

# Estimer le taux de captures accidentelles de dauphins à partir des données d'échouages

Un essai avec le logiciel STAN

Matthieu Authier, Hélène Peltier, Rob Deaville, Willy Dabin, Paul Jepson, Olivier Van Canneyt & Vincent Ridoux

Observatoire PELAGIS UMS-CNRS 3462

AppliBUGS - Montpellier - 28 Novembre 2014



# Sommaire

Introduction

Données

Modélisation

Résultats

Conclusion

# Introduction

## Capture Accidentelles

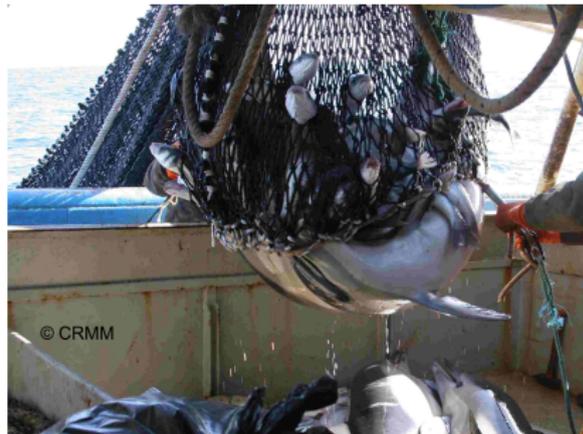
Principale menace pesant sur les mammifères marins (Morizur et al., 1999; DeMaster et al., 2001;

ICES, 2005; Read et al., 2006; Moore and Read, 2008; Reeves et al., 2013; Thompson et al., 2013)

## Capture Accidentelles

Principale menace pesant sur les mammifères marins (Morizur et al., 1999; DeMaster et al., 2001;

ICES, 2005; Read et al., 2006; Moore and Read, 2008; Reeves et al., 2013; Thompson et al., 2013)



## Réglement 812/2004 du Conseil de l'Europe

"introduit des mesures techniques visant à **réduire** le nombre des captures involontaires de cétacés et met en place un système de **surveillance** des prises accidentelles afin de mieux connaître le phénomène dans de nombreuses pêcheries communautaires."

## Règlement 812/2004 du Conseil de l'Europe

"introduit des mesures techniques visant à **réduire** le nombre des captures involontaires de cétacés et met en place un système de **surveillance** des prises accidentelles afin de mieux connaître le phénomène dans de nombreuses pêcheries communautaires."

La Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA - MEDDE) est en charge de la mise en œuvre du règlement pour la France.

## Réglement 812/2004 du Conseil de l'Europe

"introduit des mesures techniques visant à **réduire** le nombre des captures involontaires de cétacés et met en place un système de **surveillance** des prises accidentelles afin de mieux connaître le phénomène dans de nombreuses pêcheries communautaires."

La Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA - MEDDE) est en charge de la mise en œuvre du règlement pour la France.

## Programme OBSMER

Plan d'échantillonnage (embarquement des observateurs)

- ▶ 5% de l'effort pour les filets maillants > 15 m
- ▶ 10% pour les chalutiers pélagiques > 15 m

# Limites d'OBSMER

1. Effectif maximal atteint à bord
2. Lassitude réglementaire
3. Méfiance voire défiance de certains patrons pêcheurs

## Limites d'OBSMER

1. Effectif maximal atteint à bord
2. Lassitude réglementaire
3. Méfiance voire défiance de certains patrons pêcheurs
4. Embarquement non-aléatoire : pêcheries moins impactantes mieux couvertes
5. Biais observateur : les patrons changent leur comportement de pêche lorsque l'observateur est à bord
6. 80% de la flottille  $< 15$  m

## Limites d'OBSMER

1. Effectif maximal atteint à bord
2. Lassitude réglementaire
3. Méfiance voire défiance de certains patrons pêcheurs
4. Embarquement non-aléatoire : pêcheries moins impactantes mieux couvertes
5. Biais observateur : les patrons changent leur comportement de pêche lorsque l'observateur est à bord
6. 80% de la flottille  $< 15$  m
7. Abandon en 2015 avec la Directive "Zéro-Rejets"?

## Limites d'OBSMER

1. Effectif maximal atteint à bord
2. Lassitude réglementaire
3. Méfiance voire défiance de certains patrons pêcheurs
4. Embarquement non-aléatoire : pêcheries moins impactantes mieux couvertes
5. Biais observateur : les patrons changent leur comportement de pêche lorsque l'observateur est à bord
6. 80% de la flottille  $< 15$  m
7. Abandon en 2015 avec la Directive "Zéro-Rejets"?

