



HAL
open science

PPR SIMBAD: en quête d'une nouvelle méthodologie de représentation des échanges air-mer dans les modèles opérationnels globaux d'océan à haute-résolution

Florian Lemarié, Guillaume Samson, Jean-Luc Redelsperger, Gurvan Madec, Hervé Giordani, Romain Bourdallé-Badie, Yann Drillet

► To cite this version:

Florian Lemarié, Guillaume Samson, Jean-Luc Redelsperger, Gurvan Madec, Hervé Giordani, et al.. PPR SIMBAD: en quête d'une nouvelle méthodologie de représentation des échanges air-mer dans les modèles opérationnels globaux d'océan à haute-résolution. Colloque de Bilan et de Prospective du programme LEFE, Mar 2018, Clermont-Ferrand, France. hal-01947683

HAL Id: hal-01947683

<https://inria.hal.science/hal-01947683>

Submitted on 7 Dec 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



PPR SIMBAD: en quête d'une nouvelle méthodologie de représentation des échanges air-mer dans les modèles opérationnels globaux d'océan à haute-résolution

F. Lemarié¹, G. Samson², J.-L. Redelsperger³, G. Madec⁴, H. Giordani⁵,
R. Bourdallé-Badie², Y. Drillet²

¹ Inria (Equipe Airsea), Laboratoire Jean Kuntzmann, Grenoble, France

² Mercator Océan, Toulouse, France

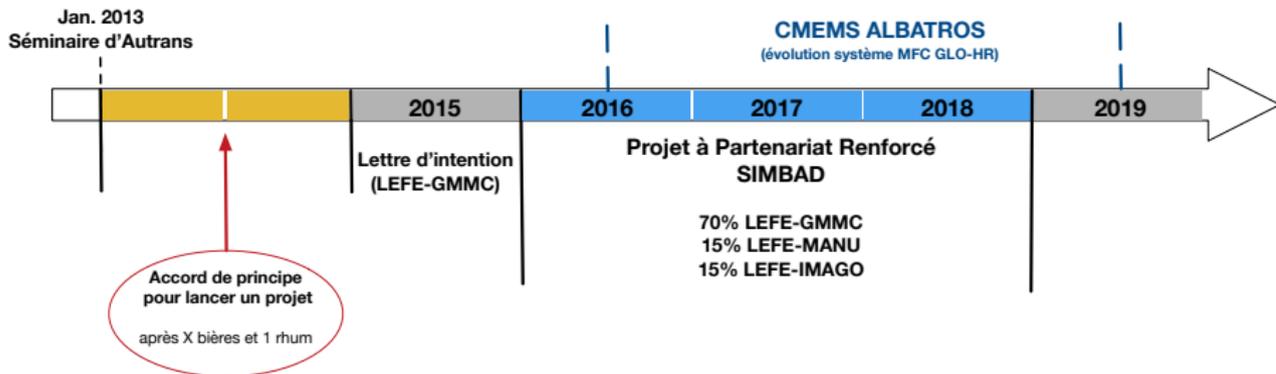
³ Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, Brest, France

⁴ Sorbonne Universités-CNRS-IRD-MNHN, LOCEAN Laboratory, Paris, France

⁵ Météo-France, Toulouse, France

Contexte général

Prospective de l'océanographie opérationnelle (Oct. 2013)



- Recommandation spécifique :

Amélioration du couplage vent/vagues/courant, du couplage de la couche de mélange océanique avec la couche limite atmosphérique marine

Motivations en terme de physique des interactions air-mer

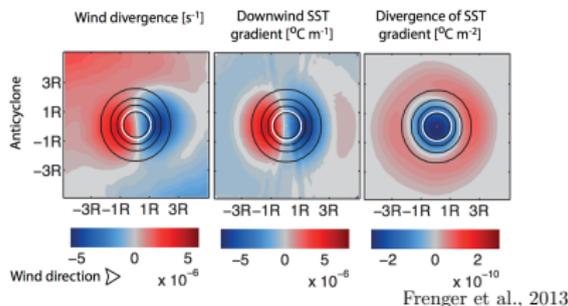
Couplage vent-SST (thermal coupling)

