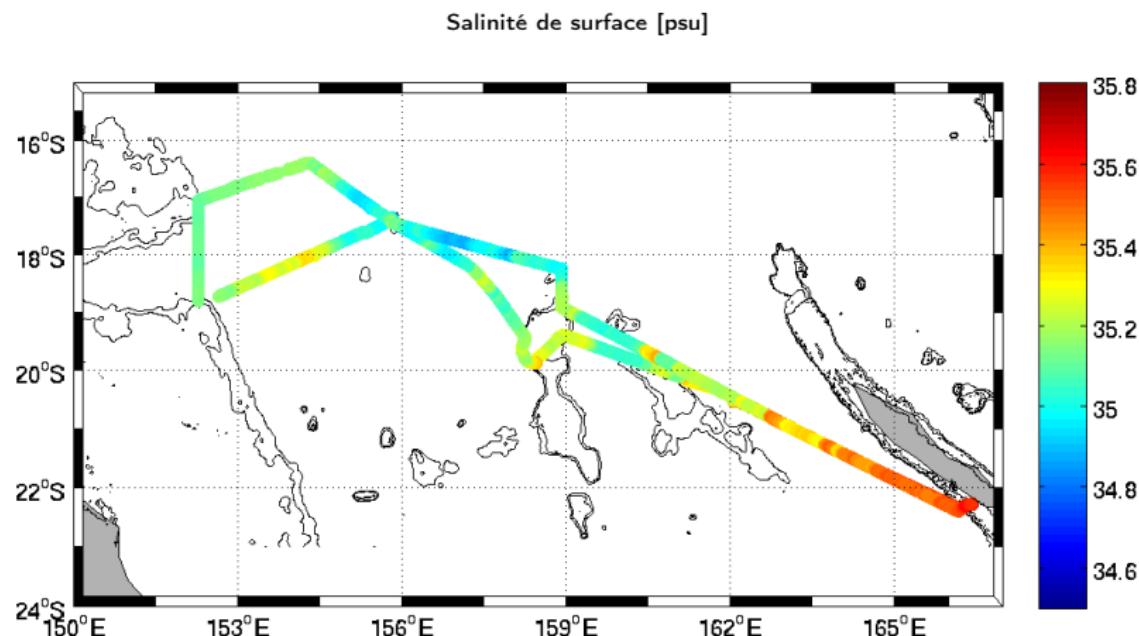
Objectifs scientifiques

- Objectif 1 : Étude de l'impact des tourbillons à méso-échelle ($O(100 \text{ km})$) sur les calculs de transports et les masses d'eau
- Objectif 2 : Impact de l'activité de submésos-échelle ($O(10 \text{ km})$) sur la répartition des traceurs et sur la biogéochimie

Méthode

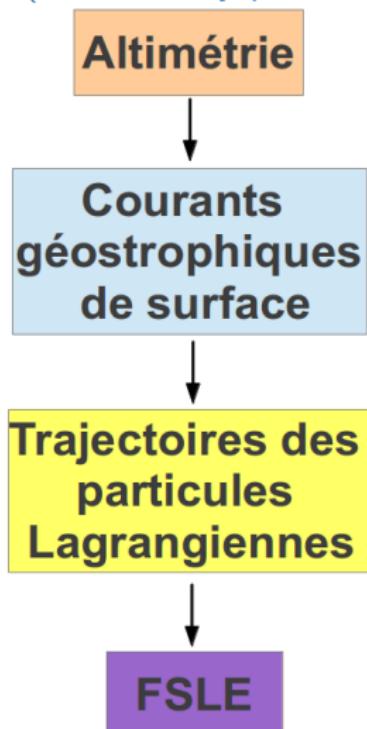
Submésos-échelle et TSG

données TSG → échantillonnage haute fréquence (5 min) → gradients à submésos-échelle



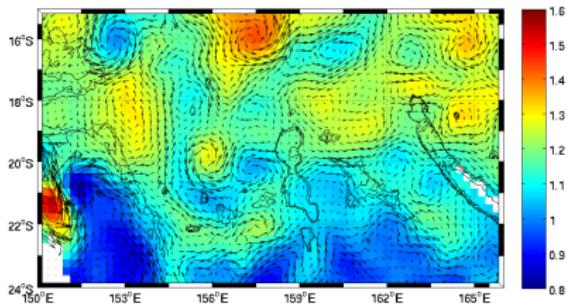
Méthode

FSLE (*Finite Size Lyapunov Exponent*)