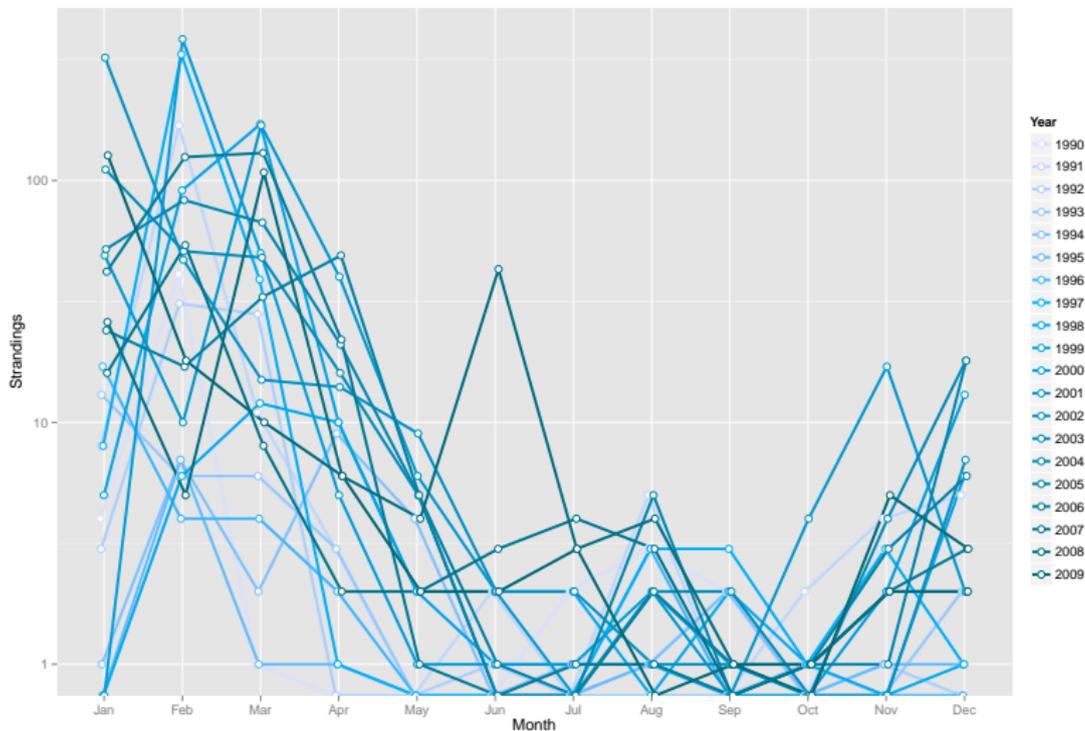
⇒ besoin d'une source de données indépendantes

