

Sea²Cloud

Impact de la biologie marine sur les flux d'embruns dans WRF-Chem

C. Rose¹, S. Banson¹, A. Lupascu², C. Planche¹, K. Sellegri¹ et al.

¹ LaMP

² IASS Potsdam

AMA 2022, Toulouse

Contexte / motivations



- Océans \approx 70% de la surface du globe, **source importante d'aérosols naturels**;
→ **rôle climatique** via l'impact sur la **formation** et les **propriétés** des **nuages marins**
- Particules issues de processus de conversion gaz/particule (secondaires) ou bien **émises sous forme d'embruns (primaires)**;
- **Ecart importants (plusieurs ordres de grandeur!)** sur les **flux d'embruns marins** calculés à partir des différentes paramétrisations disponibles dans la littérature (de Leeuw et al., 2011);



Contexte / motivations

- Océans \approx 70% de la surface du globe, **source importante d'aérosols naturels**;
→ **rôle climatique** via l'impact sur la **formation** et les **propriétés** des **nuages marins**
- Particules issues de processus de conversion gaz/particule (secondaires) ou bien **émises sous forme d'embruns (primaires) (= sea spray aerosol, SSA)**;
- **Ecart importants (plusieurs ordres de grandeur!)** sur les **flux d'embruns marins** calculés à partir des différentes paramétrisations disponibles dans la littérature (de Leeuw et al., 2011);

→ **Il est important de mieux comprendre / caractériser les processus d'émission!**

→ **Ce d'autant plus pour des régions comme le Pacifique Sud, où les particules primaires semblent être la source principale de noyaux de condensation nuageuse (CCN)** (Merikanto et al., 2009; Gordon et al., 2017; Fossum et al., 2018)



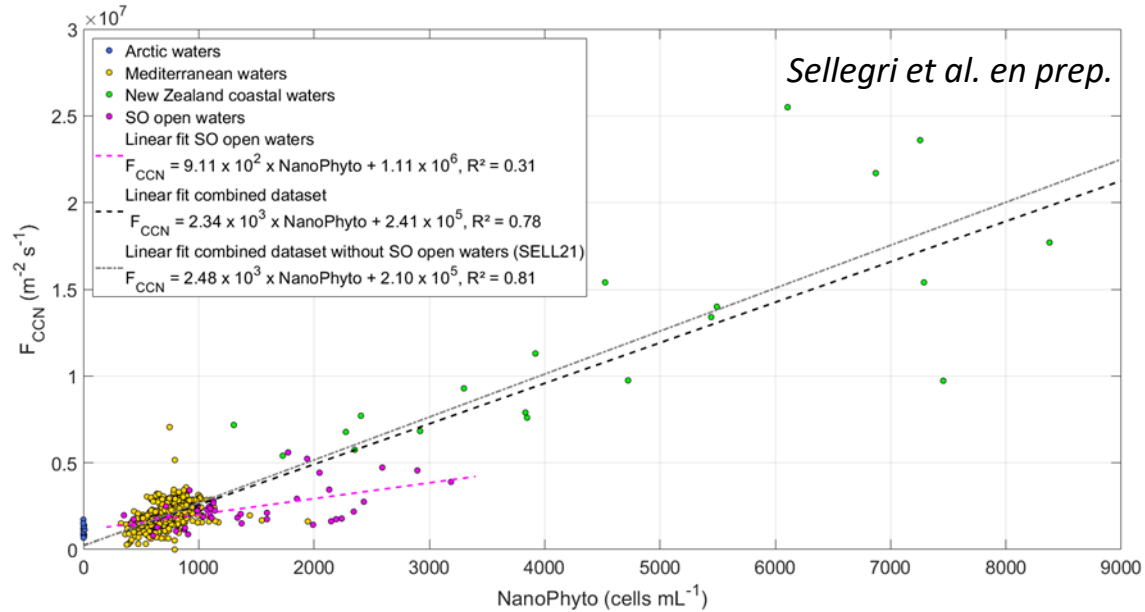
Contexte / motivations

→ Sellegri et al. (2021), Sellegri et al. *en prep.*: lien entre les flux de CCN (> 100 nm) marins primaires et l'abondance de nano phytoplancton



