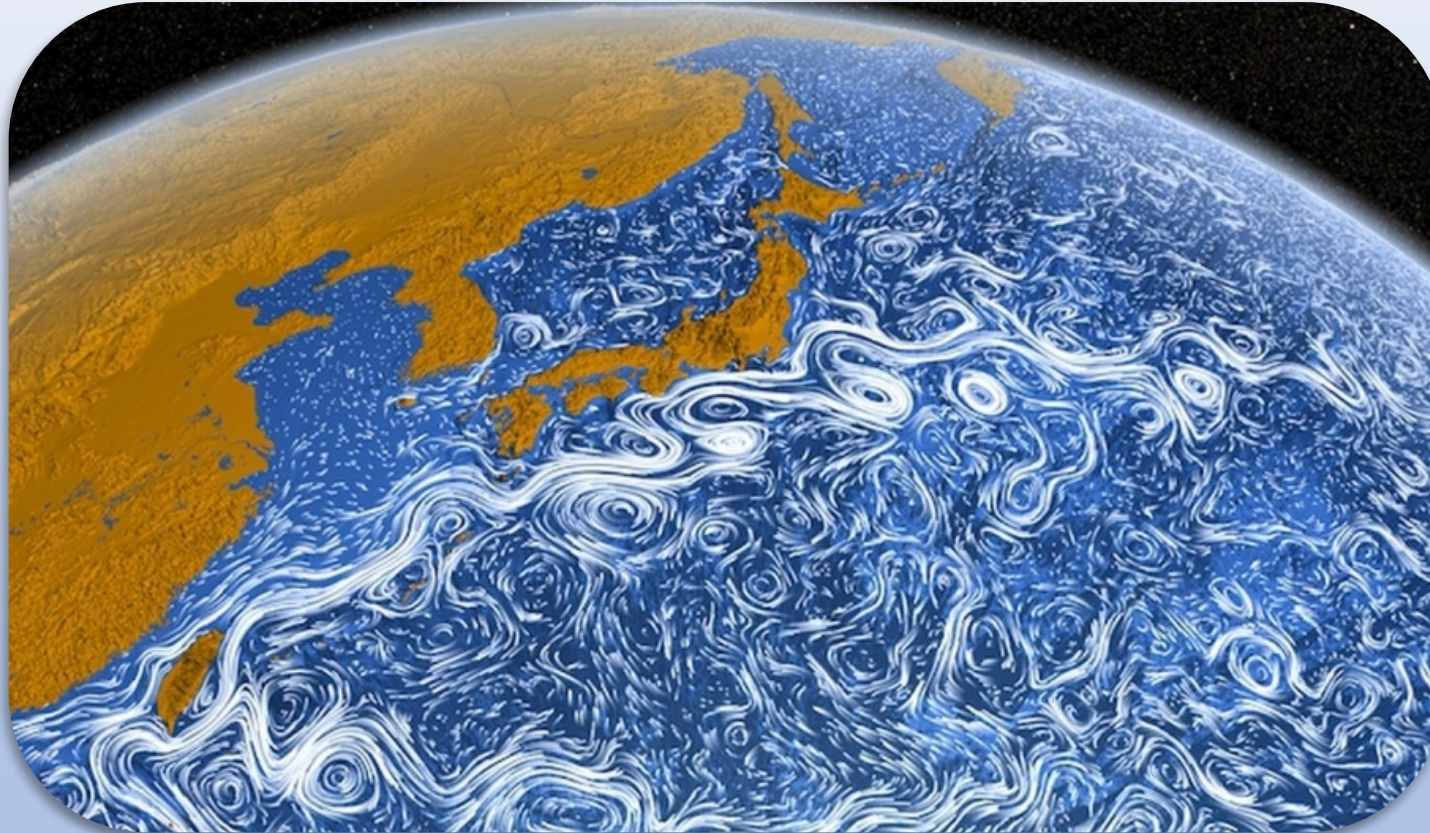


# Modélisation de la région Oyashio-Kuroshio

<https://www.4everge.com/2012/28/29/0719/mass-perpetual-ocean-video-sens-of-face-movement>



## Contexte

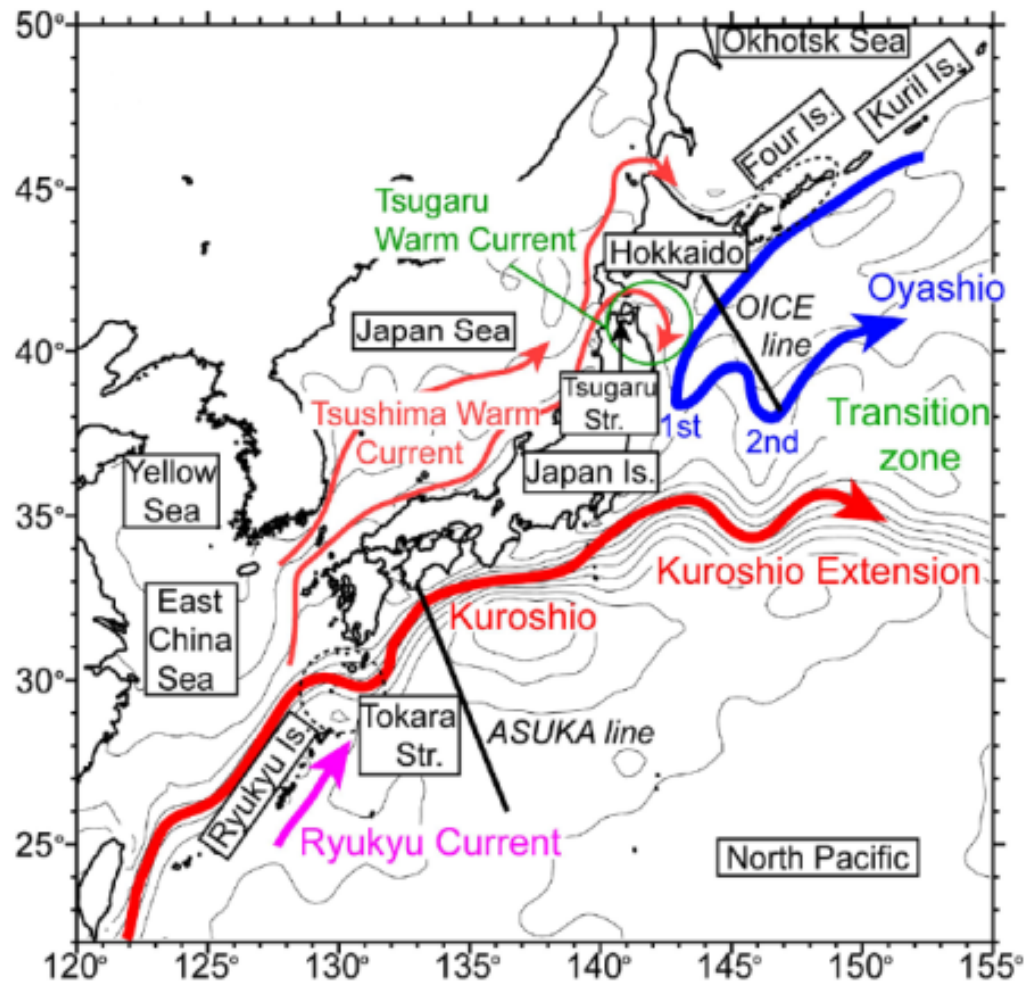


Figure 1. Vue schématique de la région Kuroshio-Oyashio (Kuroda H, et al. 2017), les courants principaux sont indiqués par des flèches.

### Kuroshio

Courant très énergétique

Eaux chaudes, salines et oligotrophes

Transport de grandes quantités de l'eau (~ 42 Sv)

### Oyashio

Température et salinité faible

Significatif pour les écosystèmes (*Upwelling*)

## Région d'étude

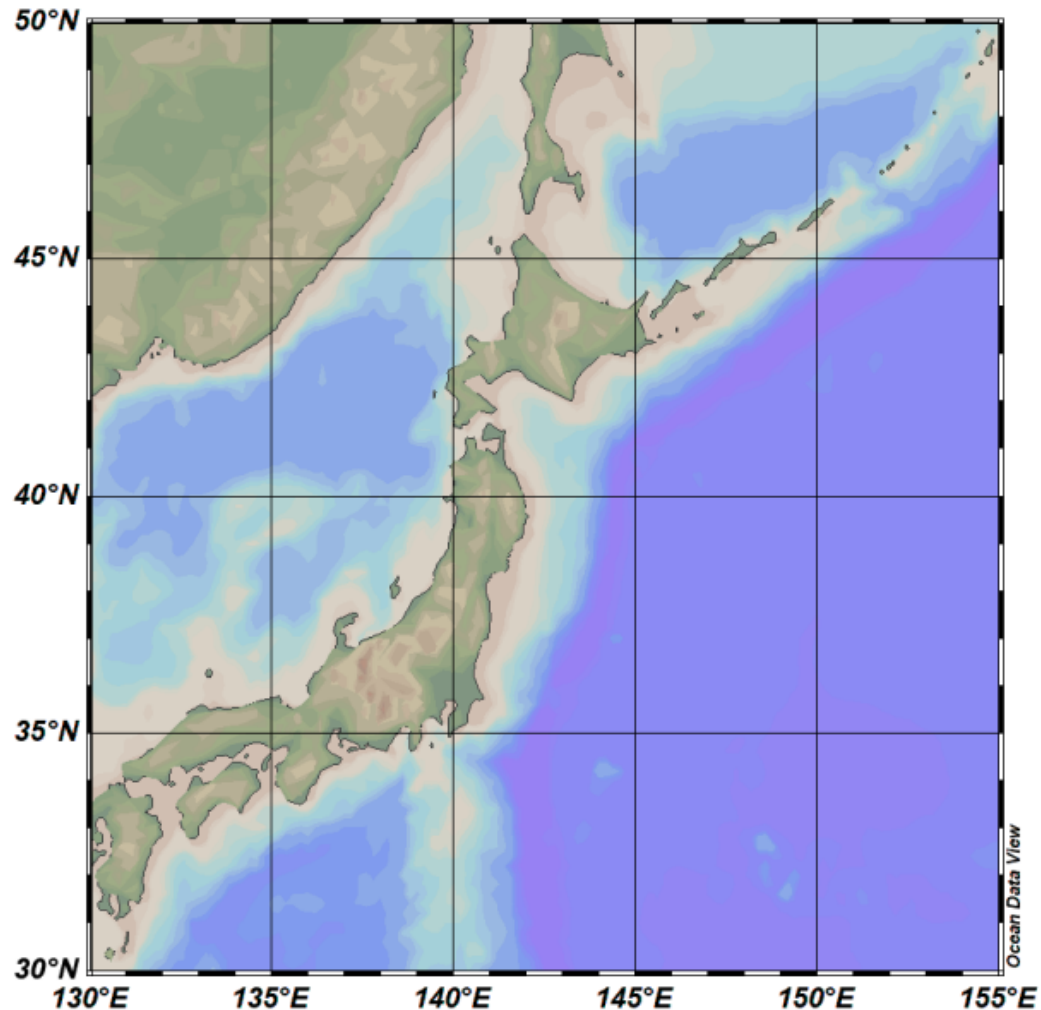


Figure 2. La carte de la région d'étude (30°-50°N, 130°-155°E)