## Données d'Échouages

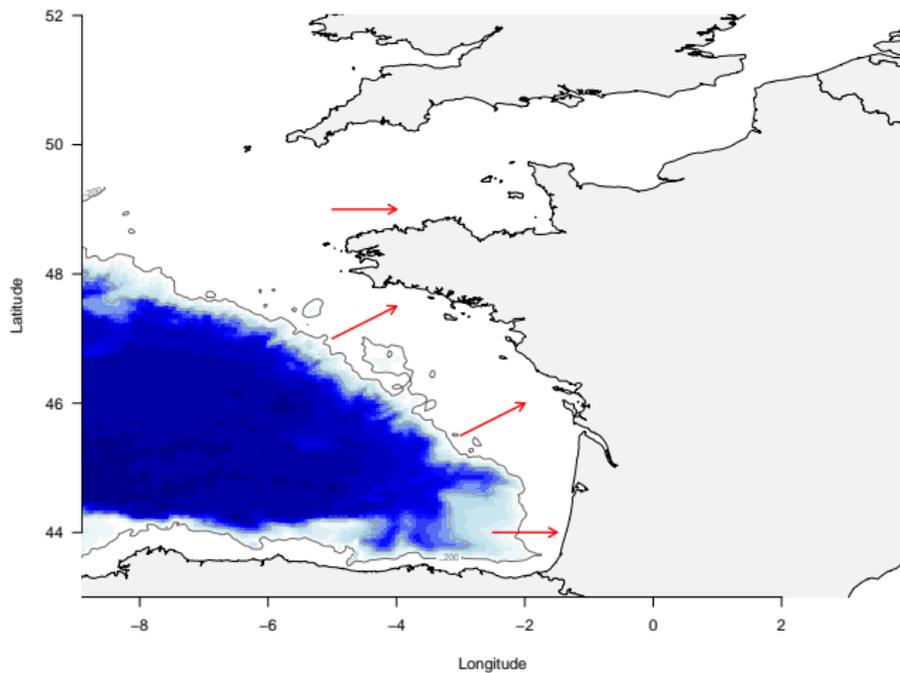
# Échouages



# Dauphin Commun *Delphinus delphis*

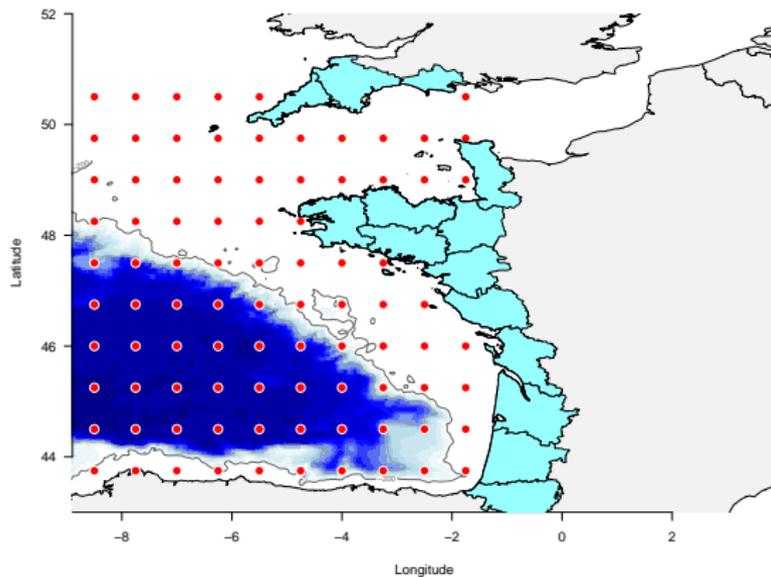


# Échouages et dérive



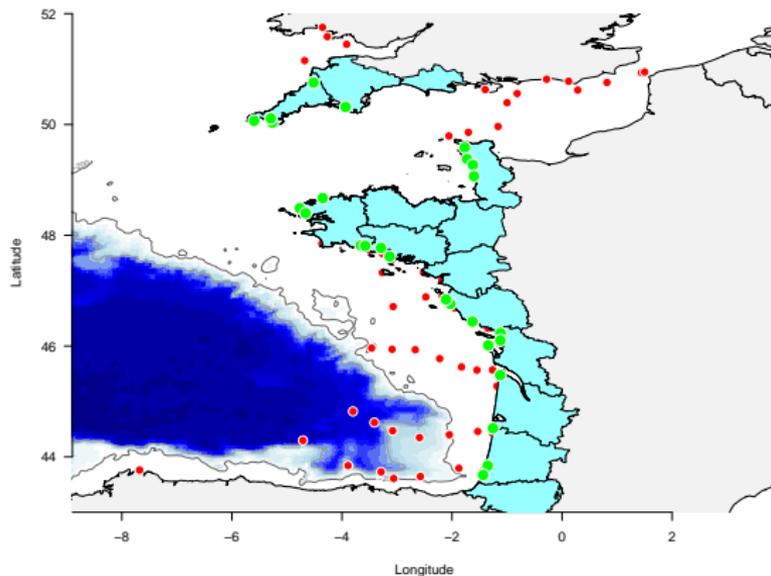
# Modèle de dérive MOTHY

(Peltier et al., 2014)



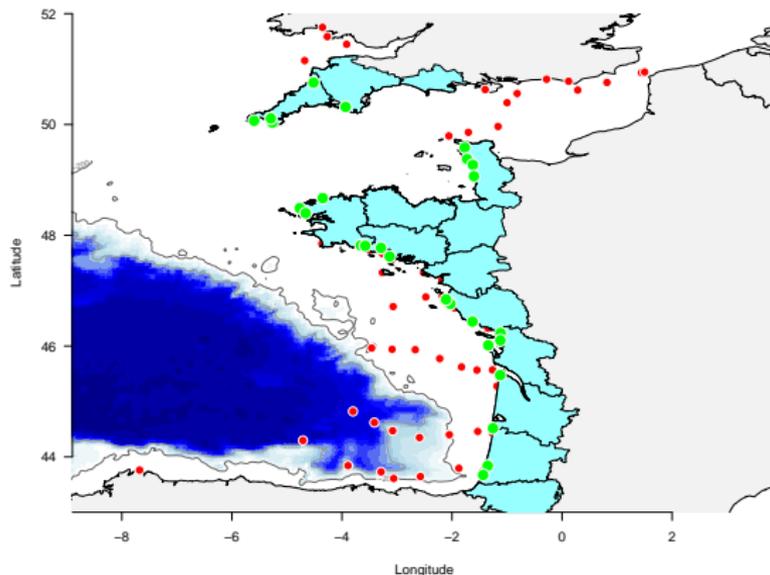
# Modèle de dérive MOTHY

(Peltier et al., 2014)



# Modèle de dérive MOTHY

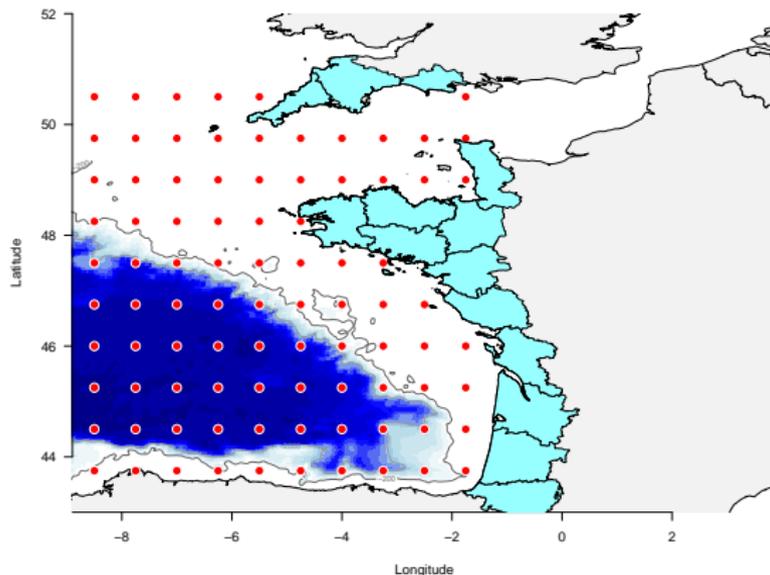
(Peltier et al., 2014)



Soit  $y_{imt}^{\text{pred}}$  la prédiction du nb de dauphin commun à s'échouer pendant la  $i^{\text{ieme}}$  décade du mois  $m$  de l'année  $t$ .

# Modèle de dérive MOTHY

(Peltier et al., 2014)