Tangaroa Pacifique Sud 2020

Sellegri et al., en révision pour BAMS

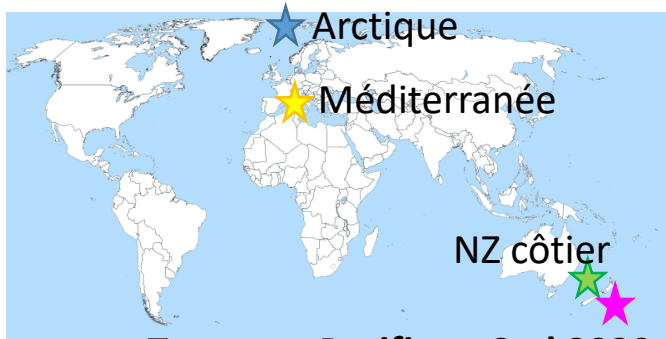


$$F_{SSA>100 \text{ nm}} = F_{SSA_inorg>100 \text{ nm}} (1 + 9.7 \cdot 10^{-3} \times \text{NanoPhyto})$$



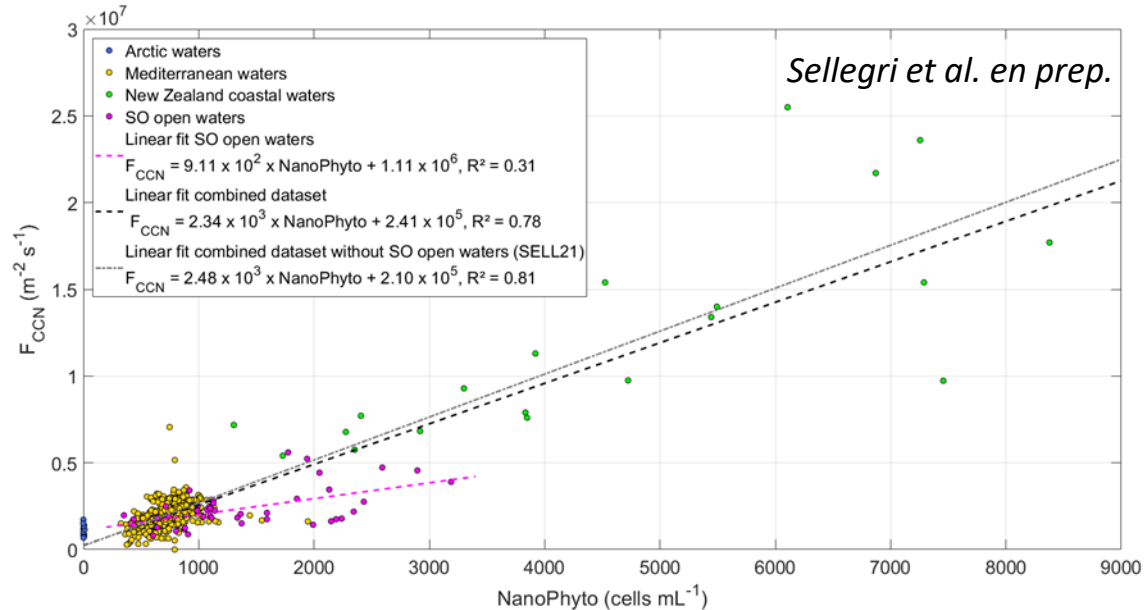
Contexte / motivations

→ Sellegri et al. (2021), Sellegri et al. *en prep.*: lien entre les flux de CCN (> 100 nm) marins primaires et l'abondance de nano phytoplancton

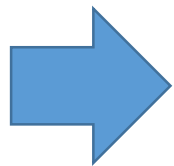


Tangaroa Pacifique Sud 2020

Sellegri et al., en révision pour BAMS



$$F_{SSA>100 \text{ nm}} = F_{SSA_inorg>100 \text{ nm}} (1 + 9.7 \cdot 10^{-3} \times \text{NanoPhyto})$$



Comment la prise en compte de la biologie marine modifie les flux d'embruns dans WRF-Chem?