1. Modulation de la turbulence de couche limite (e.g. Chelton, 2013; Frenger et al., 2013)

$$\begin{cases} \nabla \times \boldsymbol{\tau} = c_1 \nabla \text{SST} \times \hat{\boldsymbol{\tau}} \\ \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} = c_2 \nabla \text{SST} \cdot \hat{\boldsymbol{\tau}} \end{cases}$$

2. Ajustement du gradient de pression (e.g. Minobe 2008; Lambaerts et al. 2013)

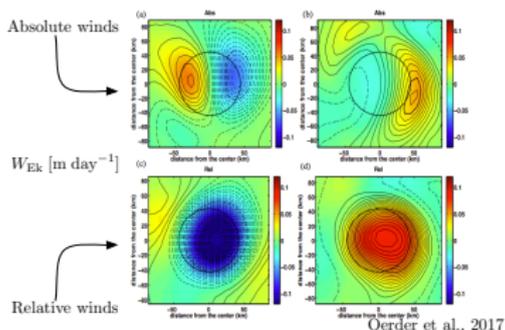
$$\nabla \cdot \boldsymbol{\tau} \propto -\|\nabla^2 \text{SST}\|$$



Couplage vent-courants (dynamical coupling)

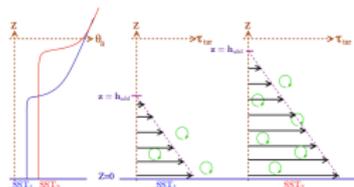
$$\boldsymbol{\tau} = \rho_a C_D \|\mathbf{u}_a - \mathbf{u}_o\| (\mathbf{u}_a - \mathbf{u}_o)$$

- Réduit fortement l'activité méso-échelle ("eddy damping") (e.g. Renault et al., 2016)
- Augmente fortement les anomalies de vitesses verticales associées aux tourbillons (e.g. Oerder et al., 2017)



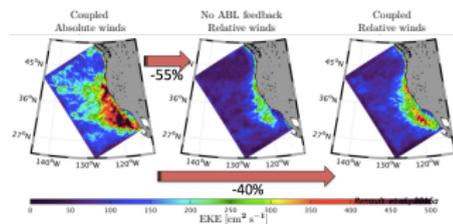
Interactions air-mer à la meso-échelle océanique

- Activité importante de la communauté française sur ces sujets (e.g. ANR Pulsation, ASIV; LEFE NEMPECH; Expérience POMME; etc)



Modulation de la turbulence
(*Downward mixing*)
(Source: [Oerder, 2016](#))

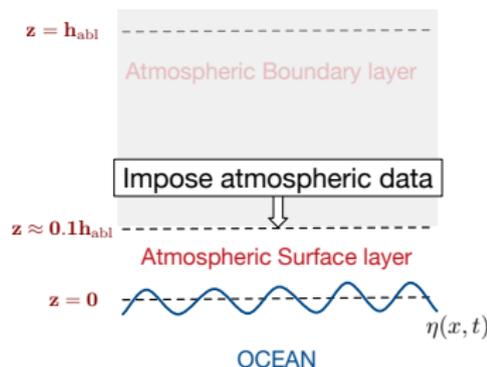
Couplage vents-courants
(Source: [Renault et al., 2016](#))



- ▷ La bonne représentation de ces interactions nécessite une CLA interactive
- ▷ La résolution atmosphérique doit être "eddy-resolving" (i.e. $\Delta x_{oce} \approx \Delta x_{atm}$)
- ▷ CLA interactive nécessaire pour une intégration cohérente des vagues

Objectif

Trouver une méthodologie alternative (entre forçage bulk et couplage complet) pour "forcer" un modèle opérationnel global "eddying"



Approche proposée : *downscaling* dynamique des données atmosphériques à la résolution océanique via un modèle de CLA simplifié (appelé SIMBAD) "guidé" par des prévisions ou des réanalyses (e.g. ERAi, IFS)

Difficultés du couplage "complet"

- Coût de calcul lorsque $\Delta x_{oce} \approx \Delta x_{atm}$
- Définir un "bon" jeu de paramétrisations
- Problèmes d'initialisation

Différentes étapes du projet (1/3)