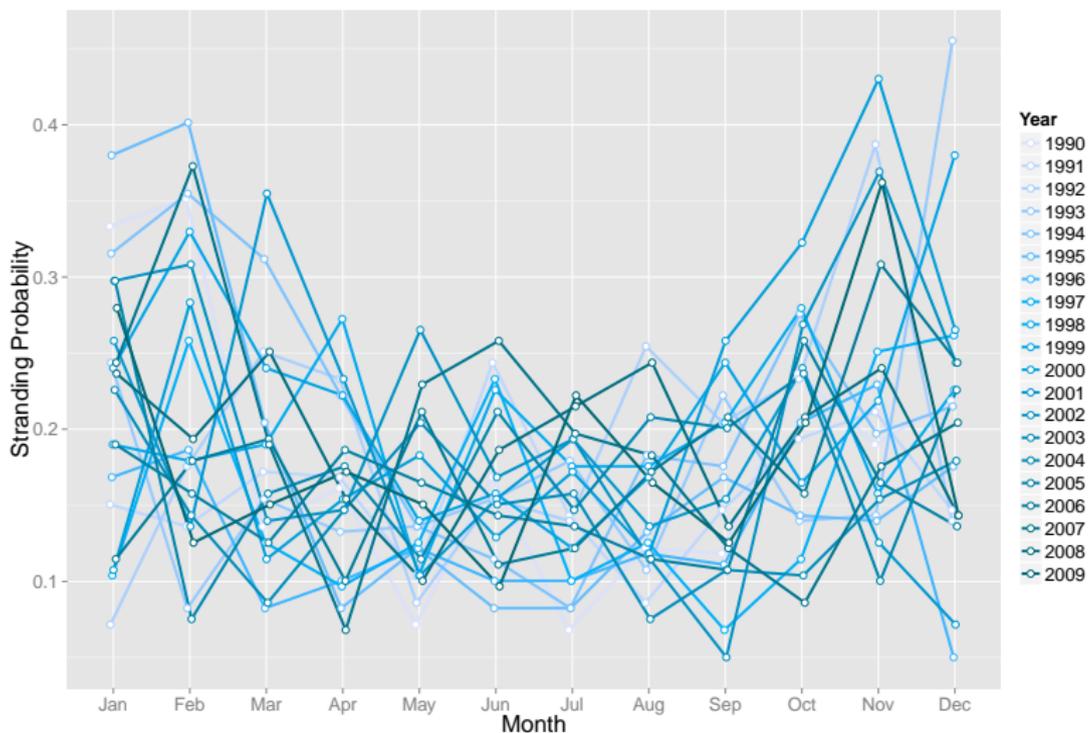
Probabilité de s'échouer  $\pi_{mt}$   
pendant le mois  $m$  de l'année  $t$

$$\pi_{mt} = \mathbb{E} \left( \frac{y_{imt}^{\text{pred}} + 2}{89 + 4} \right) \quad (3)$$

"add 2 success & 2 failures"

(Agresti and Coull, 1998)

# Échouages et dérive



# Modélisation

## Un problème fondamental

Soit  $y_{imt}^{\text{obs}}$  le nombre de dauphin commun à s'échouer pendant la  $i^{\text{ième}}$  décade du mois  $m$  de l'année  $t$ .

Nombre total d'animaux capturés accidentellement  $N_{imt}$  et probabilité de s'échouer  $\pi_{mt}$ ,

$$y_{imt}^{\text{obs}} \sim \mathcal{B}(N_{imt}, \pi_{mt}) \quad (4)$$

# Un problème fondamental

Soit  $y_{imt}^{\text{obs}}$  le nombre de dauphin commun à s'échouer pendant la  $i^{\text{ième}}$  décade du mois  $m$  de l'année  $t$ .

Nombre total d'animaux capturés accidentellement  $N_{imt}$  et probabilité de s'échouer  $\pi_{mt}$ ,

$$y_{imt}^{\text{obs}} \sim \mathcal{B}(N_{imt}, \pi_{mt}) \quad (4)$$

## 1. $N_{imt}$ inconnues

## Un problème fondamental

Soit  $y_{imt}^{\text{obs}}$  le nombre de dauphin commun à s'échouer pendant la  $i^{\text{ème}}$  décade du mois  $m$  de l'année  $t$ .

Nombre total d'animaux capturés accidentellement  $N_{imt}$  et probabilité de s'échouer  $\pi_{mt}$ ,

$$y_{imt}^{\text{obs}} \sim \mathcal{B}(N_{imt}, \pi_{mt}) \quad (4)$$

1.  $N_{imt}$  inconnues
2.  $N_{imt}$  = variable aléatoire (et peut = 0)

## Un problème fondamental

Soit  $y_{imt}^{\text{obs}}$  le nombre de dauphin commun à s'échouer pendant la  $i^{\text{ieme}}$  décade du mois  $m$  de l'année  $t$ .

Nombre total d'animaux capturés accidentellement  $N_{imt}$  et probabilité de s'échouer  $\pi_{mt}$ ,

$$y_{imt}^{\text{obs}} \sim \mathcal{B}(N_{imt}, \pi_{mt}) \quad (4)$$

1.  $N_{imt}$  inconnues
2.  $N_{imt}$  = variable aléatoire (et peut = 0)
3. modélisation jointe de  $y_{imt}^{\text{obs}}$  et  $y_{imt}^{\text{miss}}$  (Comuladal and Weiss, 2007)

# Modélisation Jointe

$$y_{imt}^{\text{obs}} \sim \mathcal{NB}(\lambda_{mt}, \omega) \quad y_{imt}^{\text{miss}} \sim \mathcal{NB}(\mu_{mt}, \omega)$$

# Modélisation Jointe

$$y_{imt}^{\text{obs}} \sim \mathcal{NB}(\lambda_{mt}, \omega) \quad y_{imt}^{\text{miss}} \sim \mathcal{NB}(\mu_{mt}, \omega)$$

$$y_{imt}^{\text{pred}} + 2 \sim \mathcal{B}(89 + 4, \pi_{mt})$$

## Modélisation Jointe

$$y_{imt}^{\text{obs}} \sim \mathcal{NB}(\lambda_{mt}, \omega) \quad y_{imt}^{\text{miss}} \sim \mathcal{NB}(\mu_{mt}, \omega)$$

$$y_{imt}^{\text{pred}} + 2 \sim \mathcal{B}(89 + 4, \pi_{mt})$$

$$\pi_{mt} = \frac{\lambda_{mt}}{\lambda_{mt} + \mu_{mt}}$$
$$1 - \pi_{mt} = \frac{\mu_{mt}}{\lambda_{mt} + \mu_{mt}}$$