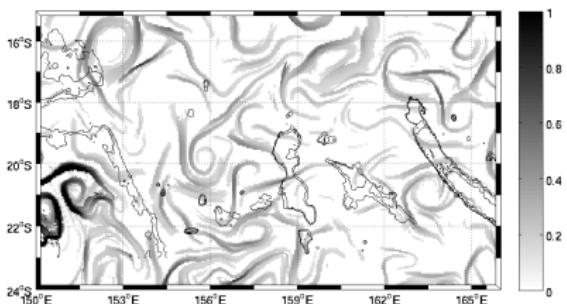


[d'Ovidio et al., 2004]

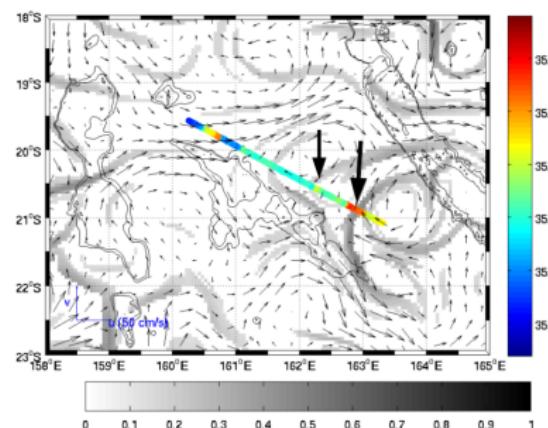
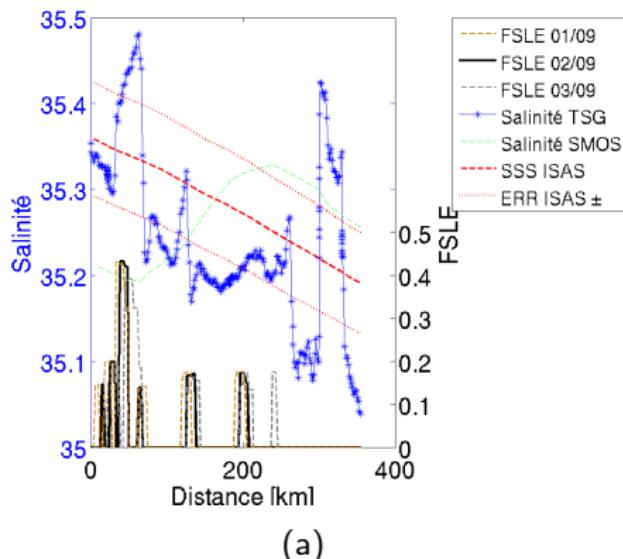
Hauteur de la surface libre [m] et courants AVISO [$m s^{-1}$]



FSLE [$jour^{-1}$]



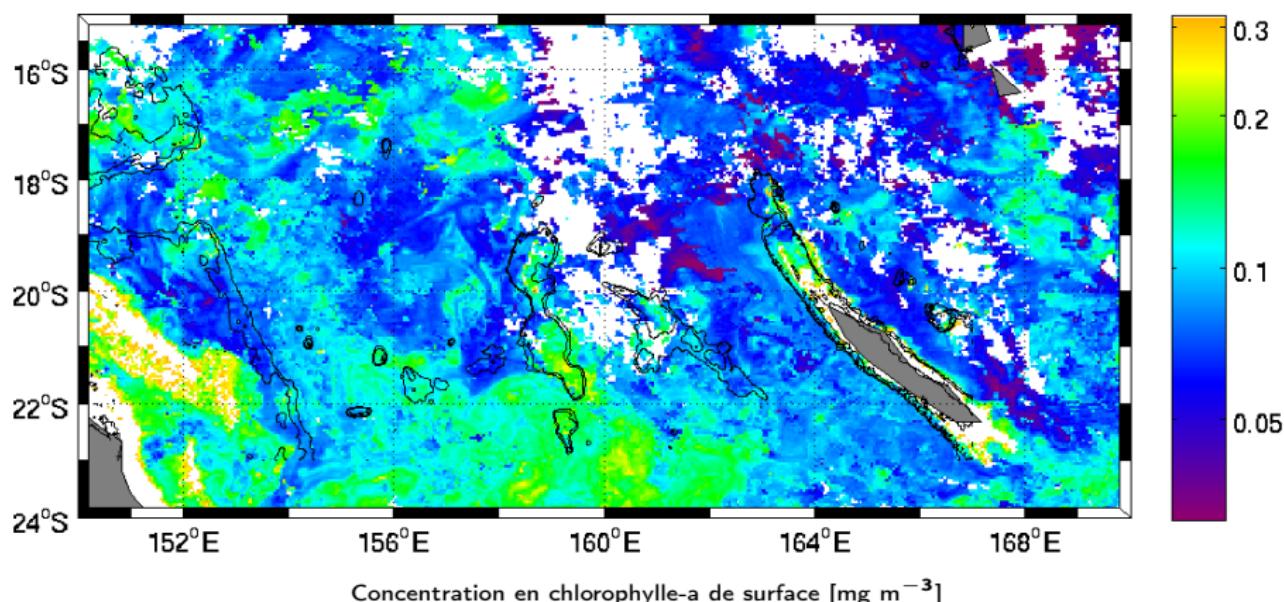
Résultats : FSLE et traceurs (ex. de la salinité)



