

# Interactions vagues-banquise en zones polaires

**Guillaume Boutin**

Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, CNRS/Ifremer/UBO/IRD, Brest

**Soutenance de thèse du 19 Octobre 2018**



Directeur de thèse :

**Fabrice Ardhuin**

Co-encadrement :

**Fanny Girard-Ardhuin**



## Plan de la présentation

### **I) Introduction**

- 1) Présentation du sujet : définitions et contexte
- 2) Interactions vagues-banquise
- 3) Modèles existants

### **II) Intégration des interactions vagues-banquise dans un modèle de vagues**

- 1) Principe
- 2) Résultats obtenus avec des configurations simplifiées
- 3) Evaluation du modèle dans des cas réalistes

### **III) Couplage avec un modèle de glace**

- 1) Introduction aux modèles de glace
- 2) Principe du couplage
- 3) Résultats obtenus sur une configuration réaliste au  $\frac{1}{4}$  de degré

### **IV) Conclusion**

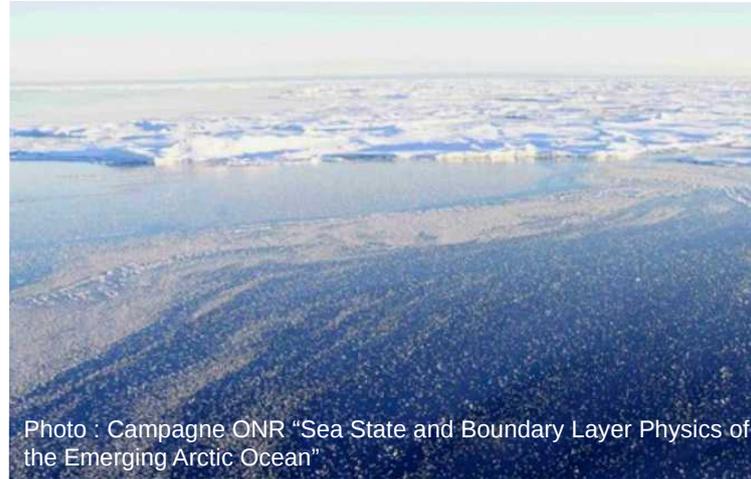
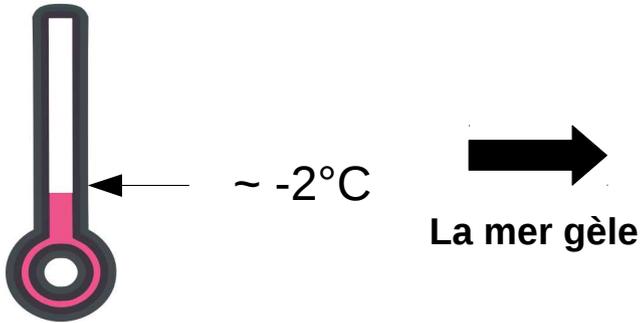
- 1) Bilan
- 2) Perspectives