## Modélisation Jointe

$$y_{imt}^{\text{obs}} \sim \mathcal{NB}(\lambda_{mt}, \omega) \quad y_{imt}^{\text{miss}} \sim \mathcal{NB}(\mu_{mt}, \omega)$$

$$y_{imt}^{\text{pred}} + 2 \sim \mathcal{B}(89 + 4, \pi_{mt})$$

$$\pi_{mt} = \frac{\lambda_{mt}}{\lambda_{mt} + \mu_{mt}}$$

$$1 - \pi_{mt} = \frac{\mu_{mt}}{\lambda_{mt} + \mu_{mt}}$$

$$\log \frac{\pi_{mt}}{1 - \pi_{mt}} = \log \frac{\lambda_{mt}}{\mu_{mt}}$$

## Modélisation Jointe

$$y_{imt}^{\text{obs}} \sim \mathcal{NB}(\lambda_{mt}, \omega) \quad y_{imt}^{\text{miss}} \sim \mathcal{NB}(\mu_{mt}, \omega)$$

$$y_{imt}^{\text{pred}} + 2 \sim \mathcal{B}(89 + 4, \pi_{mt})$$

$$\pi_{mt} = \frac{\lambda_{mt}}{\lambda_{mt} + \mu_{mt}}$$

$$1 - \pi_{mt} = \frac{\mu_{mt}}{\lambda_{mt} + \mu_{mt}}$$

$$\log \frac{\pi_{mt}}{1 - \pi_{mt}} = \log \frac{\lambda_{mt}}{\mu_{mt}}$$

$$\log \mu_{mt} = \log \lambda_{mt} - \text{logit}(\pi_{mt}) \quad (5)$$

$$\hat{N}_{imt} = y_{imt}^{\text{obs}} + \hat{\mu}_{mt} \quad (6)$$

# Modélisation Jointe

Probabilité de s'échouer

$$\text{logit}(\pi_{mt}) = \text{intercept}_1 + \alpha_m + \beta_t$$

$$\begin{cases} \alpha_m \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\alpha) \\ \beta_t \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\beta) \end{cases}$$

## Modélisation Jointe

Probabilité de s'échouer

$$\text{logit}(\pi_{mt}) = \text{intercept}_1 + \alpha_m + \beta_t$$

$$\begin{cases} \alpha_m \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\alpha) \\ \beta_t \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\beta) \end{cases}$$

Intensité des échouages observés

$$\log \lambda_{mt} = \text{intercept}_2 + \epsilon_{t,m}$$

$$\begin{cases} \epsilon_{t,m} \sim \mathcal{MVN}(\eta_m, \Omega) \\ \eta_m \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\eta) \end{cases}$$



## Modélisation Jointe

Probabilité de s'échouer

$$\text{logit}(\pi_{mt}) = \text{intercept}_1 + \alpha_m + \beta_t$$

$$\begin{cases} \alpha_m \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\alpha) \\ \beta_t \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\beta) \end{cases}$$

Intensité des échouages observés

$$\log \lambda_{mt} = \text{intercept}_2 + \epsilon_{t,m}$$

$$\begin{cases} \epsilon_{t,m} \sim \mathcal{MVN}(\eta_m, \Omega) \\ \eta_m \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\eta) \end{cases}$$

Prior pour la matrice de variance-covariance  $\Omega$ ?

# Sensibilité

## 1. Inverse-Wishart prior :

$$\Omega \sim \mathcal{IW}(13, \mathbf{I}_{12})$$

## Sensibilité

1. Inverse-Wishart prior :

$$\Omega \sim \mathcal{IW}(13, \mathbf{I}_{12})$$

2. Cholesky decomposition (Chen and Dunson, 2003) :

$$\Omega = \mathbf{D}\mathbf{L}\mathbf{L}'\mathbf{D}, \mathbf{D} = \text{diag}(\tau) \text{ avec } \tau \sim \mathcal{N}^+(0, 1.5) \text{ et } \ell \sim \mathcal{N}(0, 0.5)$$

## Sensibilité

1. Inverse-Wishart prior :

$$\Omega \sim \mathcal{IW}(13, \mathbf{I}_{12})$$

2. Cholesky decomposition (Chen and Dunson, 2003) :

$$\Omega = \mathbf{D}\mathbf{L}\mathbf{L}'\mathbf{D}, \mathbf{D} = \text{diag}(\tau) \text{ avec } \tau \sim \mathcal{N}^+(0, 1.5) \text{ et } \ell \sim \mathcal{N}(0, 0.5)$$

3. LKJ prior (Stan Development Team, 2013) :

$$\Omega = \mathbf{D}\mathbf{R}\mathbf{D}, \mathbf{D} = \text{diag}(\tau) \text{ avec } \tau \sim \mathcal{C}^+(0, 1) \text{ et } \mathbf{R} \sim \mathcal{LKJ}(1)$$

## Sensibilité

1. Inverse-Wishart prior :

$$\Omega \sim \mathcal{IW}(13, \mathbf{I}_{12})$$

2. Cholesky decomposition (Chen and Dunson, 2003) :

$$\Omega = \mathbf{D}\mathbf{L}\mathbf{L}'\mathbf{D}, \mathbf{D} = \text{diag}(\tau) \text{ avec } \tau \sim \mathcal{N}^+(0, 1.5) \text{ et } \ell \sim \mathcal{N}(0, 0.5)$$

3. LKJ prior (Stan Development Team, 2013) :

$$\Omega = \mathbf{R}\mathbf{D}\mathbf{R}, \mathbf{D} = \text{diag}(\tau) \text{ avec } \tau \sim \mathcal{C}^+(0, 1) \text{ et } \mathbf{R} \sim \mathcal{LKJ}(1)$$

4. Barnard et al. (2000) prior :

$$\Omega = \mathbf{R}\mathbf{D}\mathbf{R}, \mathbf{D} = \text{diag}(\tau) \text{ avec } \log(\tau) \sim \mathcal{N}(-0.5, 1)$$

$$\mathbf{R} = \Delta\mathbf{Q}\Delta, \mathbf{Q} \sim \mathcal{IW}(13, \mathbf{I}_{12}) \text{ et } \Delta = \text{diag}\left(\frac{1}{\sqrt{q}}\right)$$