## Deux courants

Kuroshio (une partie) et Oyashio

## Phénomènes

Vents d'ouest

Tourbillons méso-échelle

Intensification du bord d'ouest

Le front Kuroshio-Oyashio

L'extension du Kuroshio



## Objectif

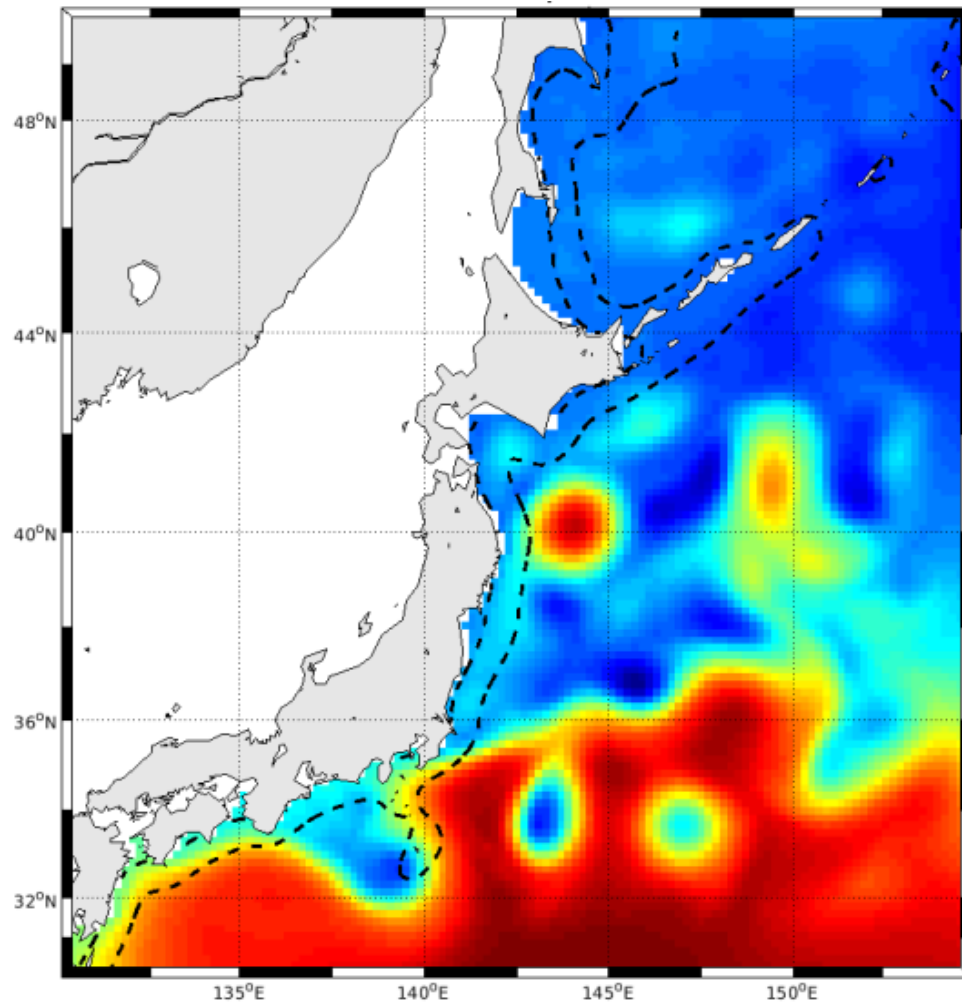


Figure 3. Un exemple de la formation des tourbillons dans la région d'étude (Colorbar: SSH)

### Caractéristiques dans cette région

SSH, trajectoire, l'énergie cinétique, tourbillons

### Amélioration de la simulation

Les inconsistances par rapport aux littératures



## ROMS modèle

### Introduction



Les versions de *Roms\_Agrif* et *ROMSTOOLS* n'évoluent plus

*Nouveau modèle  
océanique*



Les zones de l'échelles fines

## ROMS modèle

### Discrétisation

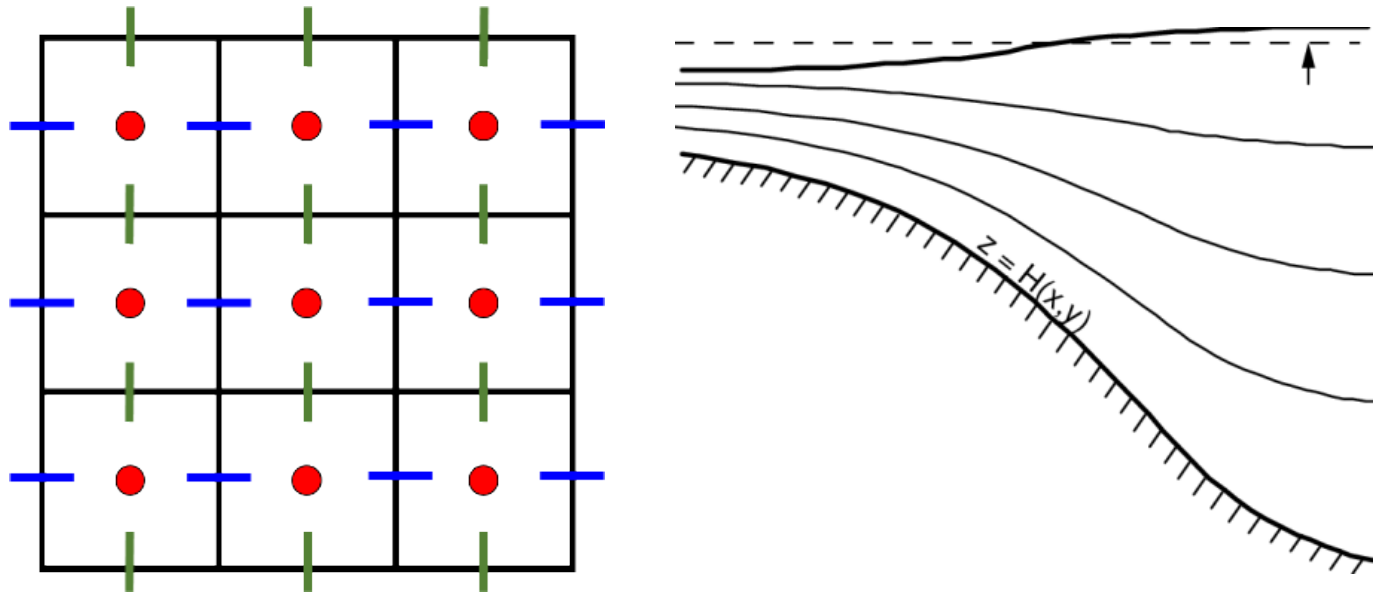


Figure 4. Schéma de la grille Arakawa C (gauche), et de la coordonnée- $\sigma$  (droite).

### Spatiale

Arakawa C (horizontal)

Coordonnée- $\sigma$  (vertical)

### Temporelle

Méthode time-splitting

*Leap-frog & Asselin filter*

## ROMS modèle

### Critère CFL

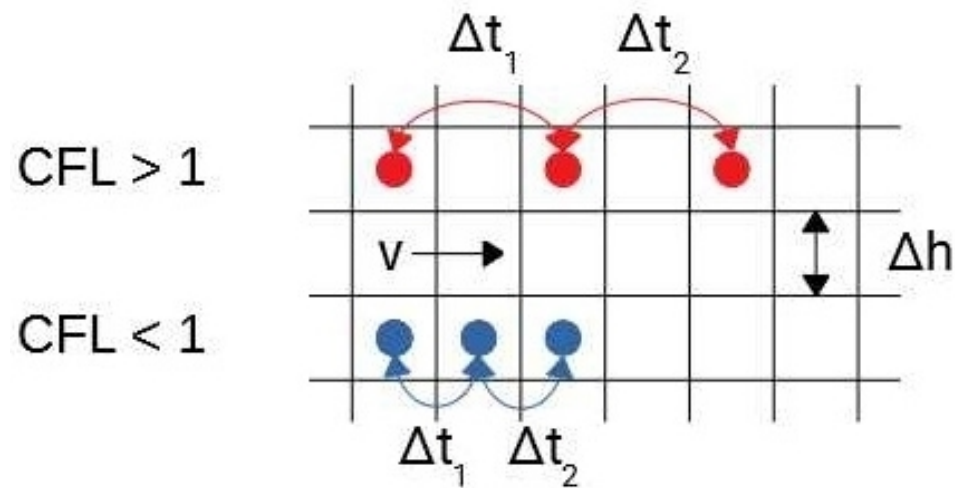


Figure 5. Schéma du critère CFL.

Un processus **ne se propage pas** de plus d'une maille à chaque pas de temps

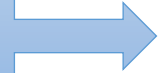
$$\Delta t \leq \frac{1}{c} \times \left( \frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$



## ROMS modèle

### Paramétrisation

crocotools  
param



Coordonnée	Frontière	Résolution
lonmin = 130; lonmax = 155; latmin = 30; latmax = 50;	Fermeture: Ouest Ouverture : Est, Nord, Sud	dl=1/5°

Grille



LLm	MMm	dx	dy	N	Hmax
124	132	dxmin=14.2497 km dxmax=19.2488 km	dymin=14.3071 km dymax=19.2319 km	32	7579.6 m

Pas de  
temps



NTIMES	NDTFAST	NRST	NAVG	NWRT	dt [sec]
1800	60	1800	180	180	1440

## ROMS modèle

### Base de données

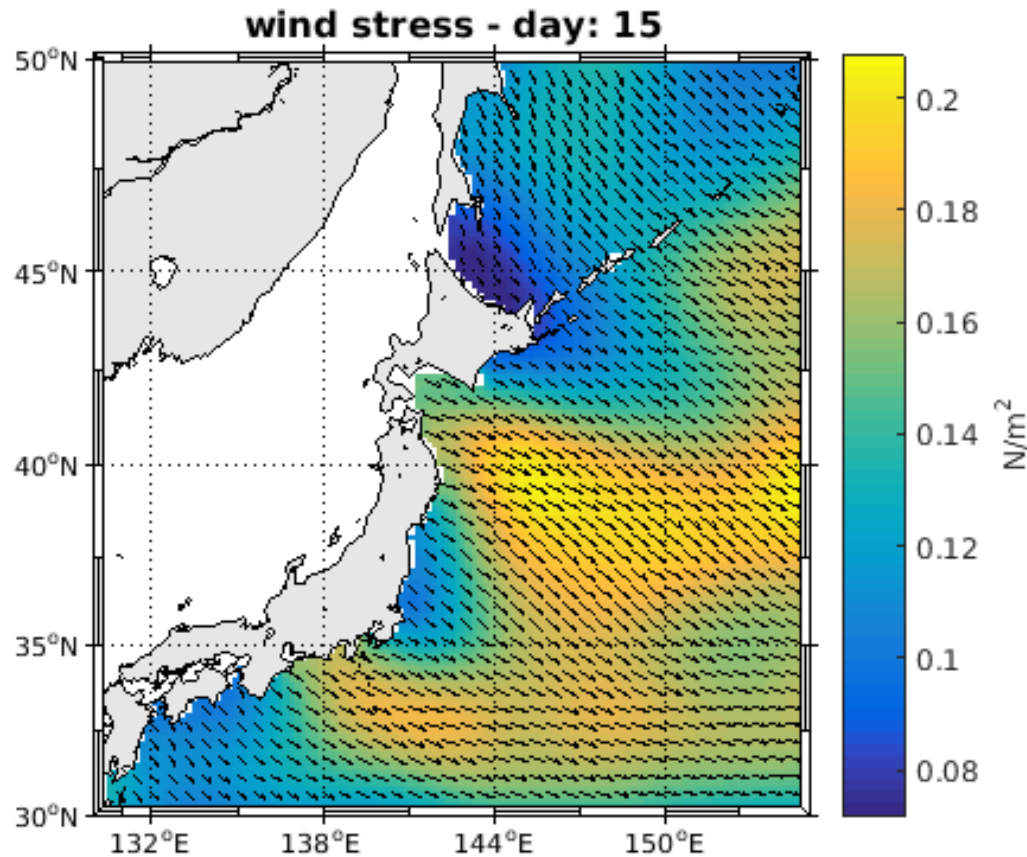


Figure 6. Un exemple de champ du vent (forçage atmosphère) dans la région d'étude