**PARTIE I**

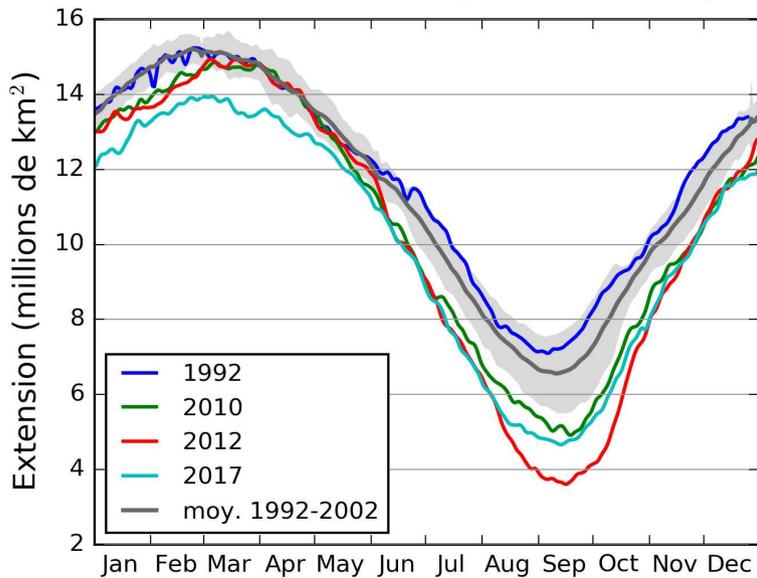
# **Introduction**



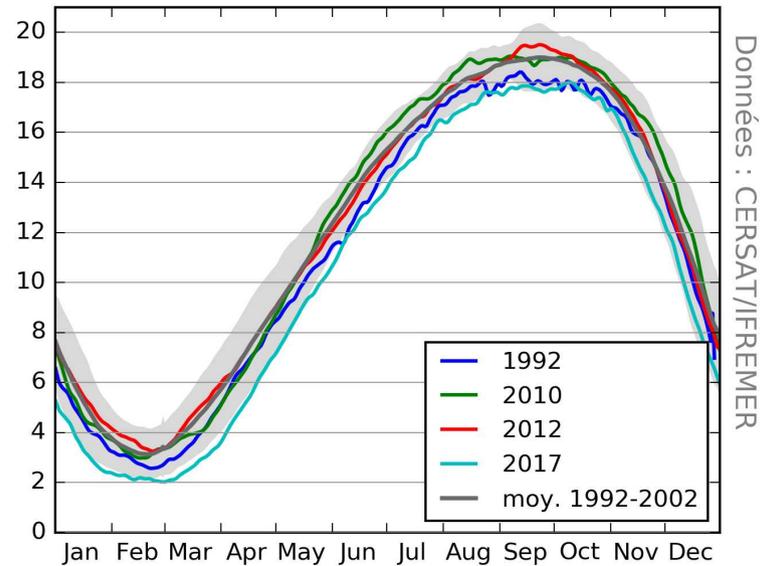
# Définitions : La banquise



Extension de la banquise en Arctique



Extension de la banquise en Antarctique



## I. Introduction

1. **Présentation**
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

# Définitions : Les vagues

## I. Introduction

1. **Présentation**
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

# Définitions : La Zone Marginale de Glace

(ZMG ou MIZ en abrégé)

## I. Introduction

1. **Présentation**
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

# Contexte

## I. Introduction

1. **Présentation**
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

# Contexte

## I. Introduction

1. **Présentation**
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

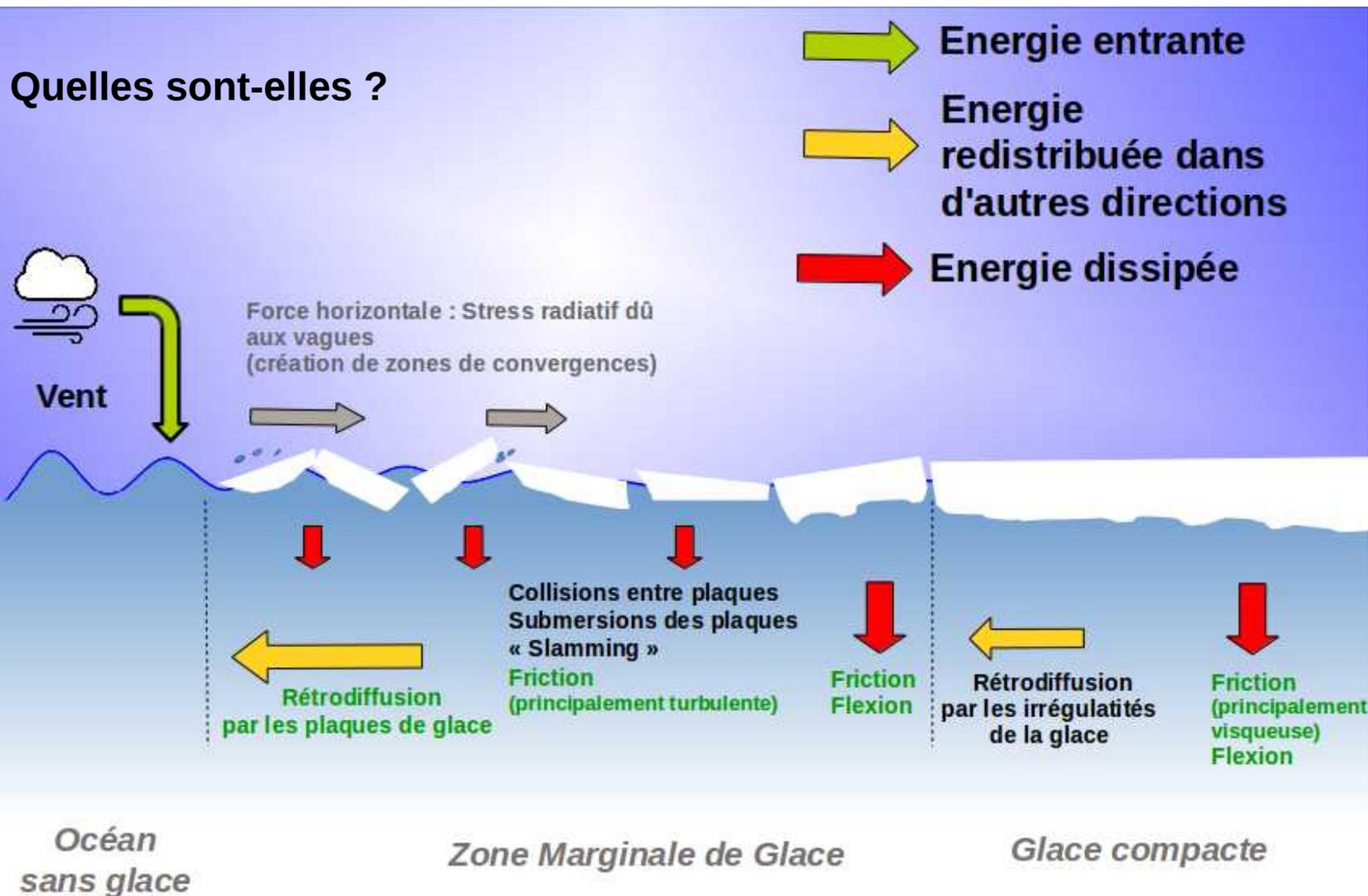
1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

# Les interactions vagues-banquise

Quelles sont-elles ?