Correspondance FSLE/gradients cohérente avec les travaux de
[Maes et al., 2013]

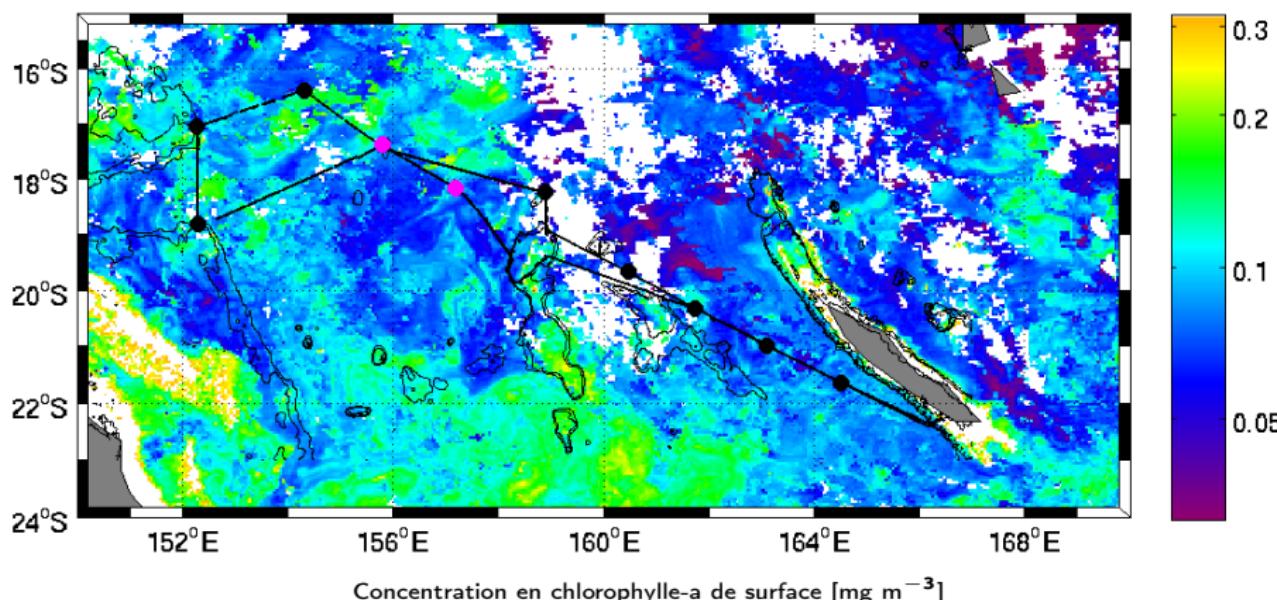
Résultats : FSLE et biogéochimie

- Composite MODIS sur 15 jours



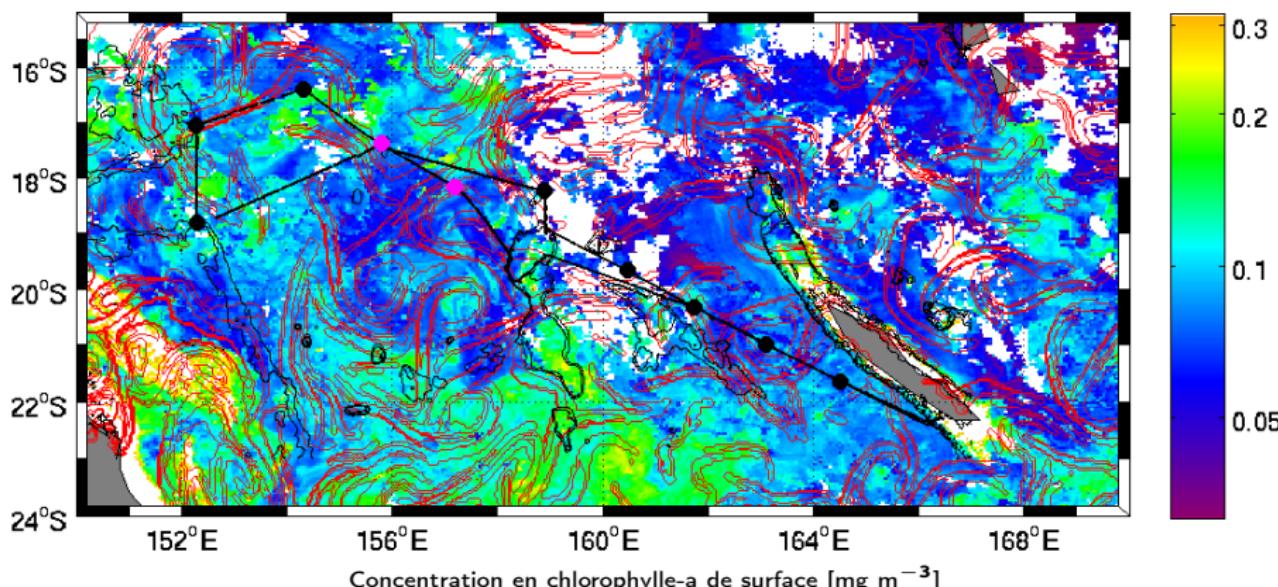
Résultats : FSLE et biogéochimie

- Composite MODIS sur 15 jours