### Climatologie Mensuelle

#### Atmosphériques

Vent (vitesse, direction)

Rayonnement ( $Q_{sw}$ ,  $Q_{lw}$ )

Flux de la chaleur ( $Q_{lat}$ ,  $Q_{sens}$ )

Précipitation-Évaporation

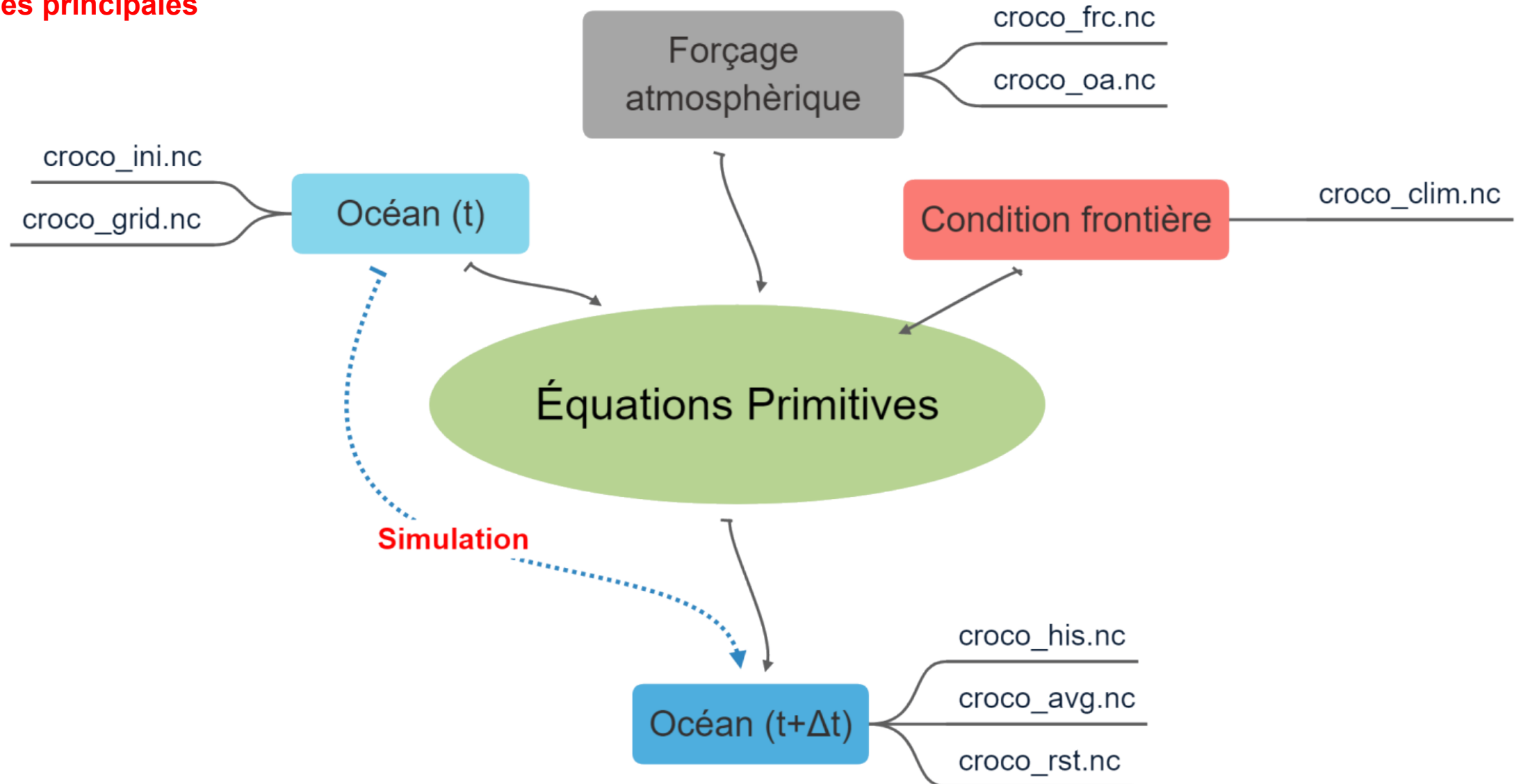
#### Océaniques

Température (SST)

Salinité (SSS)

## ROMS modèle

### Idées principales





## ROMS modèle

Diagnostic

Stabilité

La troisième année

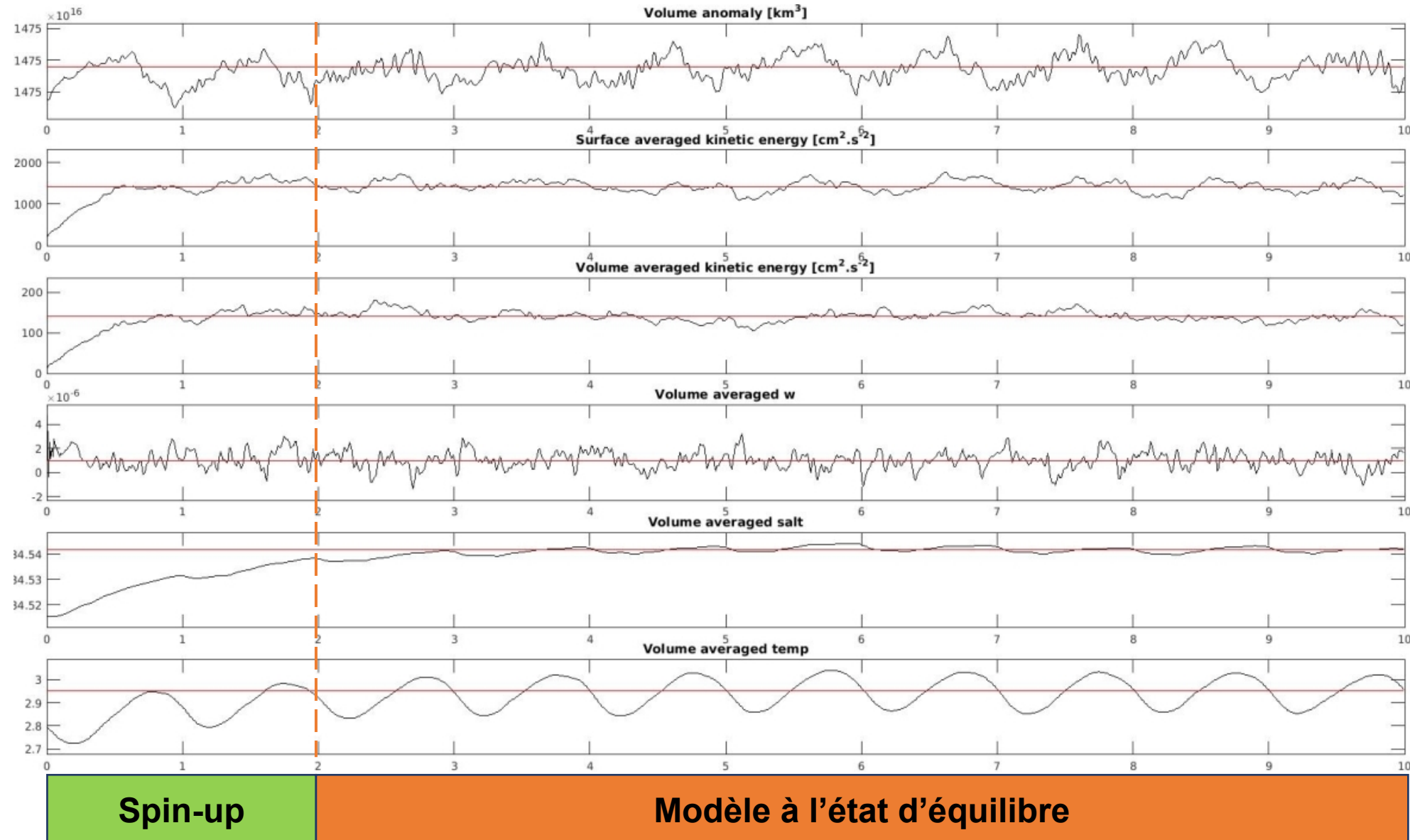
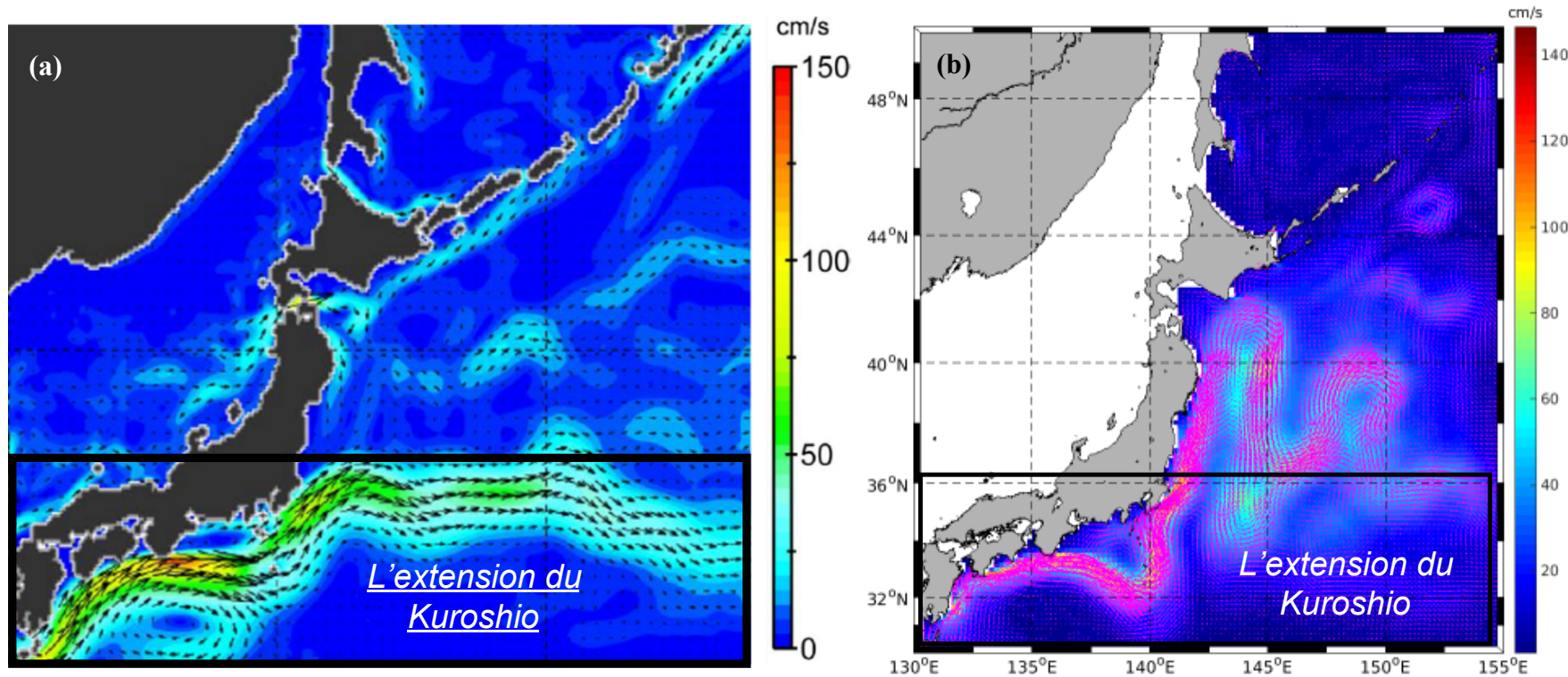