## I. Introduction

1. Présentation
2. **Interactions v-b**
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

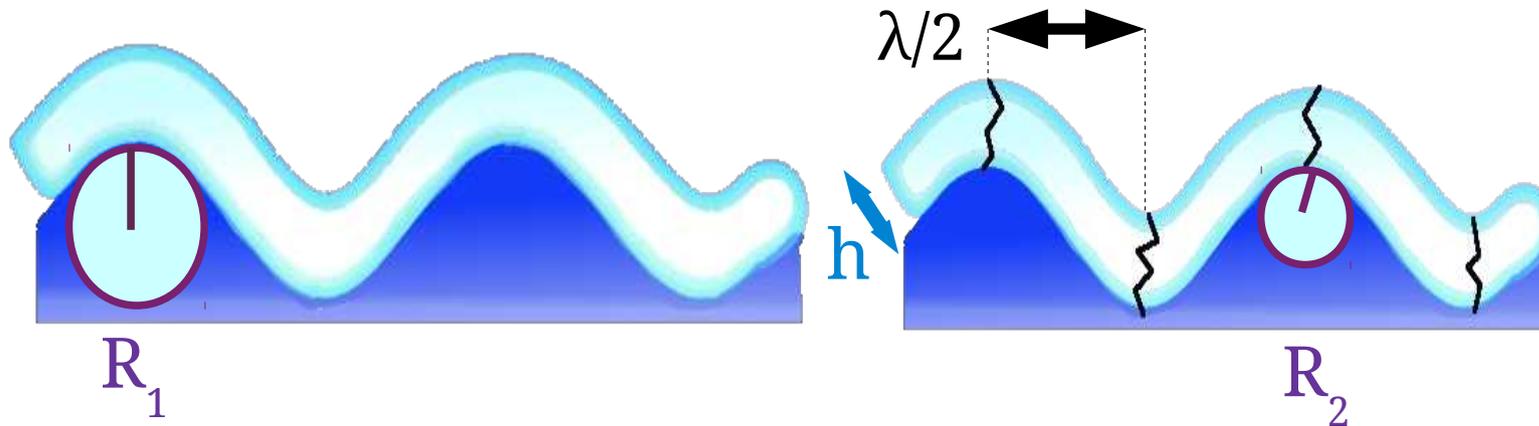
1. Bilan
2. Perspectives

PARTIE II

# Intégration des interactions vagues-banquise dans un modèle de vagues

# Casse de la glace et distribution de la taille de plaques

(Totoya et al. , 2011 ; Dumont et al., 2011)



$\varepsilon_c$ : seuil critique de déformation

$$h^2/(4R_1^2) < \varepsilon_c < h^2/(4R_2^2)$$

De manière statistique (variance locale, à la manière de ce qui est fait pour le déferlement)

## I. Introduction

1. Présentation
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

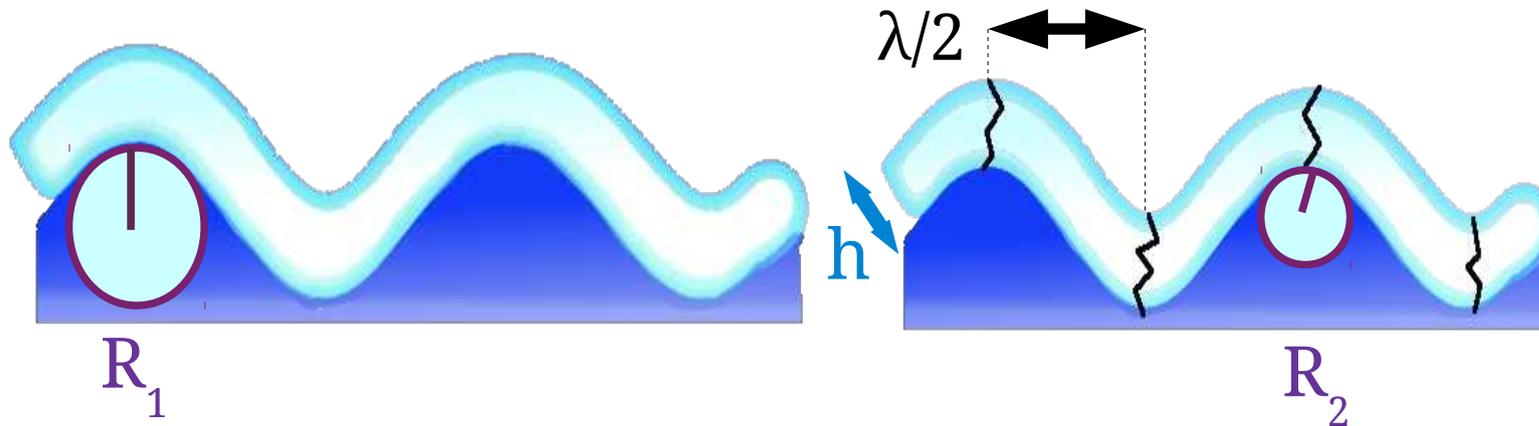
1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