- Critère pour définir présence ●/absence ● de *Trichodesmium spp.* [Bonnet et al., 2015]



Résultats : FSLE et biogéochimie

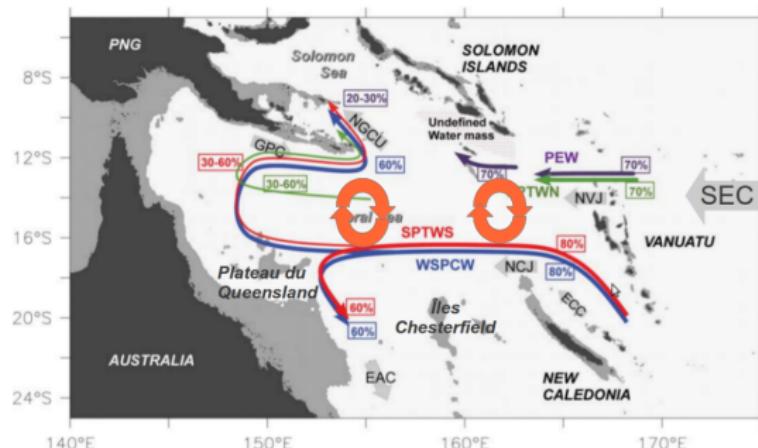
- Composite MODIS sur 15 jours
- Critère pour définir présence ●/absence ● de *Trichodesmium spp.* [Bonnet et al., 2015]