Figure 7. Le résultat du diagnostic de la simulation

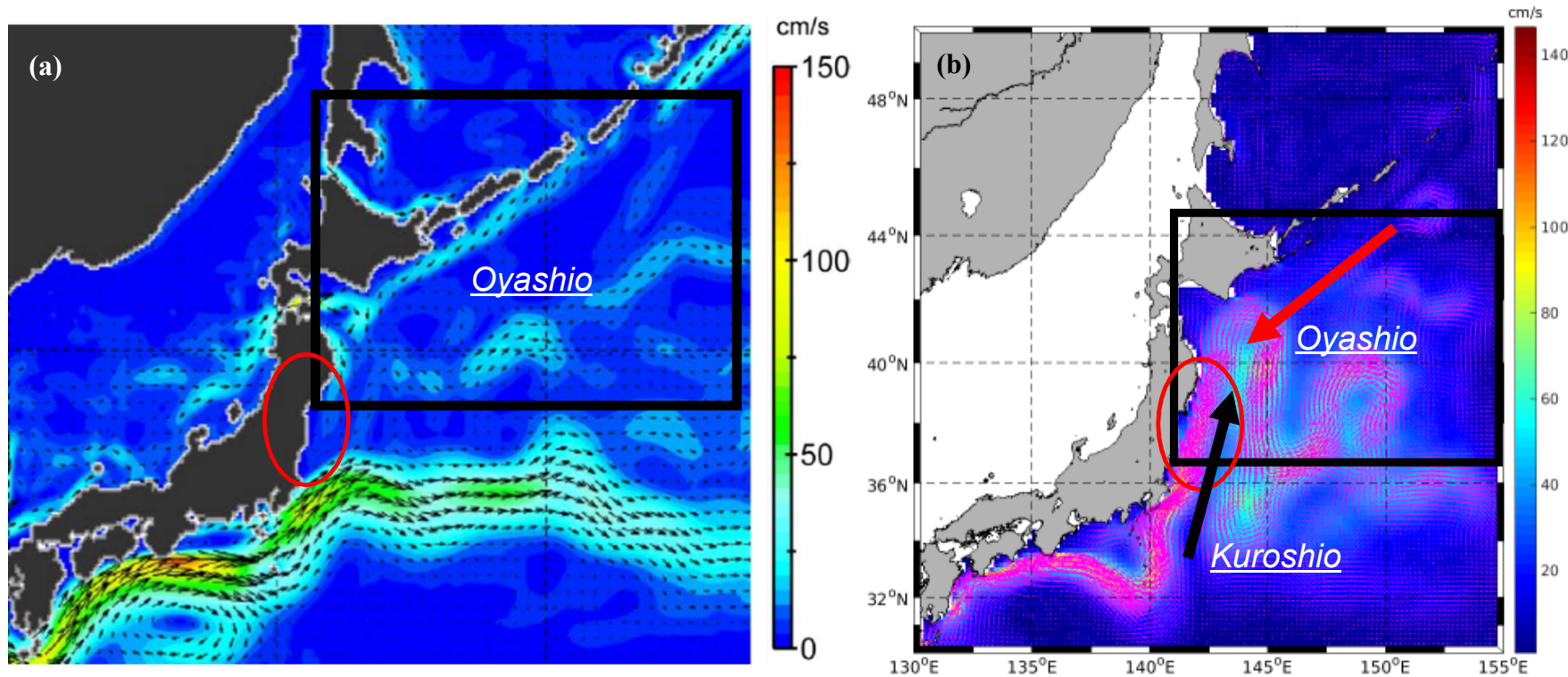
## Trajectoire



L'extension du  
Kuroshio peut être bien  
observée à **36°N**

Figure 8 Climatologie du champ de la circulation de surface, (a) Données réanalyses (Kuroda H, et al. 2017), (b) Résultat de la simulation du ROMS.

## Trajectoire



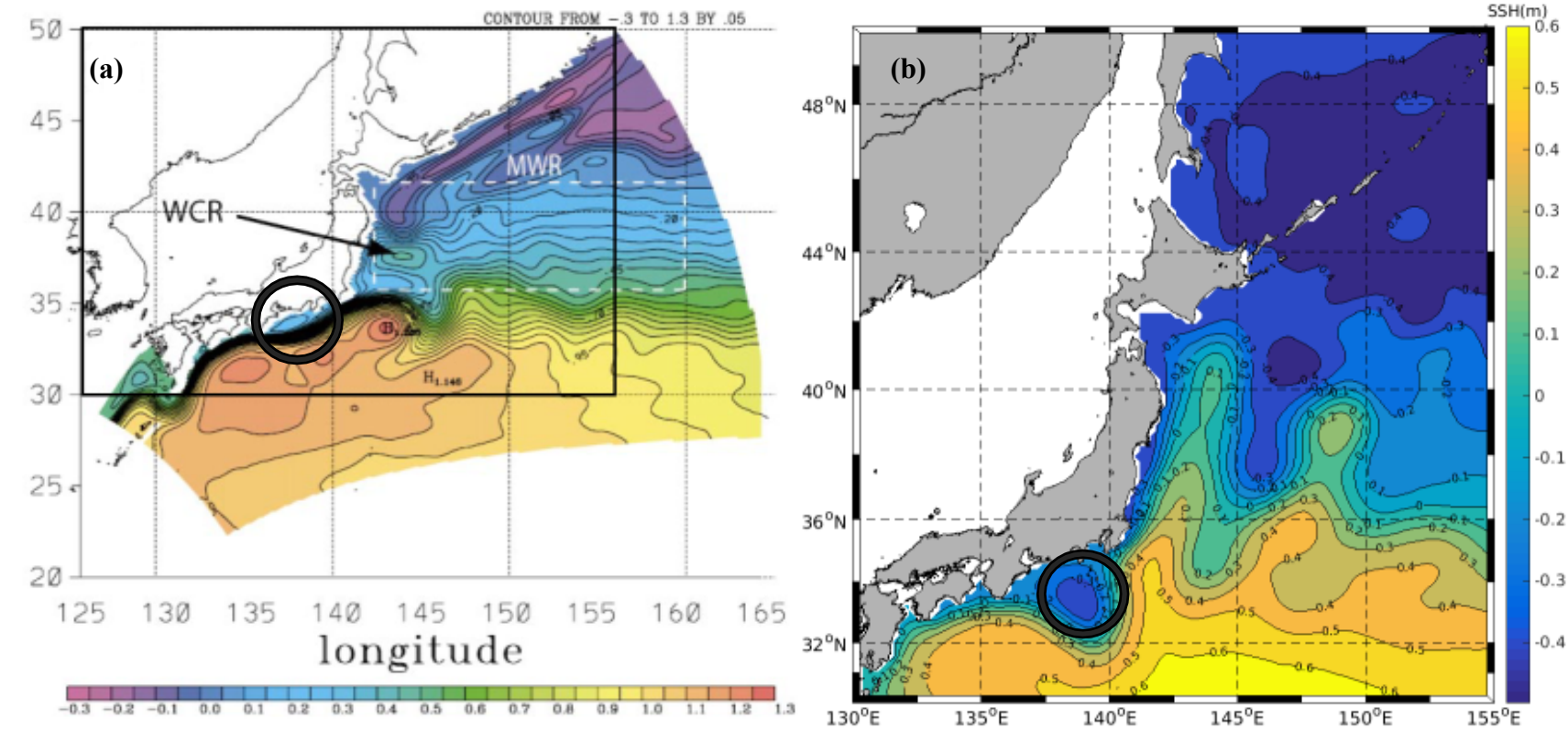
Déplacement vers le **sud**  
de l'Oyashio

Déplacement vers le  
**Nord** du Kuroshio

Figure 8 Climatologie du champ de la circulation de surface, (a) Données réanalyses (Kuroda H, et al. 2017), (b) Résultat de la simulation du ROMS.



# SSH



Un anneau noyau froid  
éternel dans la zone  
(135°-140°E, 32°-36°N)

Figure 9 Climatologie de la hauteur de surface (SSH) moyennée, (a) Résultat du POM (Mitsudera H et al. 2004), (b) Résultat de la simulation du ROMS.