# Casse de la glace et distribution de la taille de plaques

(Totoya et al. , 2011 ; Dumont et al., 2011)



$\varepsilon_c$  : seuil critique de déformation

$$h^2/(4R_1^2) < \varepsilon_c < h^2/(4R_2^2)$$

De manière statistique (variance locale, à la manière de ce qui est fait pour le déferlement)

## I. Introduction

1. Présentation
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

# Validation du modèle : Mer de Barents 2010

(Boutin et al., 2018)

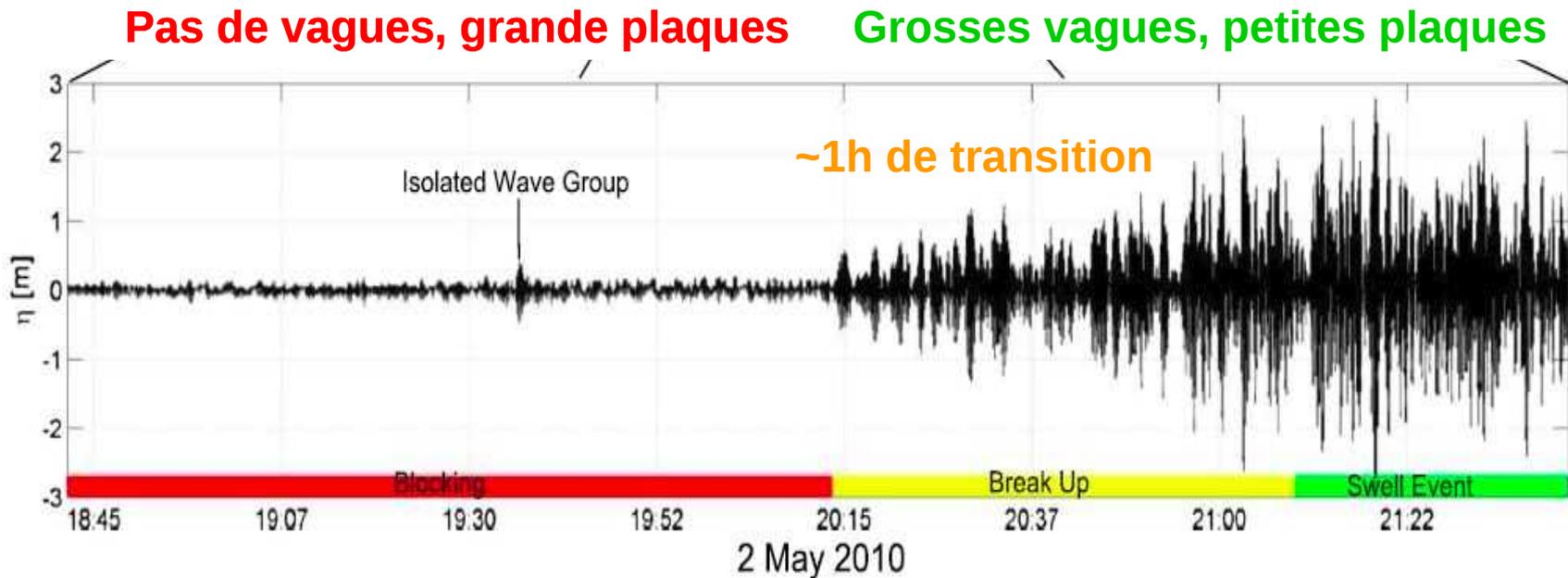
Campagne de mesures à bord du R/V Lance

+

Mesure de  $H_s$  par le navire lors d'un évènement de casse

+

Tempête 2-3 Mai 2010 ( $H_s \sim 5$  m,  $T_p \sim 11$  s)



Mesures et figure : Collins et al. 2015

## I. Introduction

1. Présentation
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

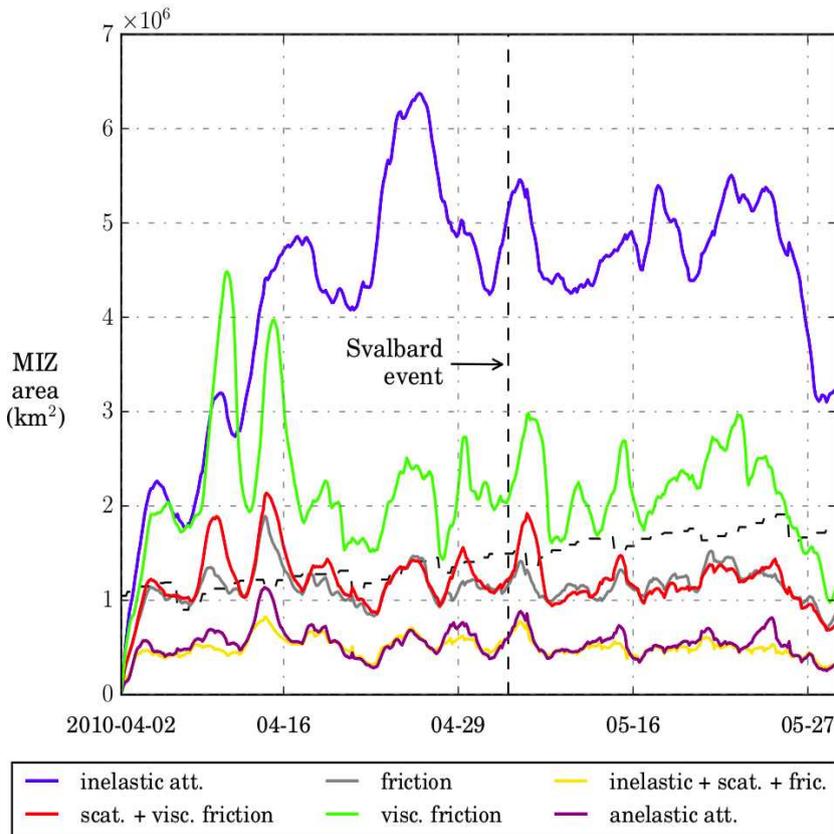
1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