## Sensibilité

1. Inverse-Wishart prior :

$$\Omega \sim \mathcal{IW}(13, \mathbf{I}_{12})$$

2. Cholesky decomposition (Chen and Dunson, 2003) :

$$\Omega = \mathbf{D}\mathbf{L}\mathbf{L}'\mathbf{D}, \mathbf{D} = \text{diag}(\tau) \text{ avec } \tau \sim \mathcal{N}^+(0, 1.5) \text{ et } \ell \sim \mathcal{N}(0, 0.5)$$

3. LKJ prior (Stan Development Team, 2013) :

$$\Omega = \mathbf{D}\mathbf{R}\mathbf{D}, \mathbf{D} = \text{diag}(\tau) \text{ avec } \tau \sim \mathcal{C}^+(0, 1) \text{ et } \mathbf{R} \sim \mathcal{LKJ}(1)$$

4. Barnard et al. (2000) prior :

$$\Omega = \mathbf{D}\mathbf{R}\mathbf{D}, \mathbf{D} = \text{diag}(\tau) \text{ avec } \log(\tau) \sim \mathcal{N}(-0.5, 1)$$

$$\mathbf{R} = \Delta\mathbf{Q}\Delta, \mathbf{Q} \sim \mathcal{IW}(13, \mathbf{I}_{12}) \text{ et } \Delta = \text{diag}\left(\frac{1}{\sqrt{q}}\right)$$

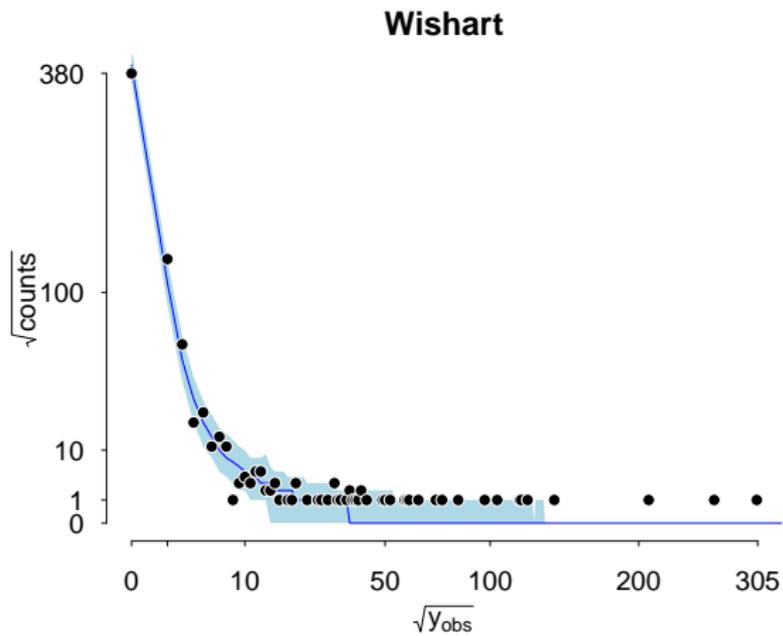
5. Huang and Wand (2013) prior :

$$\Omega \sim \mathcal{IW}(\nu + 12 - 1, 2\nu\Delta), \Delta = \text{diag}(\delta)$$

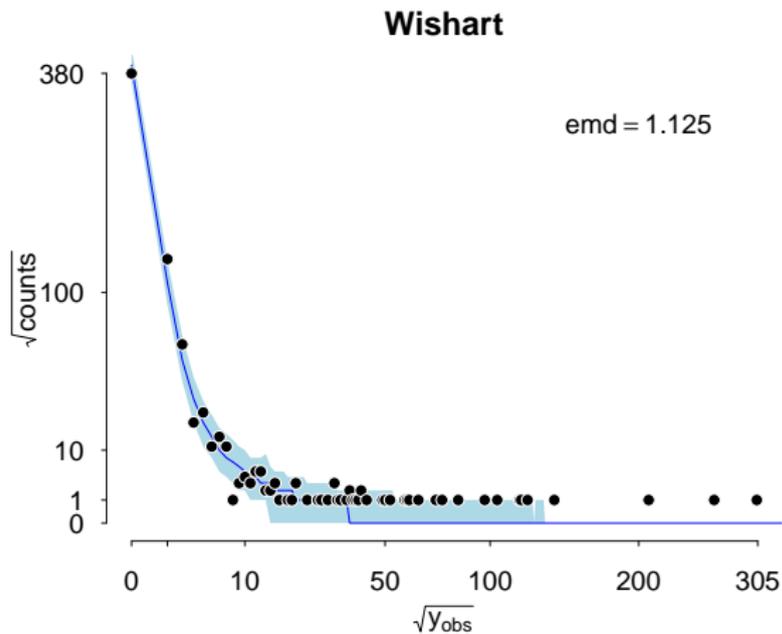
$$\delta \sim \mathcal{IG}(0.5, 1) \text{ et } \nu = 1$$