# SSH

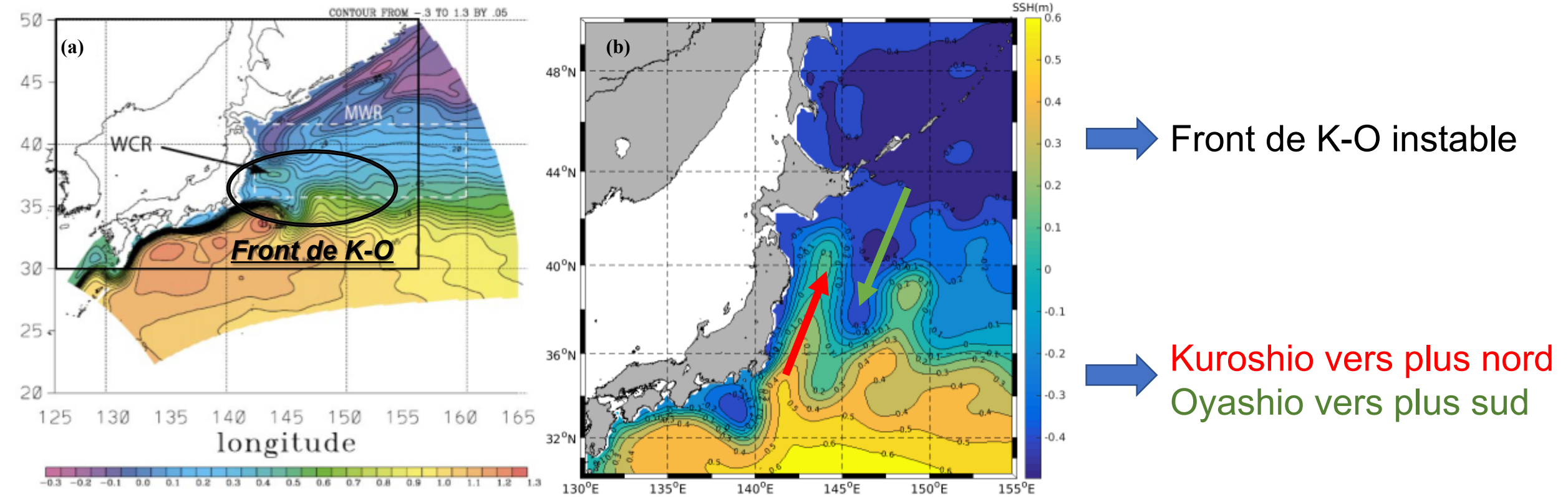
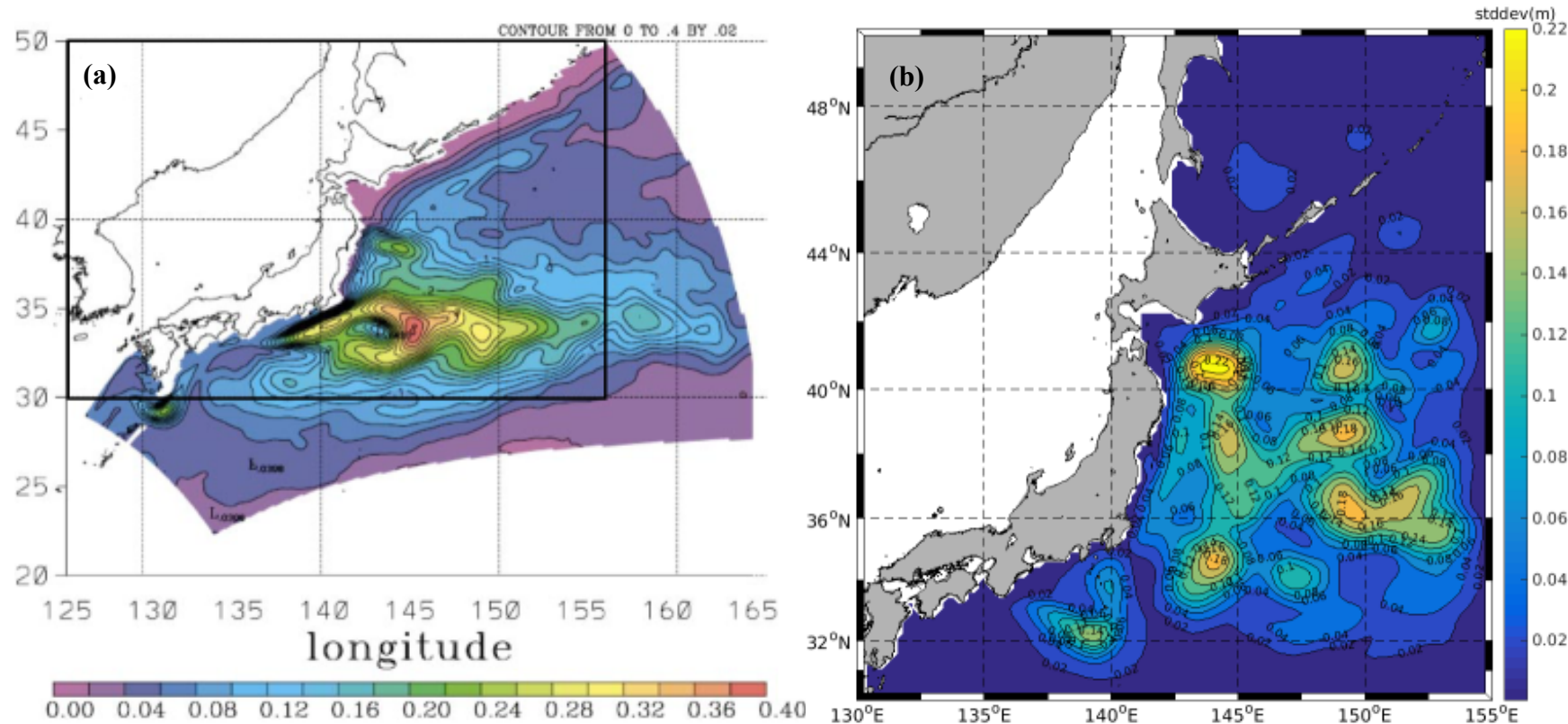


Figure 9 Climatologie de la hauteur de surface (SSH) moyennée, (a) Résultat du POM (Mitsudera H et al. 2004), (b) Résultat de la simulation du ROMS.

## L'écart type de SSH



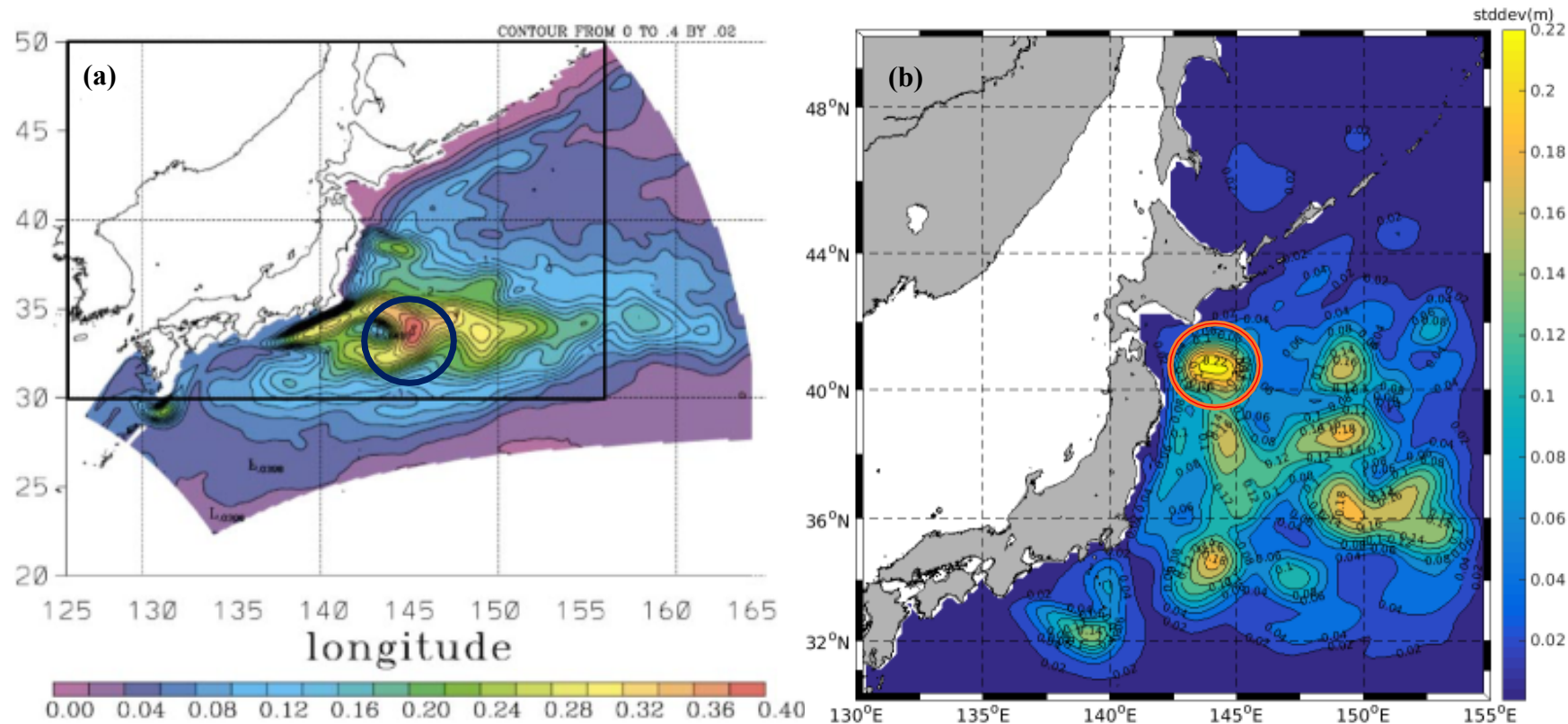
L'écart type du SSH



L'instabilité de la région

Figure 10 Climatologie de l'écart type de la hauteur de surface, (a) Résultat du POM (Mitsudera H et al. 2004), (b) Résultat de la simulation du ROMS.

## L'écart type de SSH

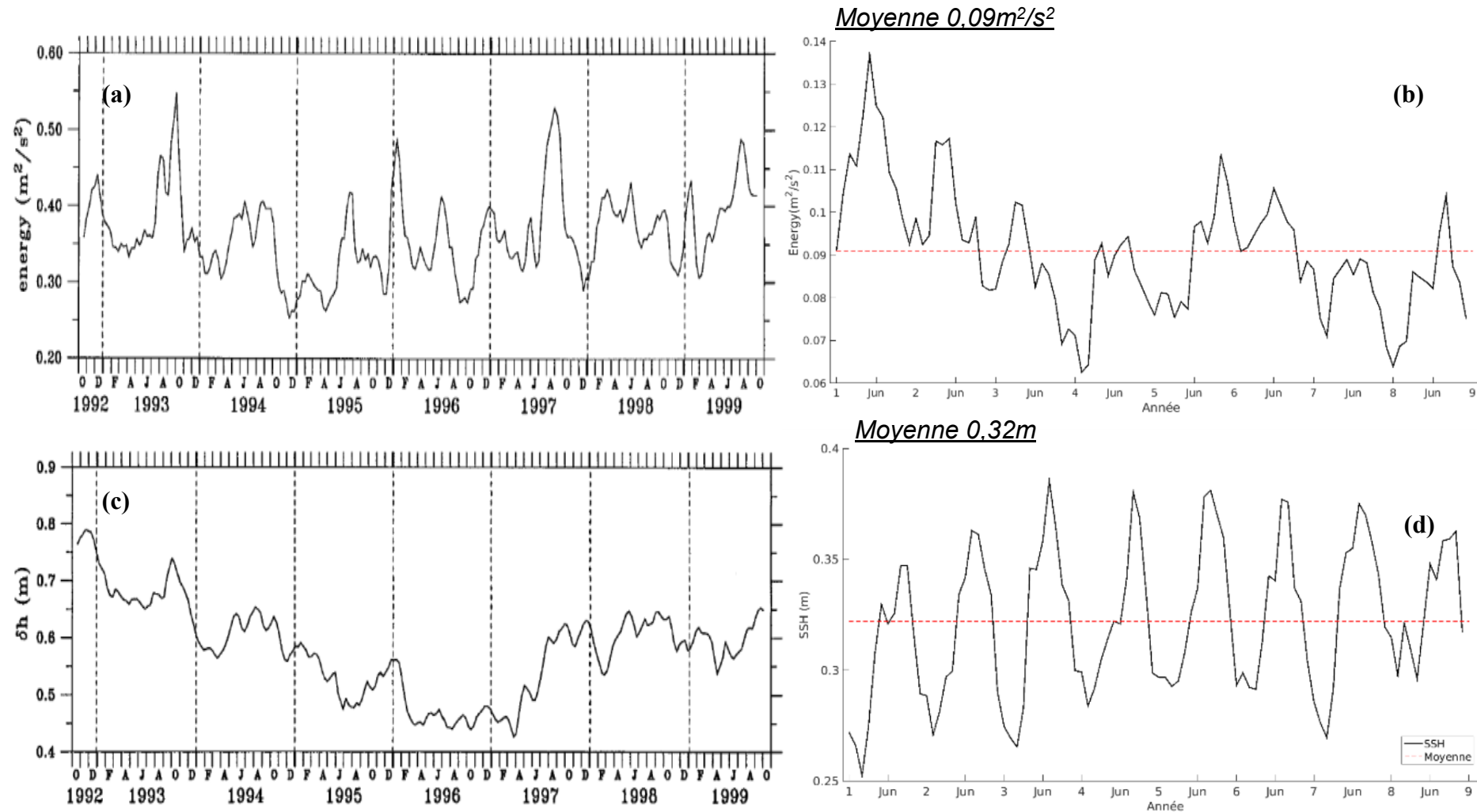


La région la plus **instable**  
se situe près de l'Oyashio  
au lieu du Kuroshio

Figure 10 Climatologie de l'écart type de la hauteur de surface, (a) Résultat du POM (Mitsudera H et al. 2004), (b) Résultat de la simulation du ROMS.