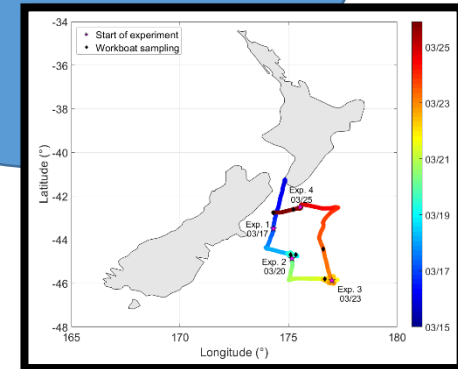
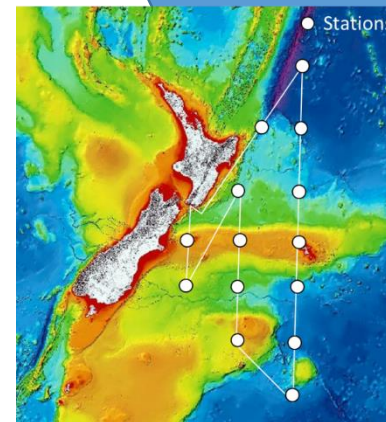
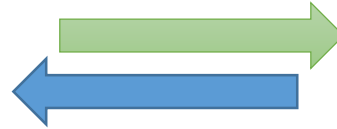
Modèle

Implémentation de la nouvelle paramétrisation du flux d'embruns marins dans WRF-Chem

Mesures

Cas d'étude: campagne Tangaroa 2020

- Distribution en taille des particules;
- Paramètres météo bateau + radiosondages;
- Abondance en nano phytoplancton;





Implémentation de la nouvelle paramétrisation dans WRF-Chem (module MOSAIC)

$$F_{SSA>100 \text{ nm}} = F_{SSA_inorg>100 \text{ nm}} (1 + 9.7 \cdot 10^{-3} \times \text{NanoPhyto})$$

F_{SSA_inorg}

=

Flux d'embruns qui ne prend pas en compte l'impact de la biologie, **calculé « par défaut » dans le modèle** (Gong et al., 1997; Fuentes et al., 2010)



Implémentation de la nouvelle paramétrisation dans WRF-Chem (module MOSAIC)

$$F_{SSA>100\text{ nm}} = F_{SSA_inorg>100\text{ nm}} (1 + 9.7 \cdot 10^{-3} \times \text{NanoPhyto})$$

F_{SSA_inorg}

=

Flux d'embruns qui ne prend pas en compte l'impact de la biologie, **calculé « par défaut » dans le modèle** (Gong et al., 1997; Fuentes et al., 2010)



Modification apportée à la paramétrisation de la **surface de moutonnement W**

$$F_{SSA} = F(W)$$

et $W = 3.84 \times 10^{-6} \times U_{10}^{3.41}$ d'après Monahan and O'Muircheartaigh (1980)



andrej67/iStock/Getty Images



Implémentation de la nouvelle paramétrisation dans WRF-Chem (module MOSAIC)

$$F_{SSA>100\text{ nm}} = F_{SSA_inorg>100\text{ nm}} (1 + 9.7 \cdot 10^{-3} \times \text{NanoPhyto})$$

F_{SSA_inorg}

= Flux d'embruns qui ne prend pas en compte l'impact de la biologie, **calculé « par défaut » dans le modèle** (Gong et al., 1997; Fuentes et al., 2010)



Modification apportée à la paramétrisation de la **surface de moutonnement W**

$$F_{SSA} = F(W)$$

et $W = 3.84 \times 10^{-6} \times U_{10}^{3.41}$ d'après Monahan and O'Muircheartaigh (1980)



andrej67/iStock/Getty Images

MAIS Incapacité de la fonction puissance à reproduire le fait que l'on n'observe le phénomène de moutonnement que pour des vents $> 3-4 \text{ ms}^{-1}$.