Conclusions

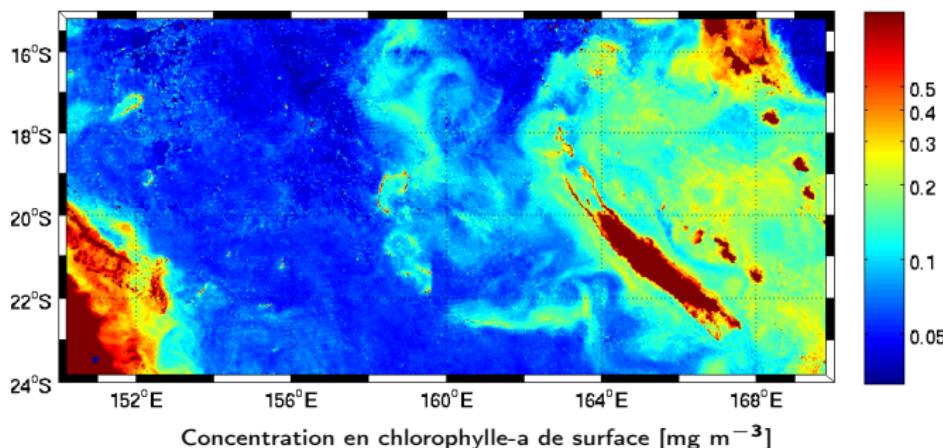
- Transports : fort aliasing dû à la méso-échelle (ordre de grandeur des courants moyens $O(10 \text{ Sv})$)
- Connexion dynamique entre les jets (NCJ et NVJ) due à l'activité tourbillonnaire de méso-échelle ($O(100 \text{ km})$)
- FSLE peuvent permettre d'expliquer, à submésoscale ($O(10 \text{ km})$), des gradients de surface (température et salinité) et certaines abondances d'espèces dans un milieu oligotrophe

Perspectives



- Calcul de trajectoires de particules (ARIANE) → identification et quantification (million de particules) de la connexion à long-terme
- Données biogéochimiques OUTPACE et données composites journalières (CLS) → statistiques sur la correspondance entre FSLE et données biogéochimiques

Perspectives



- Calcul de trajectoires de particules (ARIANE) → identification et quantification (million de particules) de la connexion à long-terme
- **Données biogéochimiques OUTPACE et données composites journalières (CLS)** → statistiques sur la correspondance entre FSLE et données biogéochimiques



Merci pour votre attention

Références



Bonnet, S., Rodier, M., Turk-Kubo, K., Germineaud, C., Menkes, C., Ganachaud, A., Cravatte, S., Raimbault, P., Campbell, E., Desnues, A., Maes, C., and Eldin, G. (2015). Contrasted geographical distribution of n₂ fixation rates and *nifh* phylotypes in the coral and solomon seas (south-western pacific) during austral winter conditions. *Global Biogeochemical Cycles*.



Chelton, D. B., Schlax, M. G., and Samelson, R. M. (2011).

Global observations of nonlinear mesoscale eddies.

Progress in Oceanography, 91(2) :167–216.



d'Ovidio, F., Fernández, V., Hernández-García, E., and López, C. (2004).

Mixing structures in the mediterranean sea from finite-size lyapunov exponents.

Geophysical Research Letters, 31(17).



Gasparin, F., Maes, C., Sudre, J., Garcon, V., and Ganachaud, A. (2014).

Water mass analysis of the coral sea through an optimum multiparameter method.

Journal of Geophysical Research : Oceans, 119(10) :7229–7244.



Gourdeau, L., Kessler, W., Davis, R., Sherman, J., Maes, C., and Kestenare, E. (2008).

Zonal jets entering the coral sea.

Journal of Physical Oceanography, 38(3)(715–725).



Maes, C., Dewitte, B., Sudre, J., Garcon, V., and Varillon, D. (2013).

Small-scale features of temperature and salinity surface fields in the coral sea.

Journal of Geophysical Research-Oceans, 118 :1–13.

doi :10.1002/jgrc.20344.



Moisander, P. H., Beinart, R. A., Hewson, I., White, A. E., Johnson, K. S., Carlson, C. A., Montoya, J. P., and Zehr, J. P. (2010).

Unicellular cyanobacterial distributions broaden the oceanic n₂ fixation domain.

Science, 327(5972) :1512–1514.