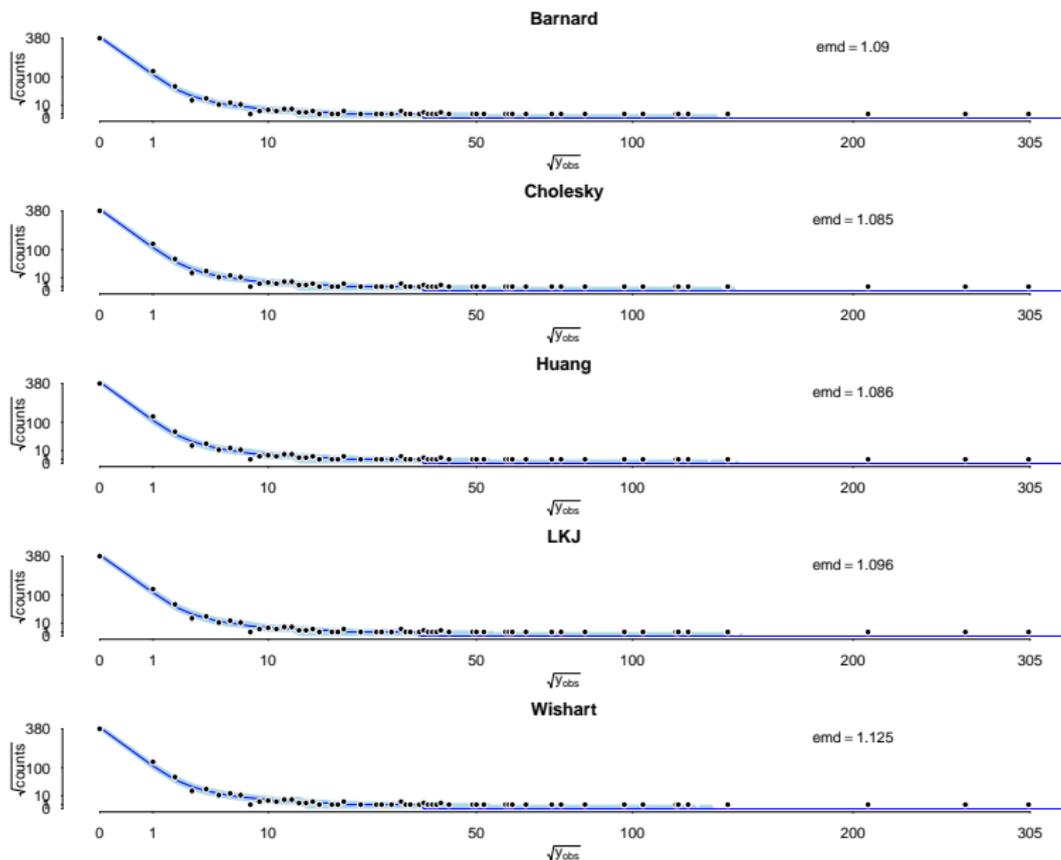
# Résultats

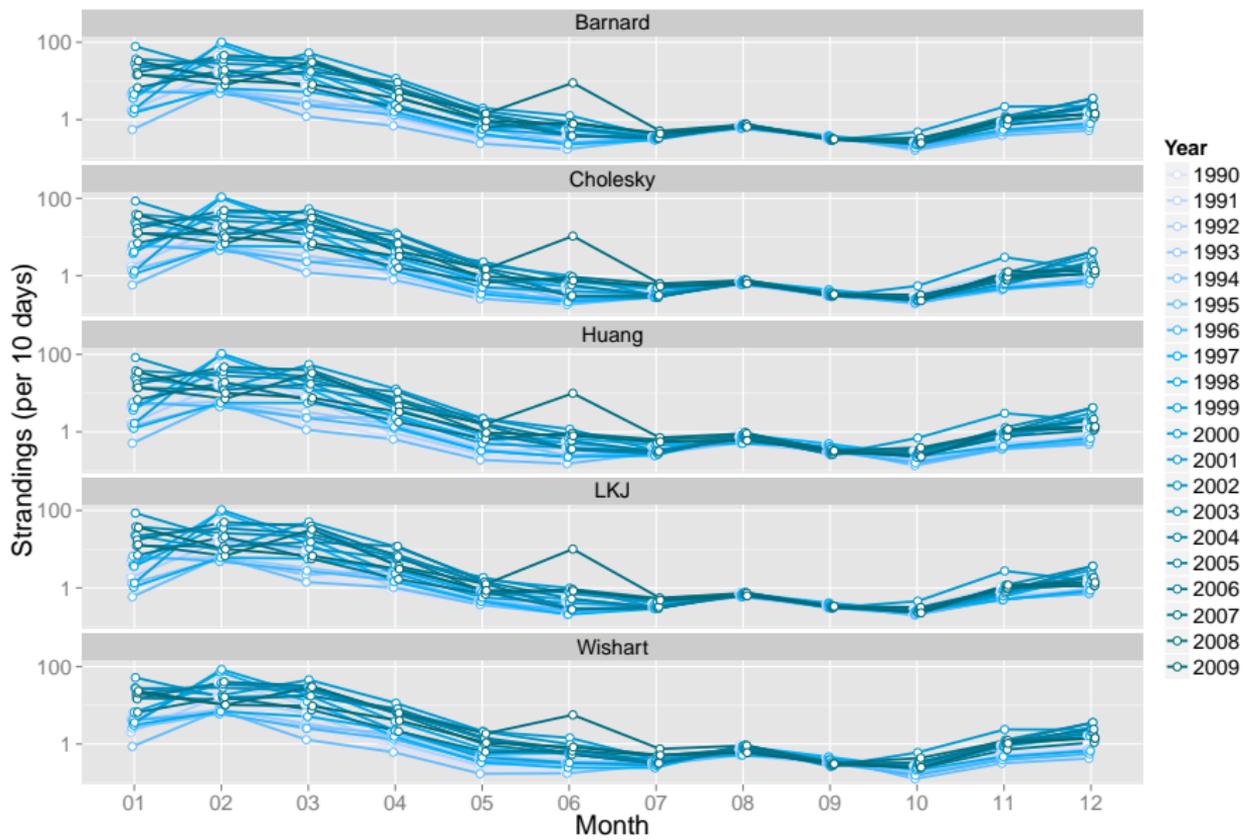