## Séries temporelles de la région KE



L'énergie **faible**  
dans la région KE

Figure 11 Série temporelle de l'énergie cinétique moyennée (a et b) et la hauteur de surface (c et d).

## Hypothèse 1

(La fermeture de la frontière)

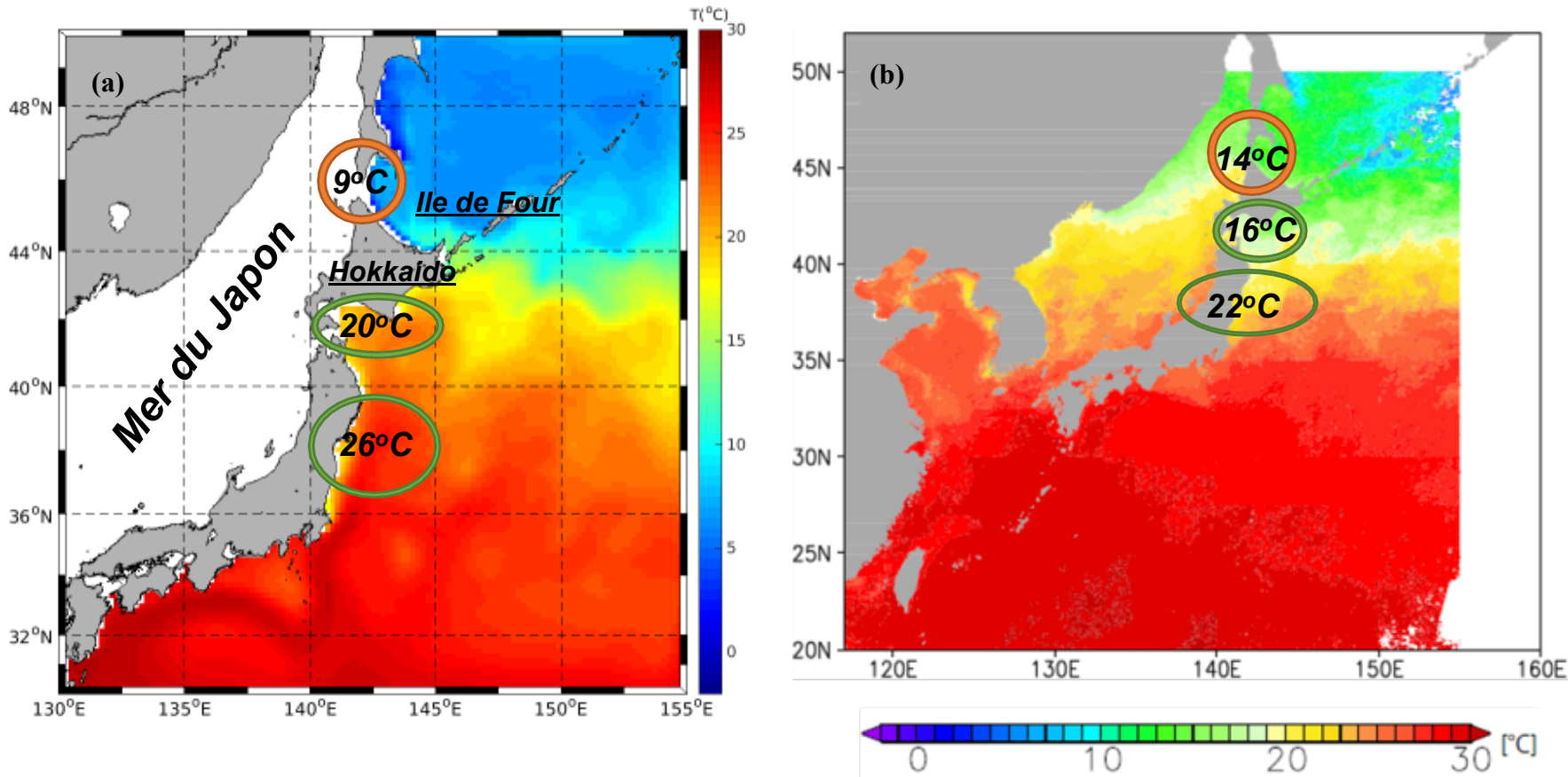


Figure 12 La climatologie de la température de la surface (SST) en août (a) simulée par le modèle ROMS, (b) observation de la satellite .

Saison: été

Nord Hokkaido

SST diminué

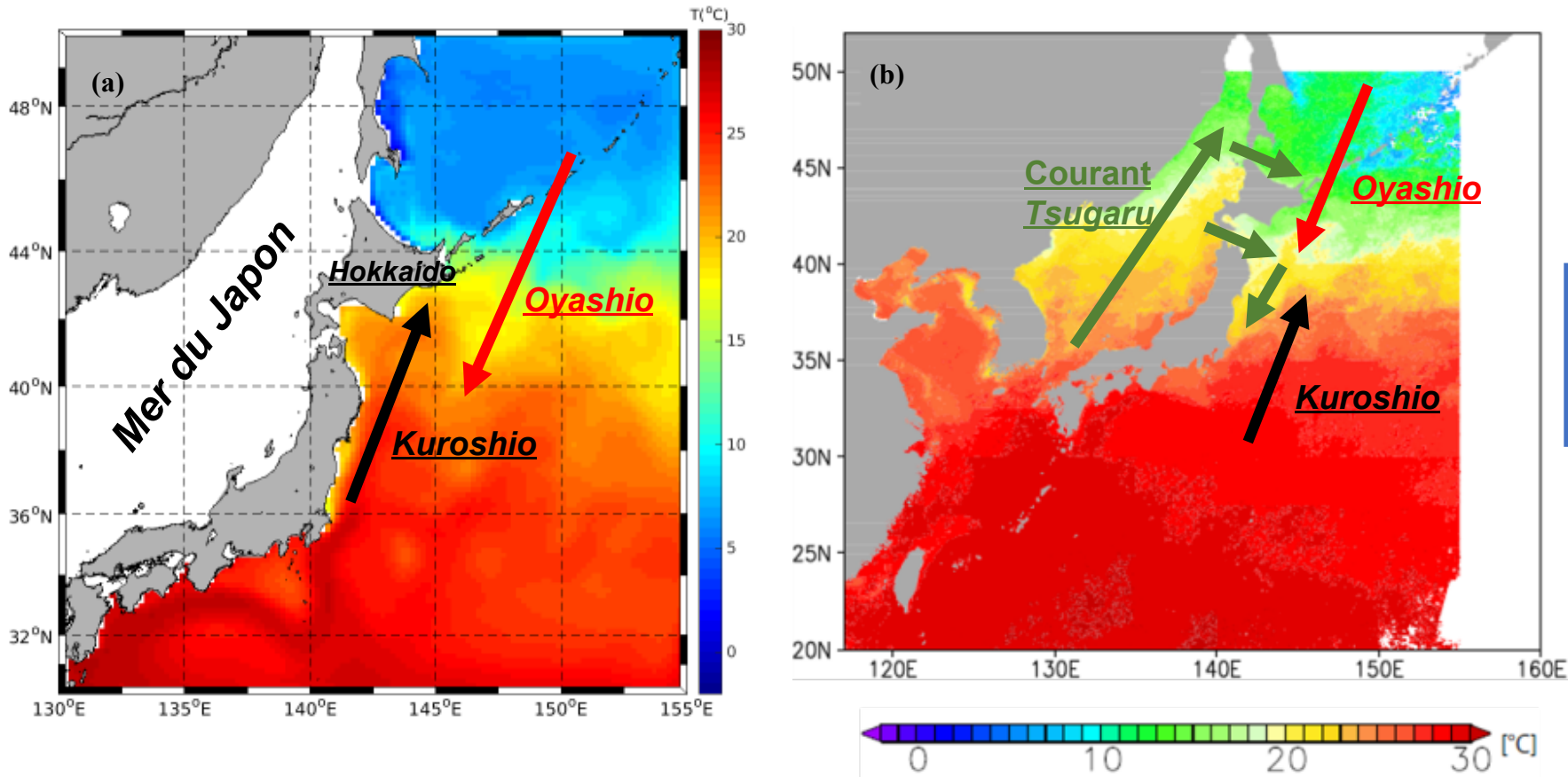
Sud Hokkaido

SST augmenté



## Hypothèse 1

(La fermeture de la frontière)



Saison: été

L'impact du courant *Tsugaru*  
n'est pas négligeable

Figure 12 La climatologie de la température de la surface (SST) en août (a) simulée par le modèle ROMS, (b) observation de la satellite .

## Hypothèse 1

(La fermeture de la frontière)

Saison: printemps

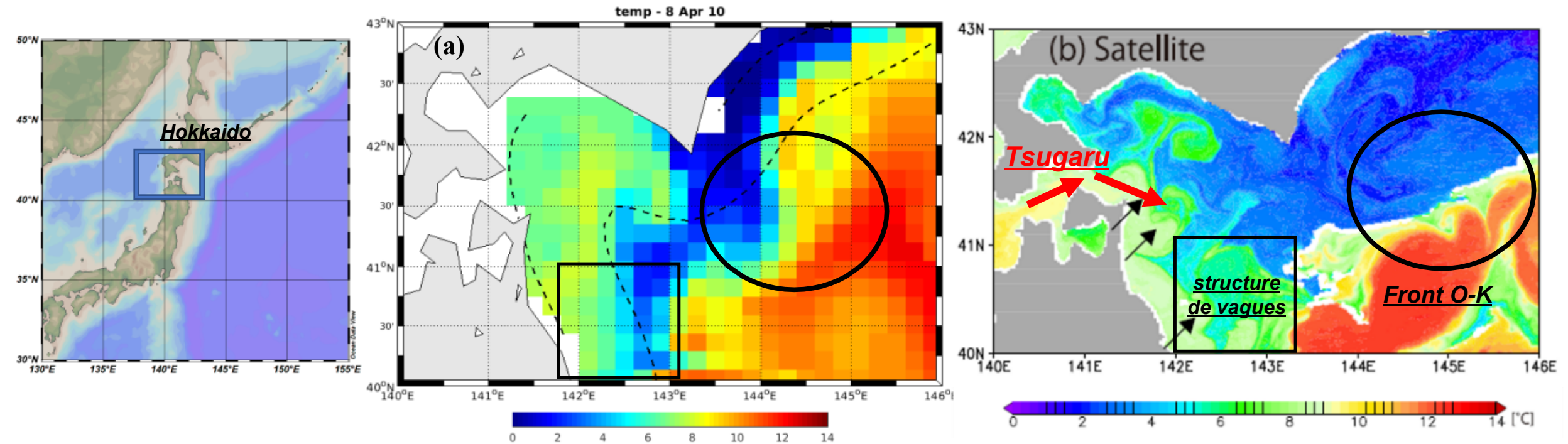


Figure 13 La température de surface (SST) au sud de l'île d'Hokkaido en avril, (a) représente le résultat de 8<sup>ème</sup> année du modèle ROMS et (b) est l'observation par satellite (Sakamoto K, et al. 2019).