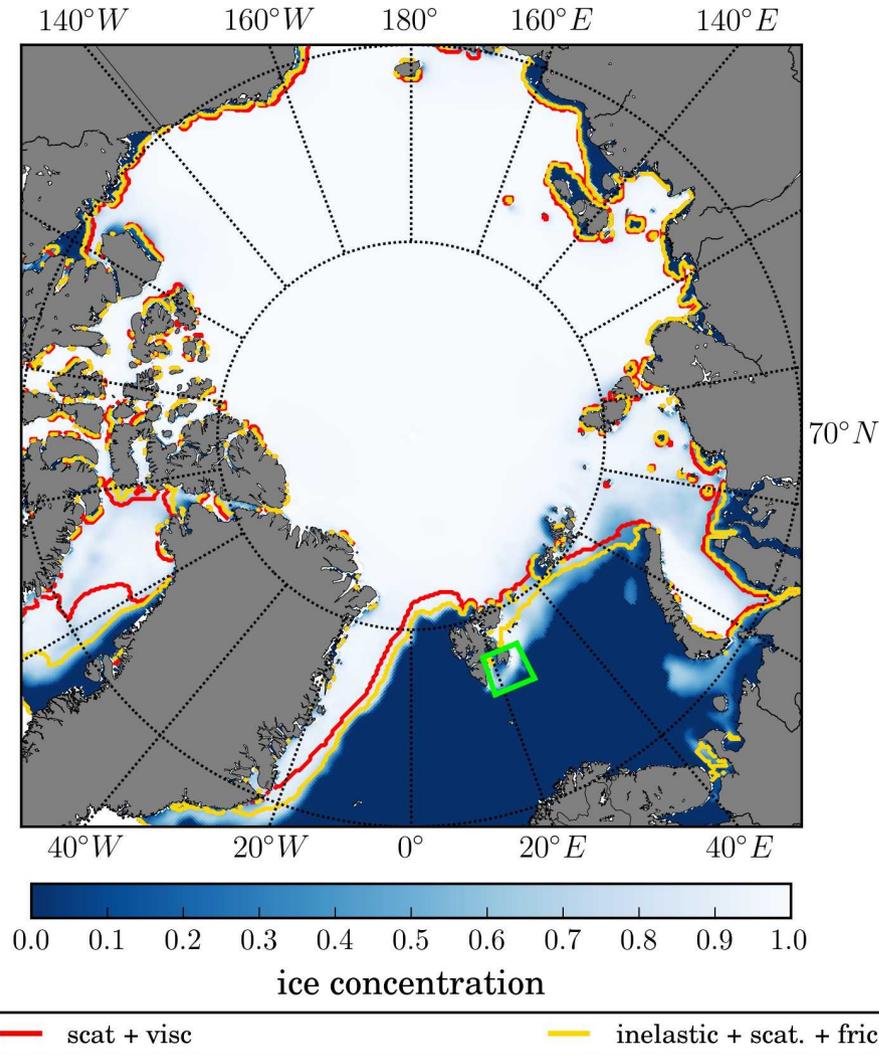
# Validation du modèle : Mer de Barents 2010

(Boutin et al., 2018)