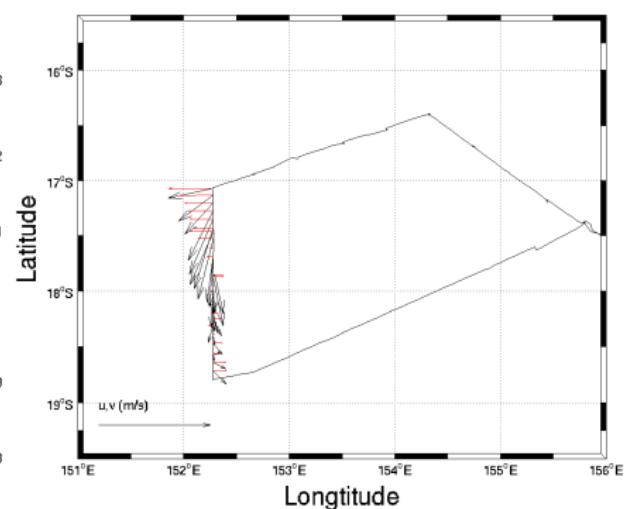
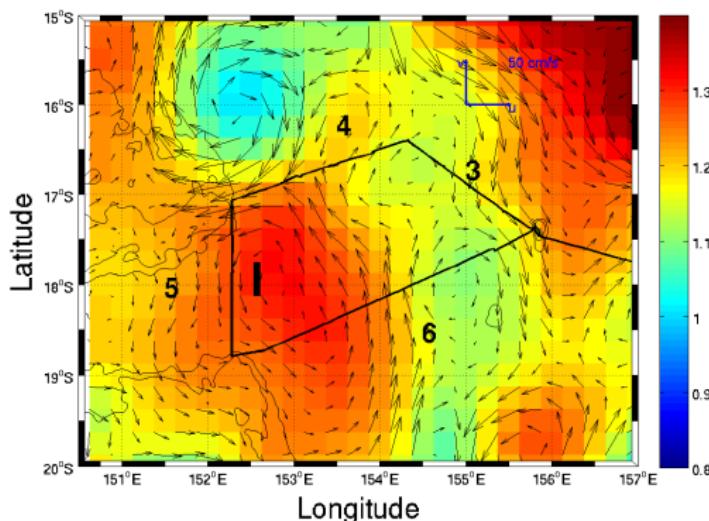
ANNEXES

Caractéristiques des tourbillons

Identifiant	Formation	Disparition	Diamètre moyen [km]	Distance parcourue [km]	Temps de suivi [j]	Vitesse de prop. [km j ⁻¹]	D-Lon [°]	D-Lat [°]
A	25/08/12	02/10/12	100	180	38	4.7	1.7	-0.3
B	25/08/12	02/10/12	100	40	38	1	0.3	0.3
C	27/08/12	09/10/12	150	165	43	4	1.5	0.5
D	11/08/12	>31/10/12	150	550	81	6.8	5.2	0
E	20/08/12	>31/10/12	100	470	72	6.5	4.3	-1.2
F	24/08/12	17/09/12	50	170	24	7	1.5	-0.4
G	<01/08/12	>31/10/12	400	935	92	10	8.7	0.2
H	10/08/12	>31/10/12	150	560	82	6.8	5.3	-0.3
I	<01/08/12	>03/10/12	250	400	64	6.3	3.8	-0.5
Moyenne			160	385	59	5.9	3.6	-0.2