Front Oyashio-Kuroshio n'existe plus sans  
l'impact du courant Tsugaru

## Hypothèse 1

(La fermeture de la frontière)

Saison: printemps

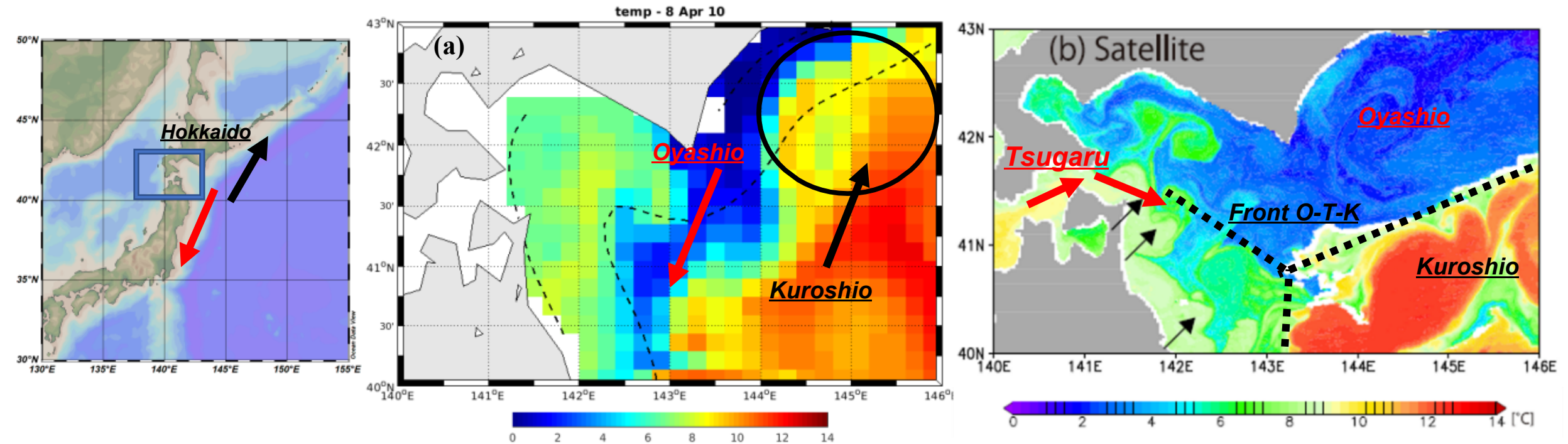


Figure 13 La température de surface (SST) au sud de l'île d'Hokkaido en avril, (a) représente le résultat de 8<sup>ème</sup> année du modèle ROMS et (b) est l'observation par satellite (Sakamoto K, et al. 2019).

Kuroshio vers nord  
Oyashio vers sud

## Hypothèse 2

(Kuroshio raccourci)

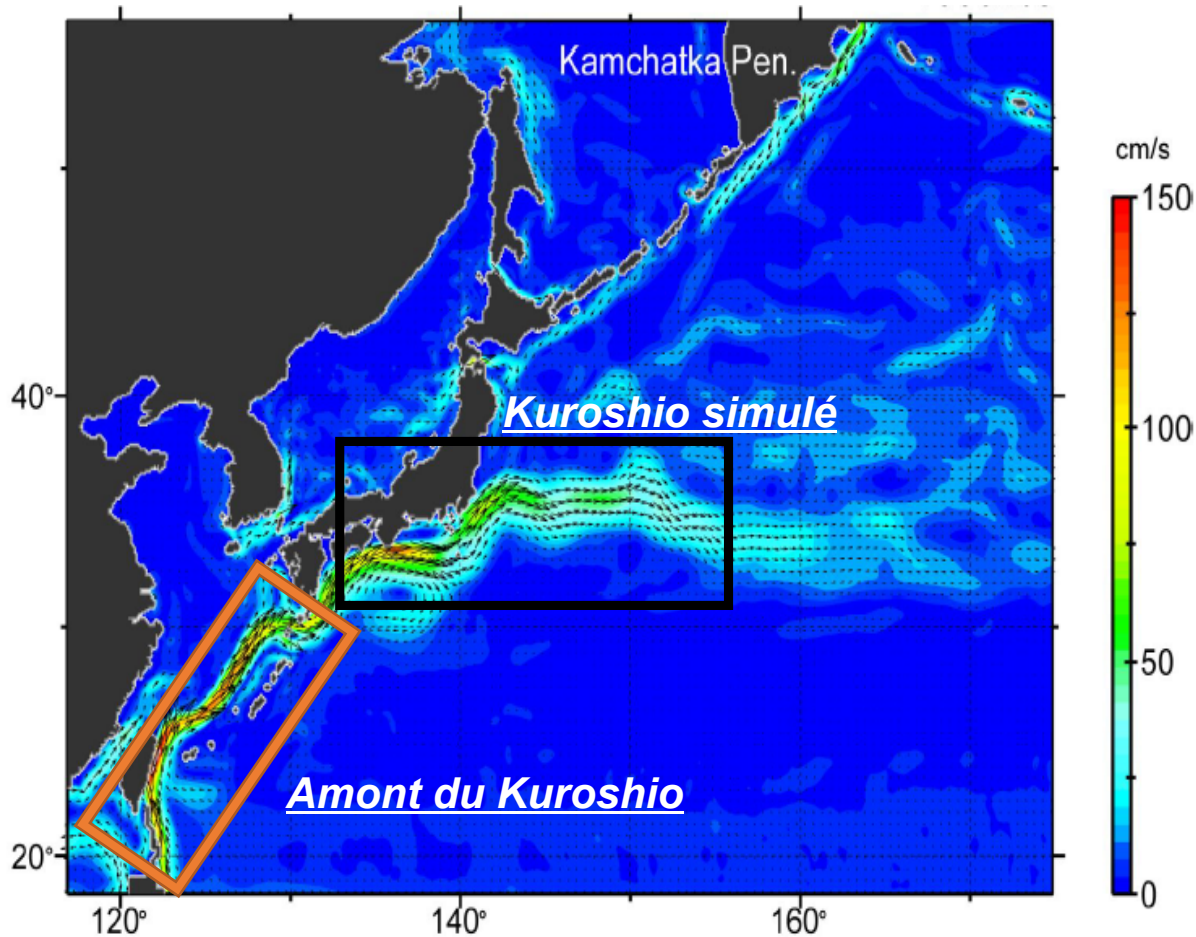


Figure 14 Climatologie de la vitesse du courant en utilisant les données réanalysées (Kuroda H, et al. 2017).

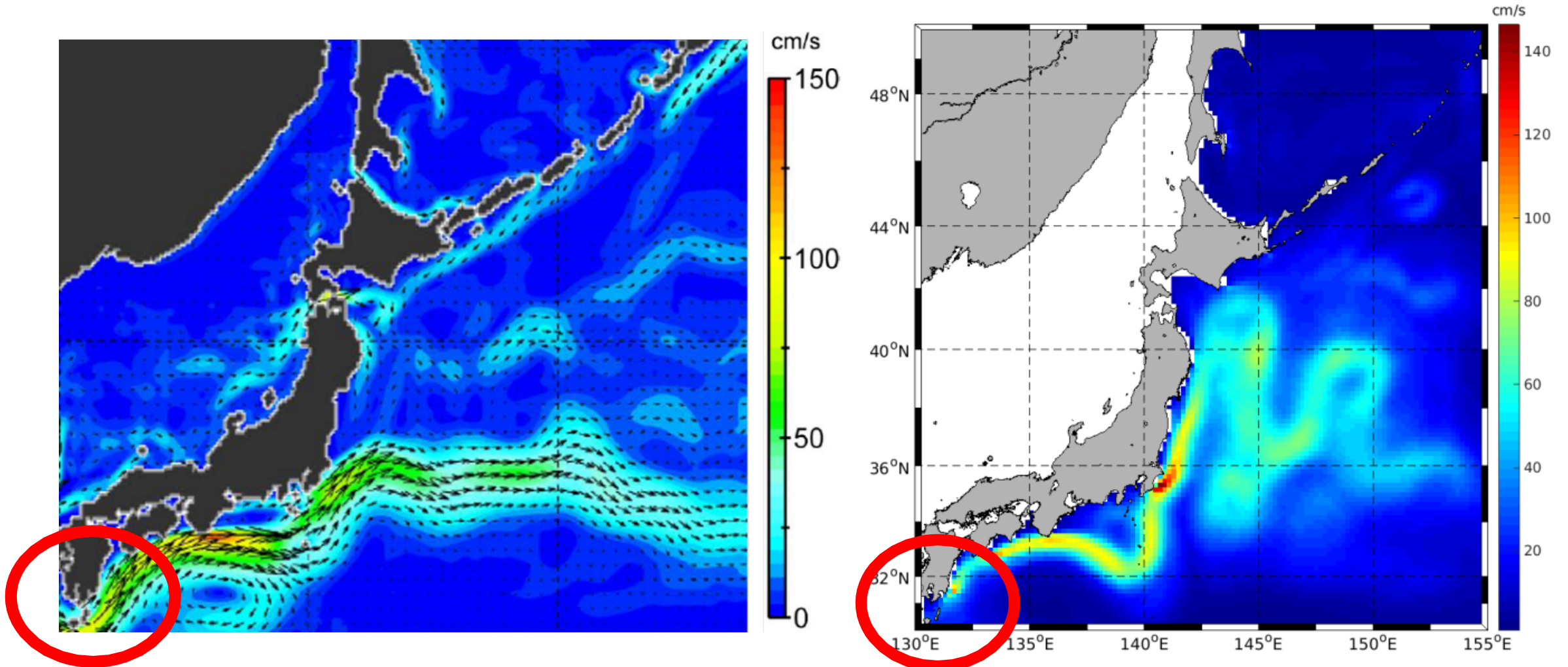
La trajectoire du Kuroshio commence  
par la région des Philippines

L'ensemble du courant présente une  
grande vitesse (**forte** énergie cinétique)