**1. Nécessité d'inclure la friction dans notre modèle**

**2. MIZ entre O(10 km) et O(100 km) selon les conditions → Ok**



## I. Introduction

1. Présentation
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

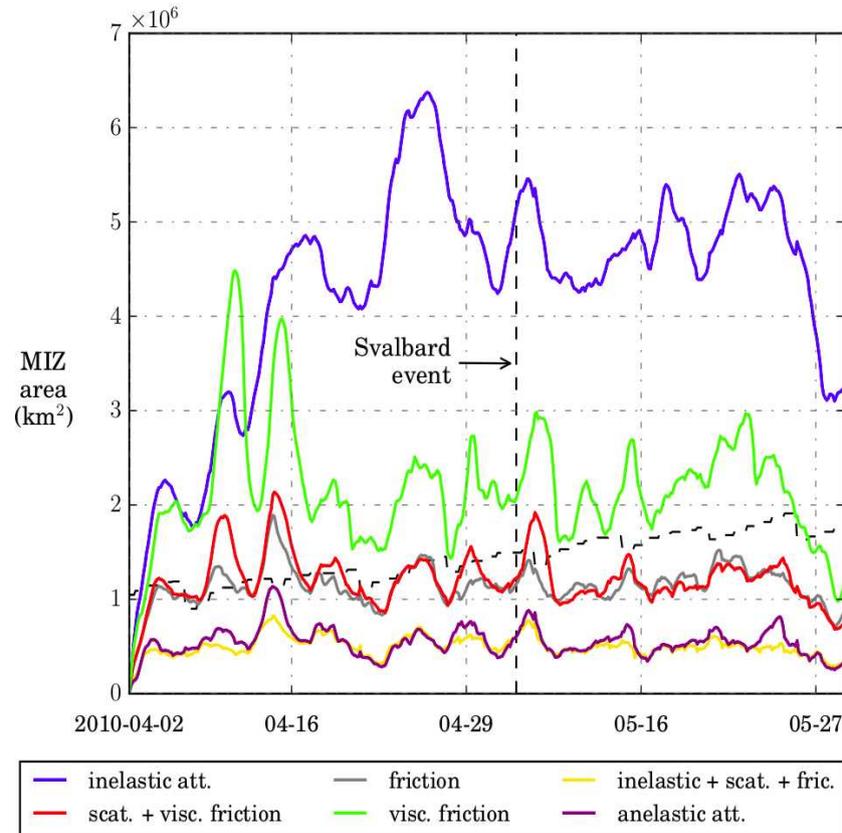
1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

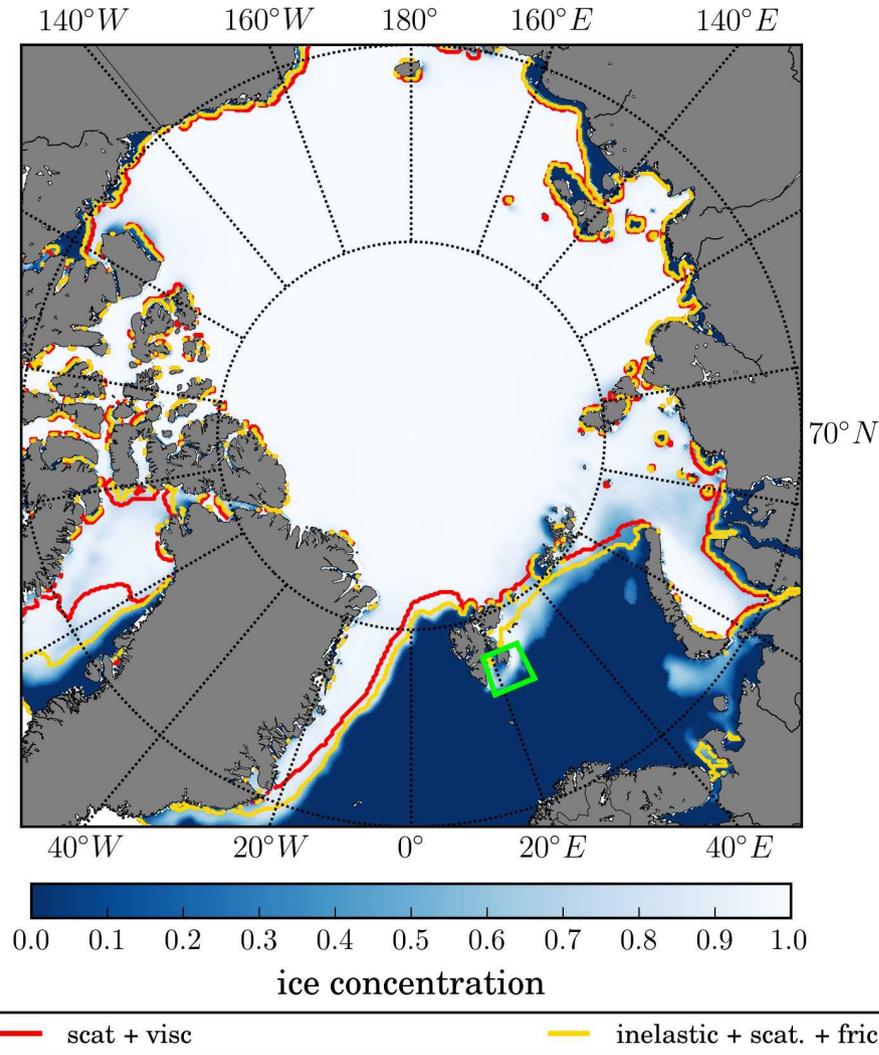
# Validation du modèle : Mer de Barents 2010

(Boutin et al., 2018)



**1. Nécessité d'inclure la friction dans notre modèle**

**2. MIZ entre O(10 km) et O(100 km) selon les conditions → Ok**



- I. Introduction
  - 1. Présentation
  - 2. Interactions v-b
  - 3. Modèles existants
- II. Interaction v-b dans un modèle de vagues
  - 1. Principe
  - 2. Résultats
  - 3. Cas réalistes
- III. Couplage avec un modèle de glace
  - 1. Modèles de glace
  - 2. Principe
  - 3. Résultats
- IV. Conclusion
  - 1. Bilan
  - 2. Perspectives