ANNEXES

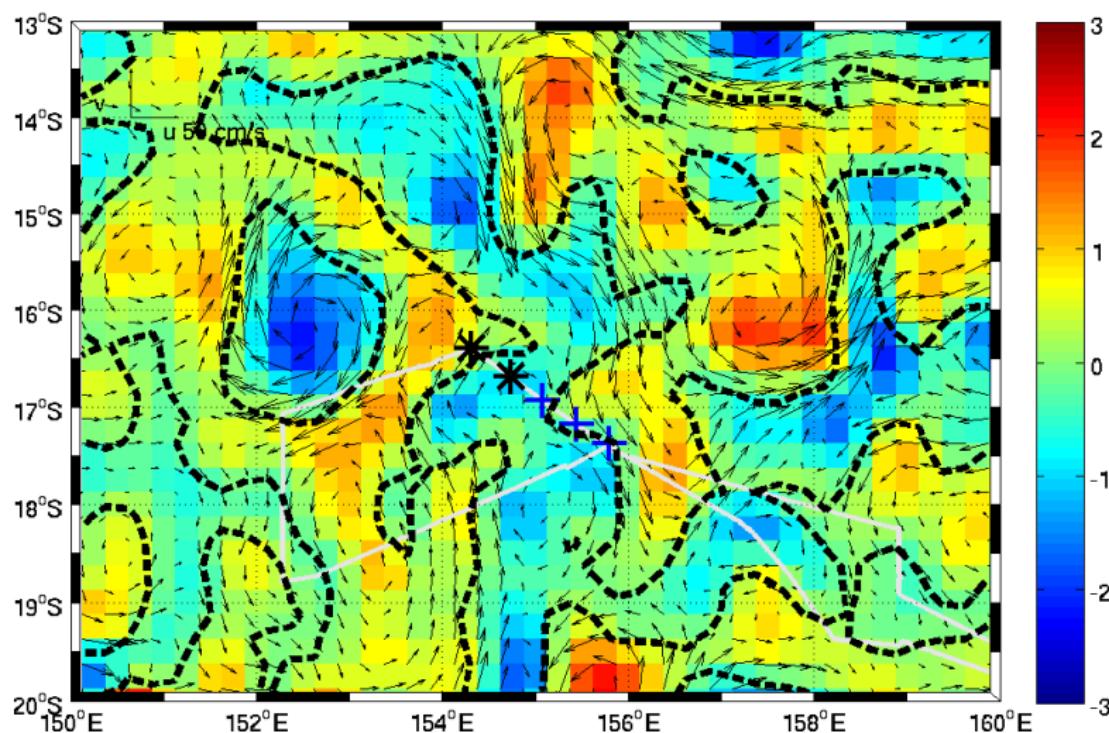
exemple du tourbillon I



→ débit entrant (radiale 6) > débit sortant (radiale 5)

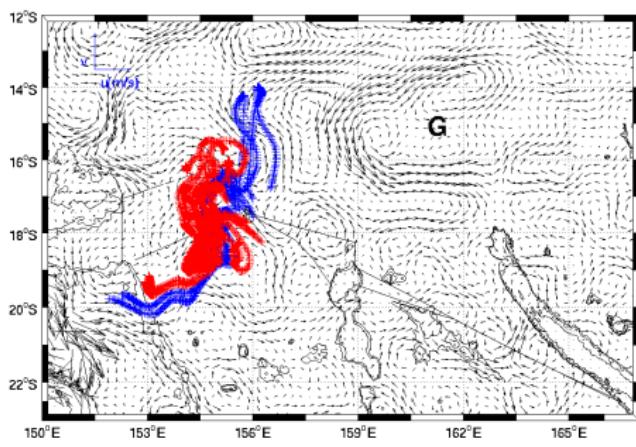
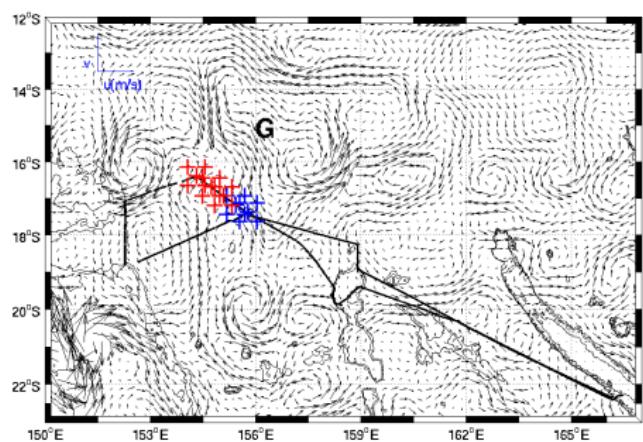
ANNEXES