DONC Implémentation d'une **nouvelle expression pour W** (Hartery et al., 2020):

$$W = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{a}{\sqrt{U_{10}}}\right)$$

- Permet de bien décrire la dépendance de W à U_{10} pour une base de données large;
- **Coefficient a (6.5) spécifique pour le Pacifique Sud**
 - + N'induit que **peu ou pas de surestimation de l'effet de la biologie sur les flux de SSA.**



Implémentation de la nouvelle paramétrisation dans WRF-Chem (module MOSAIC)

$$F_{SSA>100 \text{ nm}} = F_{SSA_inorg>100 \text{ nm}} (1 + 9.7 \cdot 10^{-3} \times \text{NanoPhyto})$$

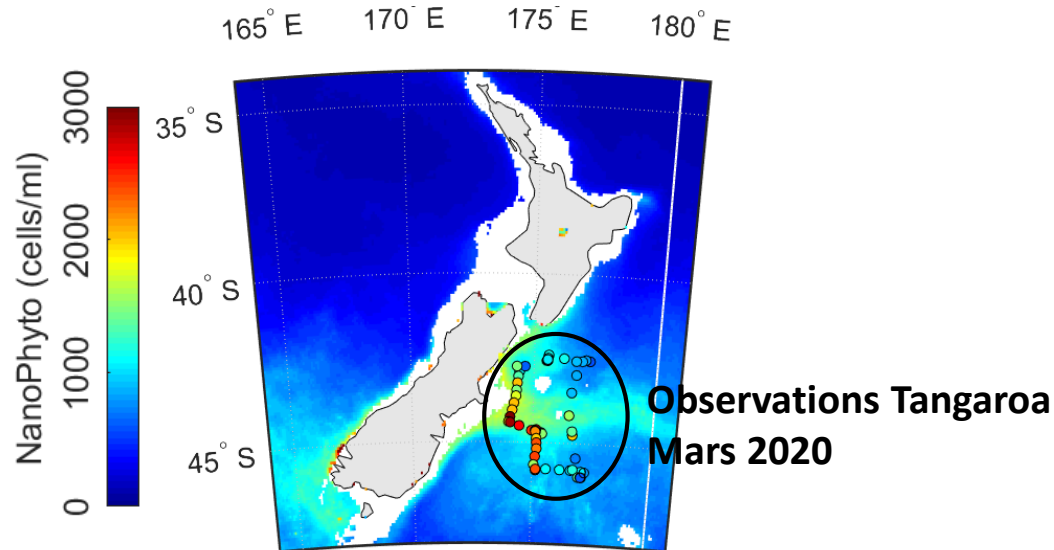
- Estimations à partir de **produits satellite** (Chlorophylle-a MODIS) de la **concentration de surface en nanophytoplancton** (Uitz et al., 2006) ;
- Moyenne pour le mois de mars (calculée sur la période 2007-2017).



Implémentation de la nouvelle paramétrisation dans WRF-Chem (module MOSAIC)

$$F_{SSA>100\text{ nm}} = F_{SSA_inorg>100\text{ nm}}(1 + 9.7 \cdot 10^{-3} \times \text{NanoPhyto})$$

- Estimations à partir de **produits satellite** (Chlorophylle-a MODIS) de la **concentration de surface en nanophytoplancton** (Uitz et al., 2006) ;
- Moyenne pour le mois de mars (calculée sur la période 2007-2017).