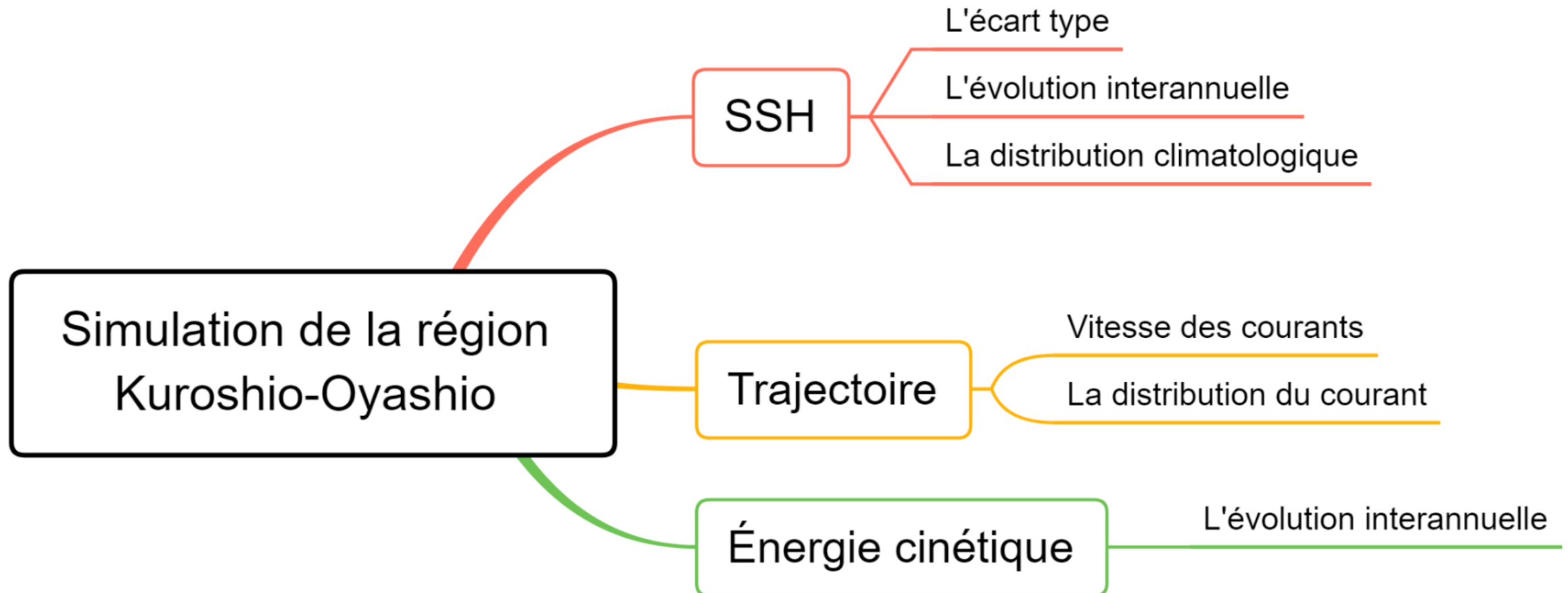


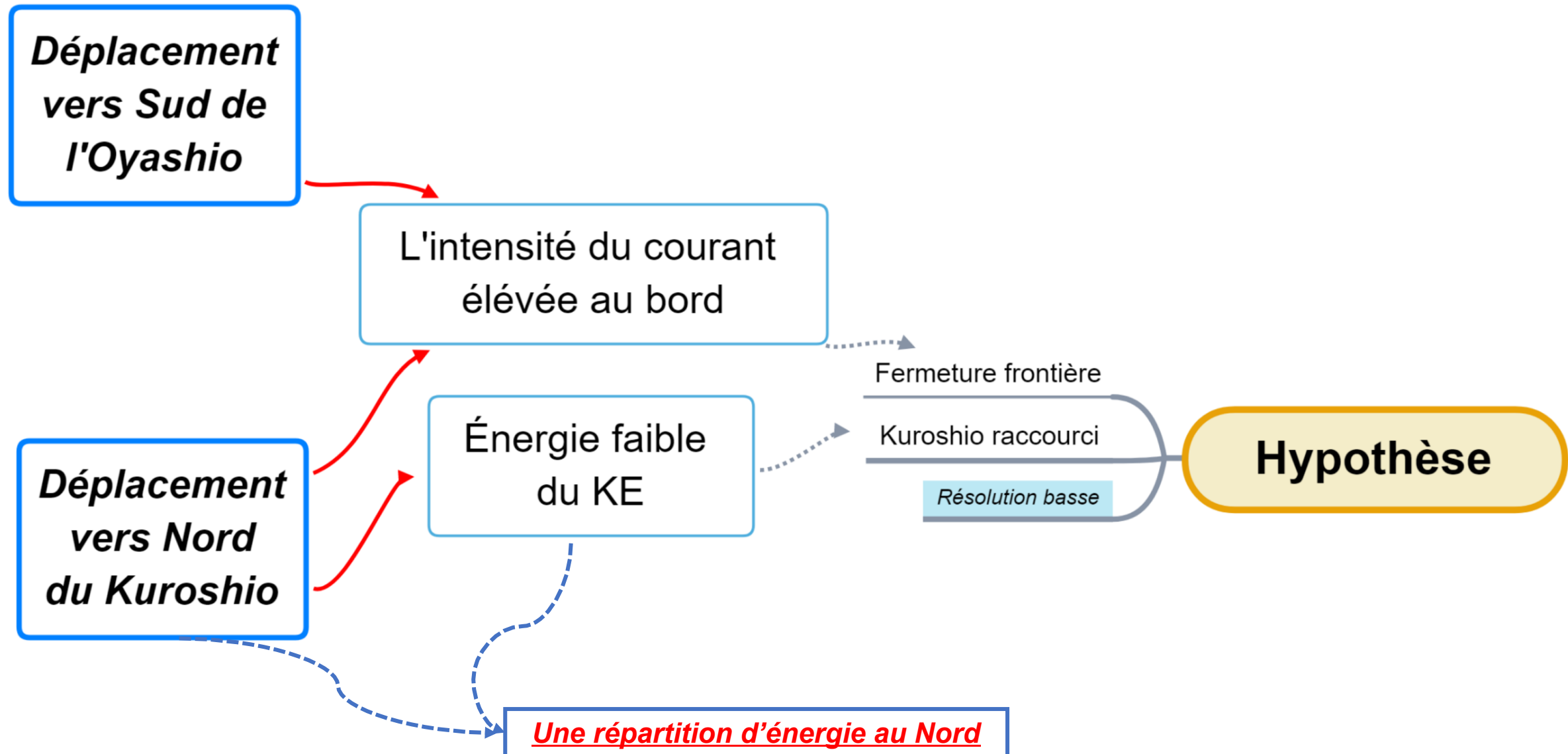
## Hypothèse 2

(Kuroshio raccourci)



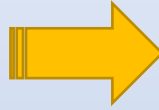






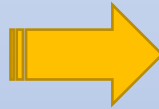
# Ouverture

*Les travaux à améliorer*



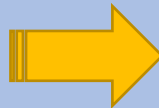
Ouverture de la Frontière Ouest

*La mer du Japon*



Simulation (si possible) l'ensemble  
de la trajectoire du Kuroshio

*Ne corresponds pas le but principal du CROCO*



Augmentation de la résolution

*Coût du temps de calcul, fichiers de taille grande*

# **Bibliographie**

Qiu B. Interannual variability of the Kuroshio Extension system and its impact on the wintertime SST field[J]. Journal of Physical Oceanography, 2000, 30(6): 1486-1502.

Mitsudera H, Taguchi B, Yoshikawa Y, et al. Numerical study on the Oyashio water pathways in the Kuroshio–Oyashio confluence[J]. Journal of physical oceanography, 2004, 34(5): 1174-1196.

Kuroda H, Setou T, Kakehi S, et al. Recent advances in Japanese fisheries science in the Kuroshio-Oyashio region through development of the FRA-ROMS ocean forecast system: Overview of the reproducibility of reanalysis products[J]. Open Journal of Marine Science, 2017, 7(01): 62.

Sakamoto K, Tsujino H, Nakano H, et al. Development of a 2-km resolution ocean model covering the coastal seas around Japan for operational application[J]. Ocean Dynamics, 2019, 69(10): 1181-1202.

Nishikawa H, Nishikawa S, Ishizaki H, et al. Detection of the Oyashio and Kuroshio fronts under the projected climate change in the 21st century[J]. Progress in Earth and Planetary Science, 2020, 7(1): 1-12.

CROCO and CROCO\_TOOLS are provided by <http://www.croco-ocea>

**Thanks for your attention !**

**Merci pour votre attention !**



## Annexes Matlab

### Calcul de la température moyenne

```
%%% même méthodes pour les autres variables
clear;close all;
gridfile='CROCO_FILES/croco_grd.nc'; vlevel=-15; %%%niveau de surface
coef=1; [lat,lon,mask]=read_latlonmask(gridfile,'r');
temp_ave=mask.*0; %%%initiation de variable
t_nb=0; %%%compteur du calcul
for j= 3:10
for i= 1:12
hisfile=strcat('SCRATCH/croco_avg_Y',num2str(j),'M',num2str(i),'.nc');
for tindex=1:10
t_nb=t_nb+1; temps=get_hslice(hisfile,gridfile,'temp',tindex,vlevel,'temp');
temp_ave=temps+temp_ave;
end %%% tindex normalement on prend 10 vu que on fait une simulation toutes les 3 jours
end %%%i 3 jours par un pas
end %%%j les nb du mois, on commence par la 3eme a
temp_ave=temp_ave./t_nb; figure(1);hold on;
m_proj('mercator','lat',[30 50],'lon',[130 155]);
m_pcolor(lon,lat,temp_ave); shading flat; m_gshhs_h('patch',[.7 .7 .7],'edgecolor','k');
m_grid('box','fancy','linestyle','--','gridcolor','none','backcolor','w','FontSize',15);
h=colorbar; set(get(h,'title'),'string','T(^oC)');colormap('jet'); caxis([0 30])
```

## Annexes Matlab

### Série temporelle du SSH moyenné

```
clear; close all;
load ('ssh_aveclim.mat'); gridfile='CROCO_FILES/croco_grd.nc';
vlevel=-15; coef=1; %%%dans la région KE
[lat,lon,mask]=read_latlonmask(gridfile,'r'); latn=lat(:,1); lonn=lon(1,:);
indexlat=find(latn>=32&latn<=37); indexlon=find(lonn>=141&lonn<=155);
ssh_ave=zeros(length(indexlat),length(indexlon)); ssh_mois=[]; ssh_anom=mask.*0;
t_nb=0; %%%compteur du calcul
for j= 3:10
for i= 1:12
hisfile=strcat('SCRATCH/croco_avg_Y',num2str(j),'M',num2str(i),'.nc'); nc=netcdf(hisfile);
for tindex=1:10
t_nb=t_nb+1;
zeta=squeeze(nc{'zeta'}(tindex,:,:,)); z1=zeta(indexlat,indexlon,1); ssh_ave=z1+ssh_ave;
end
moy=ssh_ave./t_nb; indexnan=find(~isnan(moy)); ssh_mois=[ssh_mois;mean(moy(indexnan))]; t_nb=0;
ssh_ave=zeros(length(indexlat),length(indexlon));
end %%%%i 3 jours par un pas
end %%%%j les nb du mois, on commence par la 3eme an
figure(1); plot(ssh_mois,'k-', 'linewidth',2);hold on;
mm=1:6:97;ss=['Jun']; plot(mm,ones(length(mm)).*mean(ssh_mois),'r--','linewidth',1);
set(gca,'xtick',mm,'xticklabel',{'1',ss,'2',ss,'3',ss,'4',ss,'5',ss,'6',ss,'7',ss,'8',ss,'9'});
xlabel('Année','FontSize',20); ylabel('SSH (m)','FontSize',20); legend('SSH','Moyenne');
```

## Annexes

### Matlab

### Série temporelle du SSH stddev

```
load ('ssh_aveclim.mat'); gridfile='CROCO_FILES/croco_grd.nc';
[lat,lon,mask]=read_latlonmask(gridfile,'r');
ssh_std=mask.*0; ssh_ave=mask.*0;ssh_avean=mask.*0;
ssh_anom=mask.*0;
S=mask.*0; %%%dans la statistique
t_nb=0; %%%compteur du calcul
for j= 3:10
for i= 1:12
hisfile=strcat('SCRATCH/croco_avg_Y',num2str(j),'M',num2str(i),'.nc');
nc=netcdf(hisfile);
for tindex=1:10
t_nb=t_nb+1;
zeta=squeeze(nc{'zeta'}(tindex,:,:,:)); z1=zeta(:,:,1);
ssh_ave=z1+ssh_ave; ssh_avean=z1+ssh_avean;
end %%%
end %%%i 3 jours par un pas
ssh_anom=(ssh_avean./t_nb)-ssh_aveclim;
S=ssh_anom.^2+S; %%%d'apres la formule de stddev
t_nb=0;ssh_avean=mask.*0;
end %%%j les nb du mois
ssh_stddev=sqrt(1/7.*S); %%%calcul du stddev
```