# Validation du modèle : Mer de Beaufort 2015

(Ardhuin F., Boutin G., et al. , 2018)

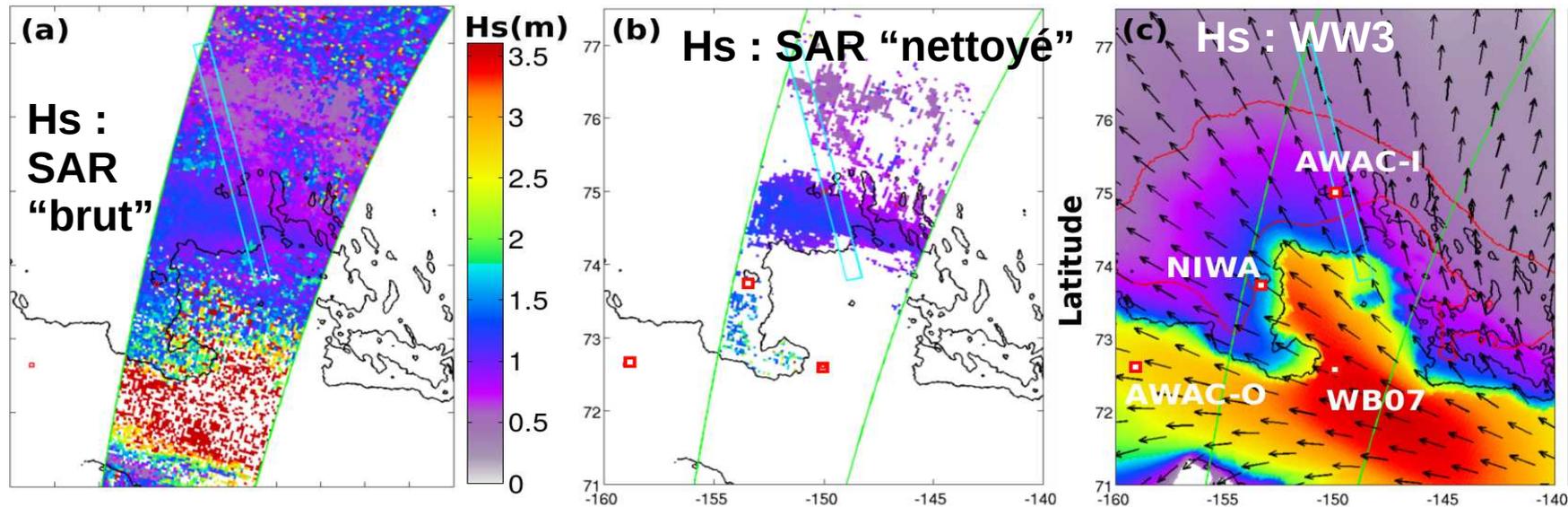
Campagne de mesures à bord du R/V Sikuliaq

+

Trace Sentinel 1-A (SAR)

+

Tempête 12-14 Octobre 2015 ( $H_s \sim 4$  m,  $T_p \sim 10.5$  s)



Hs déduit d'images SAR (Stopa et al., 2018) + Bouées de mesure

## I. Introduction

1. Présentation
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

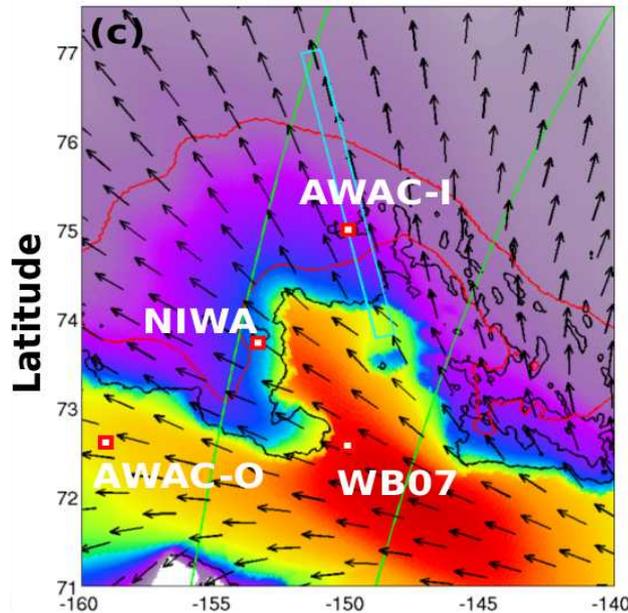
1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