1. Définition d'une version simple-colonne (SIMBAD1d)

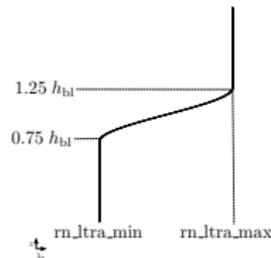
Intégration des vents \mathbf{u} , température potentielle θ et humidité spécifique q

$$\begin{cases} \partial_t \mathbf{u} &= f \mathbf{k} \times \mathbf{u} + \partial_z (\mathbf{K}_m \partial_z \mathbf{u}) - \left(\frac{1}{\rho} \nabla p \right)_{LS} \\ \partial_t \theta &= \partial_z (\mathbf{K}_s \partial_z \theta) + \lambda_s (\mathcal{S}(\theta) - \theta_{LS}) \\ \partial_t q &= \partial_z (\mathbf{K}_s \partial_z q) + \lambda_s (\mathcal{S}(q) - q_{LS}) \end{cases}$$

Termes bleus spécifiés par données grande échelle

Termes rouges donnés par les fermetures turbulentes

- ▷ **Forçage radiatif** conservé tel quel
- ▷ **Conditions de surface** pour $K_m \partial_z \mathbf{u}|_{z=0}$, $K_s \partial_z \theta|_{z=0}$, $K_s \partial_z q|_{z=0}$ via formulation bulk "classique"
- ▷ **Temps de relaxation** dépend de la hauteur de CLA



Différentes étapes du projet (2/3)

2. Schéma de fermeture turbulente : Schéma TKE de Cuxart et al. (2000)

- ▷ utilisé en opérationnel chez Météo-France (e.g. dans Arome, Meso-NH)
- ▷ recodé *from scratch* pour plus de flexibilité et de performance

3. Développement d'outils de preprocessing pour le forçage grande échelle

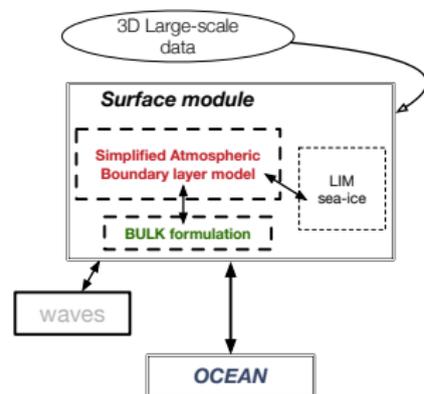
4. Implémentation dans le NEMO surface module

- Option pour intégrer NEMO & SAS sur \neq noeuds
- Mode *standalone*

Coût de calcul (50 niveaux verticaux dans la CLA)

- + 12% en place mémoire
- + 7 - 12 % en elapsed time (en fonction des options)

	GLS	mode ext.	Simbad1d	I/O
Mode bulk	19.44%	11.3%	-	0.34%
Mode CLA	18.06%	10.5%	6.3%	0.64%



Différentes étapes du projet (3/3)

5. Simbad 3d comme une correction fine échelle d'un AGCM

Contraintes : filtrage des ondes sonores & pas de solveurs globaux

Equations primitives hydrostatiques
2D "sèches"

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Du}{Dt} + c_p \theta \partial_x \pi = P_u \\ c_p \theta \partial_z \pi = -g \\ \partial_t \rho + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \\ \frac{D\theta}{Dt} = P_\theta \\ \rho = \frac{p_0}{R\theta} \pi^{\frac{c_p - R}{R}} \end{array} \right.$$

Hypothèses

On définit un état de référence $(\tilde{\pi}(x, y, z, t), \tilde{\rho}(x, y, z, t), \tilde{\theta}(x, y, z, t))$ en équilibre hydrostatique tel que $|\delta\rho| \ll |\tilde{\rho}|$ (idem pour π et θ).

+ on néglige les effets de compressibilité pour les perturbations

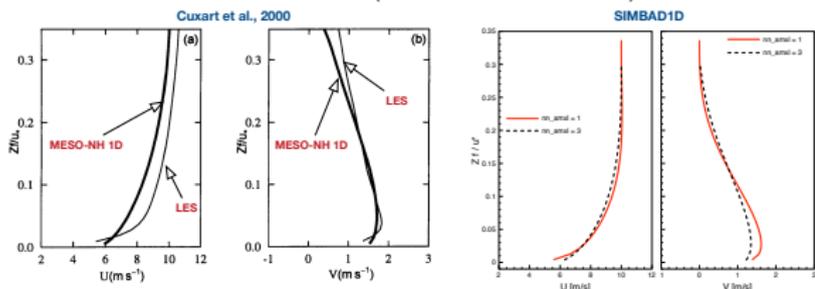
(e.g. Konor, 2013; Durran, 2008).