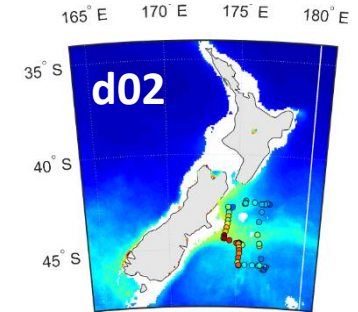


- **Variabilités spatiales** satellite / observations **cohérentes**;
- Les **observations** sont majoritairement **supérieures** aux estimations satellite (**écart particulièrement important les 18 et 19/03**).



Configuration du modèle / des simulations

- **WRF-Chem** version 3.8.1
- 2 domaines imbriqués (résolution horizontale 9km pour d02);
- Conditions météo: reanalyses ERA-5 de ECMWF, forçage toutes les 6 heures);
- Pas d'émissions anthropiques / biogéniques.

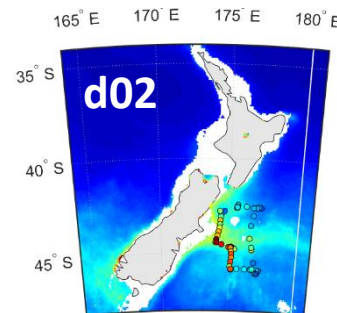


Process / Variable	Option in WRF-Chem	Reference
Microphysics	Morrison double-moment scheme	Morrison et al., 2009
Cumulus parameterization	Kain-Fritsch → New Grell scheme (G3)	Kain, 2004
Boundary layer parameterization	YSU scheme	Hu et al., 2013 , Hong et al., 2006
Surface layer scheme	Monin-Obukhov	Jimenez et al., 2012
Gas-phase chemistry mechanism	SAPRC-99	Carter, 2000
Aerosol module	MOSAIC (8 bins, 39 nm – 10 μm)	Zaveri et al., 2008



Configuration du modèle / des simulations

- **WRF-Chem** version 3.8.1
- 2 domaines imbriqués (résolution horizontale 9km pour d02);
- Conditions météo: reanalyses ERA-5 de ECMWF, forçage toutes les 6 heures;
- Pas d'émissions anthropiques / biogéniques.



Process / Variable	Option in WRF-Chem	Reference
Microphysics	Morrison double-moment scheme	Morrison et al., 2009
Cumulus parameterization	Kain-Fritsch → New Grell scheme (G3)	Kain, 2004
Boundary layer parameterization	YSU scheme	Hu et al., 2013 , Hong et al., 2006
Surface layer scheme	Monin-Obukhov	Jimenez et al., 2012
Gas-phase chemistry mechanism	SAPRC-99	Carter, 2000
Aerosol module	MOSAIC (8 bins, 39 nm – 10 μm)	Zaveri et al., 2008

Simulation Ref.

Paramétrisations du flux d'embruns disponibles par défaut dans MOSAIC (Gong et al., 1997; Fuentes et al., 2010) avec **W** modifié

Flux de SSA inorganiques:

$$F_{SSA_inorg}$$

Simulations test

Nouvelle paramétrisation qui dépend de F_{SSA_inorg} et de l'abondance en nanophytoplancton (NanoPhyto)

Flux total de SSA (i.e. inorg + org):