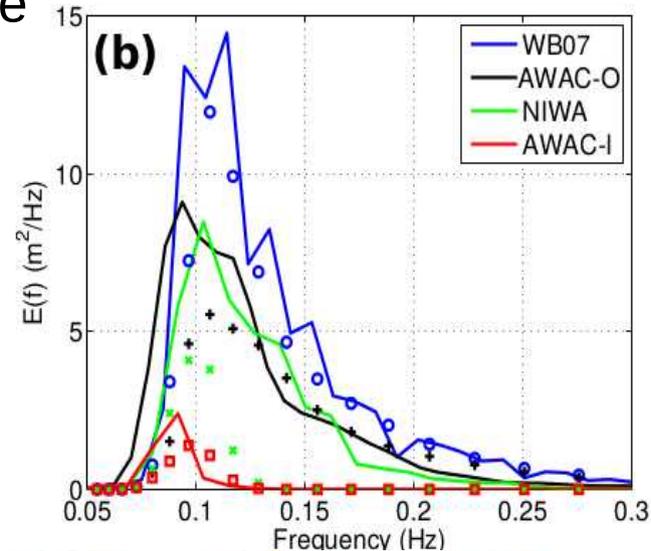
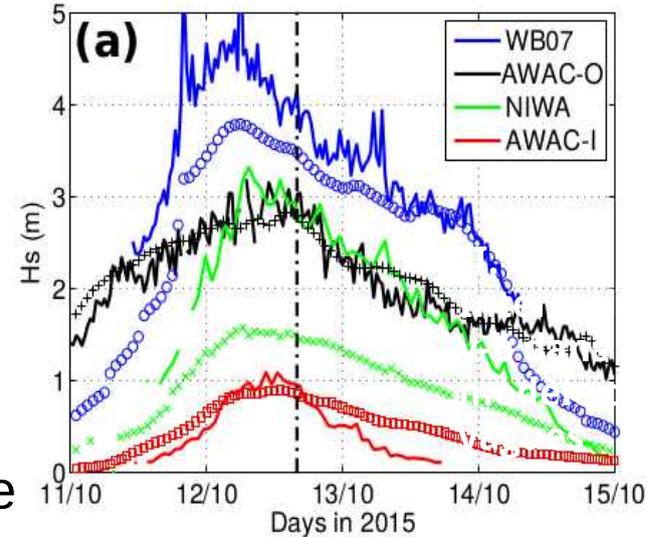
1. Bilan
2. Perspectives

# Validation du modèle : Mer de Beaufort 2015

(Ardhuin F., Boutin G., et al. , 2018)



— : mesure  
oo : modèle



Dans l'ensemble : ok

Bouée NIWA : au bord de glace, incertitude importante sur les forçages.

**I. Introduction**

1. Définitions
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

**II. Interaction v-b dans un modèle de vagues**

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

**III. Couplage avec un modèle de glace**

1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

**IV. Conclusion**

1. Bilan
2. Perspectives

# Validation du modèle : Mer de Beaufort 2015

(Ardhuin F., Boutin G., et al., 2018)

Suite de l'article :

**Difficile détermination de la contribution de chaque processus dissipatifs**

**Résultats satisfaisants du modèle mais néanmoins sensibles à certains paramètres, notamment liés à la rhéologie.**

**Grande dépendance des résultats aux forçages des propriétés de la glace.**

**↳ Conclusions assez similaires au cas en mer de Barents**

## I. Introduction

1. Présentation
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

## II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

## III. Couplage avec un modèle de glace

1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

## IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

# Bilan

**Domination des processus dissipatifs dans l'atténuation des vagues dominantes lors de grands événements de casse**

**La forte dépendance de l'atténuation à la taille des plaques peut s'expliquer par la dissipation d'énergie sous l'effet de la flexion inélastique des plaques.**

**Résultats satisfaisants du modèle mais néanmoins sensibles à certains paramètres, notamment liés à la rhéologie.**

**Grande dépendance des résultats aux forçages des propriétés de la glace.**

**PARTIE III**

# **COUPLAGE AVEC UN MODELE DE GLACE**

Photo : ONR

# Principe du couplage

- Concentration en glace
- Epaisseur de la glace
- Taille des plaques (après fonte / advection)

**NEMO-LIM3**  
(modèle de glace)

**WAVEWATCH III**  
(modèle de vagues)

- Stress radiatif des vagues
- Taille des plaques (après casse)

## 1. Remplacement des forçages

## 2. Meilleure représentation de l'effet de la taille des plaques

## 3. Effet de l'atténuation des vagues sur la dérive

### I. Introduction

1. Définitions
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

### II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

### III. Couplage avec un modèle de glace

1. Modèles de glace
2. Principe
3. Résultats

### IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

# Principe du couplage

## Dans WAVEWATCH III :

Propriétés de la Zone Marginale de Glace :

- **Concentration en glace**
- **Epaisseur de la glace**
- **Rhéologie de la glace**
- **Distribution de la taille des plaques**



Sans couplage	Avec couplage
<b>Forçages (satellites, modèles de glace...)</b>	<b>Couplées LIM3</b>
<b>Paramètres en « dur »</b>	<b>idem</b>
<b>Dépend de l'état de mer</b>	<b>+ advection</b>

**Le couplage de l'épaisseur et de la concentration permet d'envisager la prévision couplée état de mer / banquise.**

**Les deux modèles considère le matériau glace à des échelles différentes : rhéologies très différentes, en dur dans le modèle.**

### I. Introduction

1. Définitions
2. Interactions v-b
3. Modèles existants

### II. Interaction v-b dans un modèle de vagues

1. Principe
2. Résultats
3. Cas réalistes

### III. Couplage avec un modèle de glace

1. Modèles de glace
2. **Principe**
3. Résultats

### IV. Conclusion

1. Bilan
2. Perspectives

**PARTIE IV**

# **CONCLUSION**