⇒ à vérifier que le système approché conserve bien une énergie

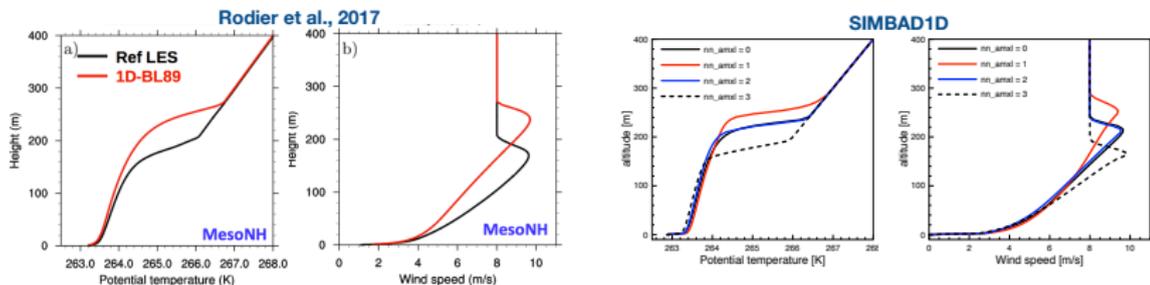
Stratégie de validation (1/2)

1. Cas-tests standardisés de la communauté CLA (e.g. initiative GABLS)

→ Couche d'Ekman turbulente à 45°N (Cuxart et al., 2000)

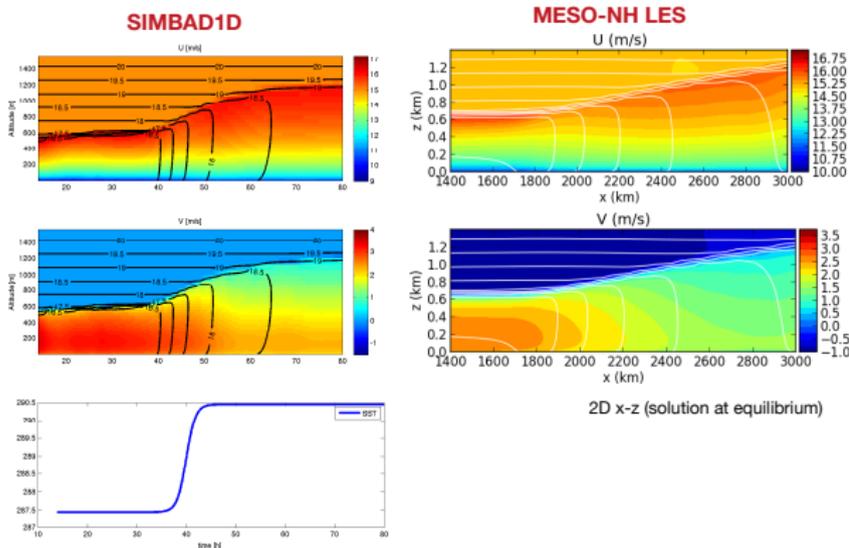


→ Couche limite stable (situation typique des zones glacées; GABLS1)



Stratégie de validation (2/2)

2. Vents au dessus d'un front de SST (Kilpatrick et al., 2014)



3. Couplage NEMO1D / SIMBAD1D à la station PAPA (50.1°N, 144.9°W)

→ MSc de Théo Brivoal

- Conception de cas-test standardisés simple-colonne couplés (ANR COCOA)

Travaux en cours

- **R. & D.**

- Accroissement de complexité → Simbad3d
(ajout de termes d'advection et d'un gradient de pression fine échelle)
- Gestion des multi-surfaces
- Initialisation du syst. couplé NEMO/SIMBAD
 - LEFE CASIS (PI: A. Vidard, Inria)
 - Thèse R. Pellerej (approche variationnelle)
- XIOS pour la lecture

- **Stratégie de validation**

- Simulations globales *standalone* de Simbad1d rappelé vers ERAi & comparaison avec flux ERAi + sensibilité à la résolution des données océaniques
- Simulation réaliste en Atlantique Nors-Est ($1/12^0$) & comparaison avec un couplé MESONH/NEMO (PhD T. Brivoal)