$$F_{SSA} = F_{SSA_inorg} (1 + 9.7 \cdot 10^{-3} \times \text{NanoPhyto})$$



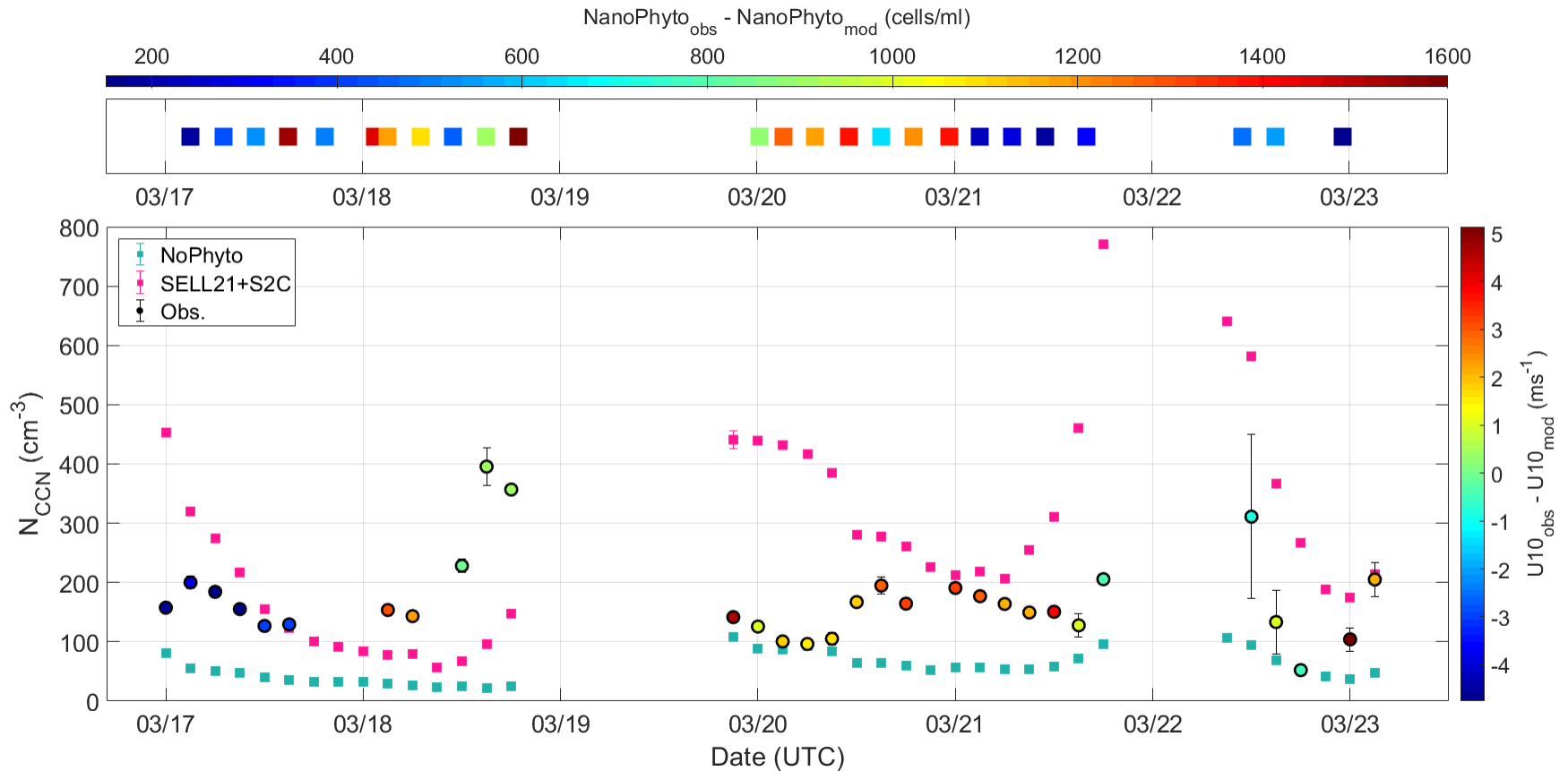
Avec ou sans chimie aqueuse
Sensibilité au schéma de couche limite



Résultats préliminaires

Focus sur les masses d'air marines

Impact de la concentration en nanophytoplancton et de U_{10} sur les concentrations simulées



Travaux en cours / à venir:

- Impact des interactions aérosol/nuage et du dépôt humide (activation du module de chimie aqueuse)
- *Impact du schéma de couche limite utilisé?*

Sea²Cloud

Merci!



Résultats préliminaires

Focus sur les masses d'air marines