- Contour du zéro de vorticité relative



ANNEXES

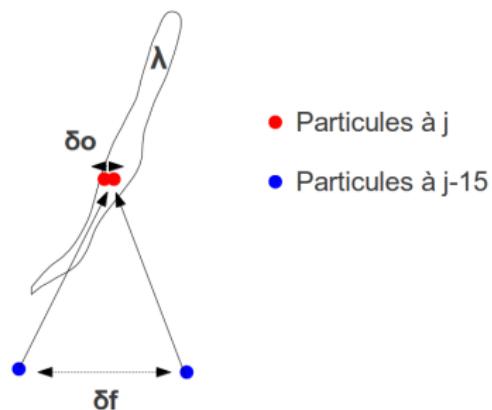
- Trajectoire des particules



ANNEXES

FSLE méthode

BACKWARD



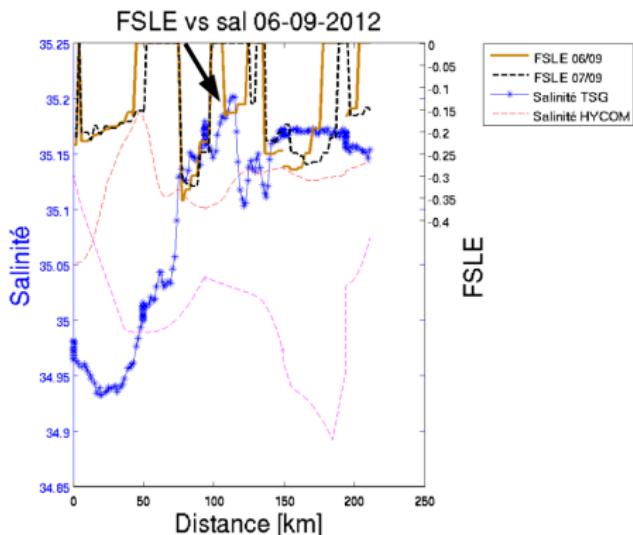
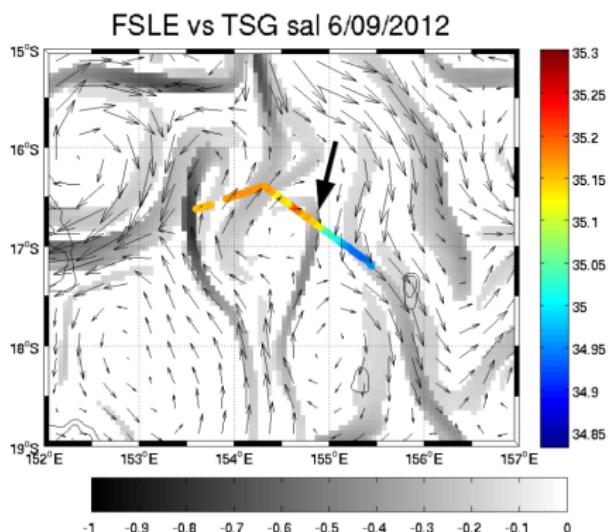
- Les *Finite Size Lyapunov Exponent* (FSLE)

$$\lambda(x, t, \delta_0, \delta_f) \equiv \frac{1}{\tau} \log \frac{\delta_f}{\delta_0} \quad (1)$$

ANNEXES

Ex. FORWARD

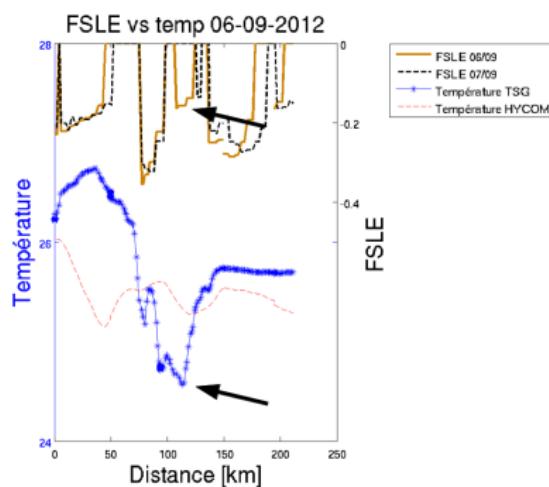
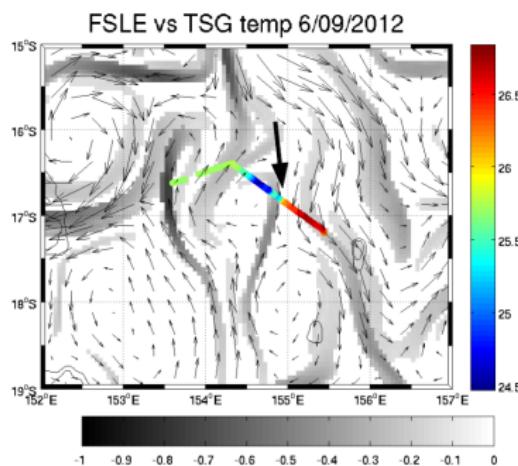
- Transect 3 (Forward)



ANNEXES

Ex. FORWARD

- Transect 3 (Forward) Exemple avec la température



ANNEXES

effet diurne

→ effet diurne ?