# Ajustement

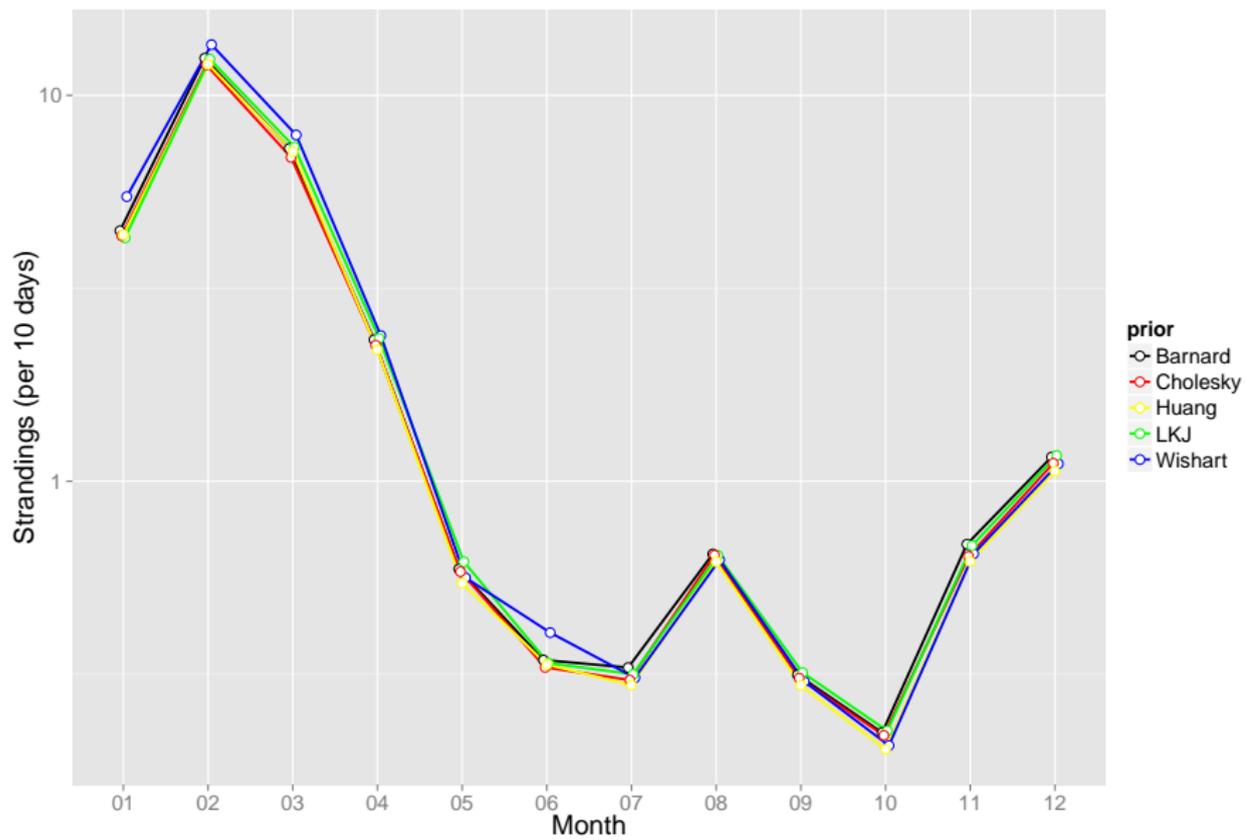


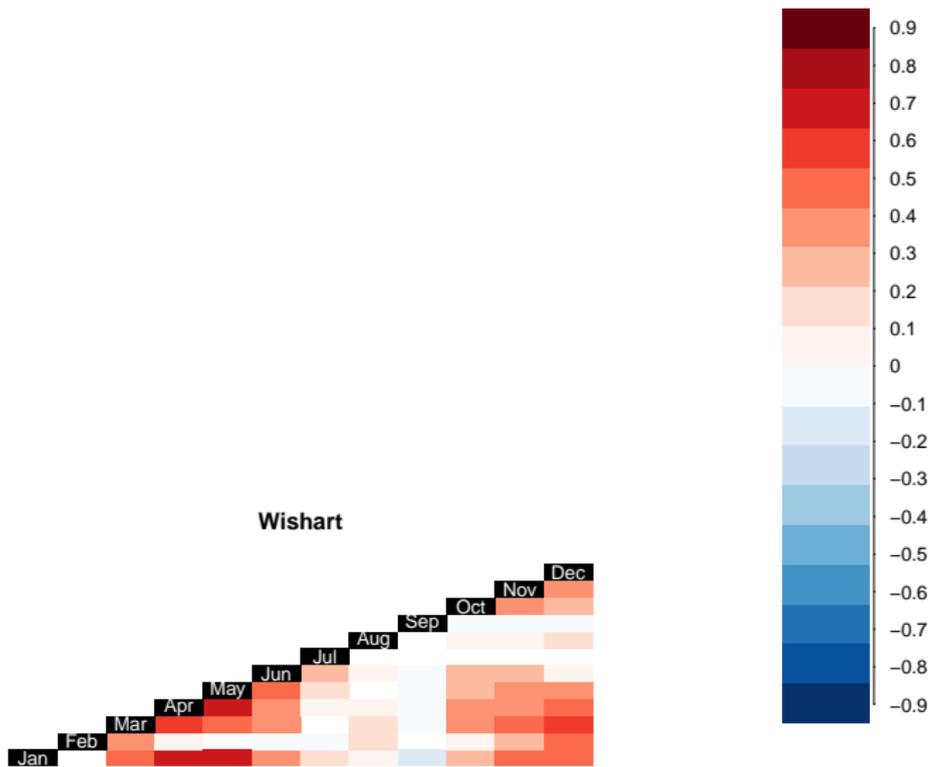
# Ajustement

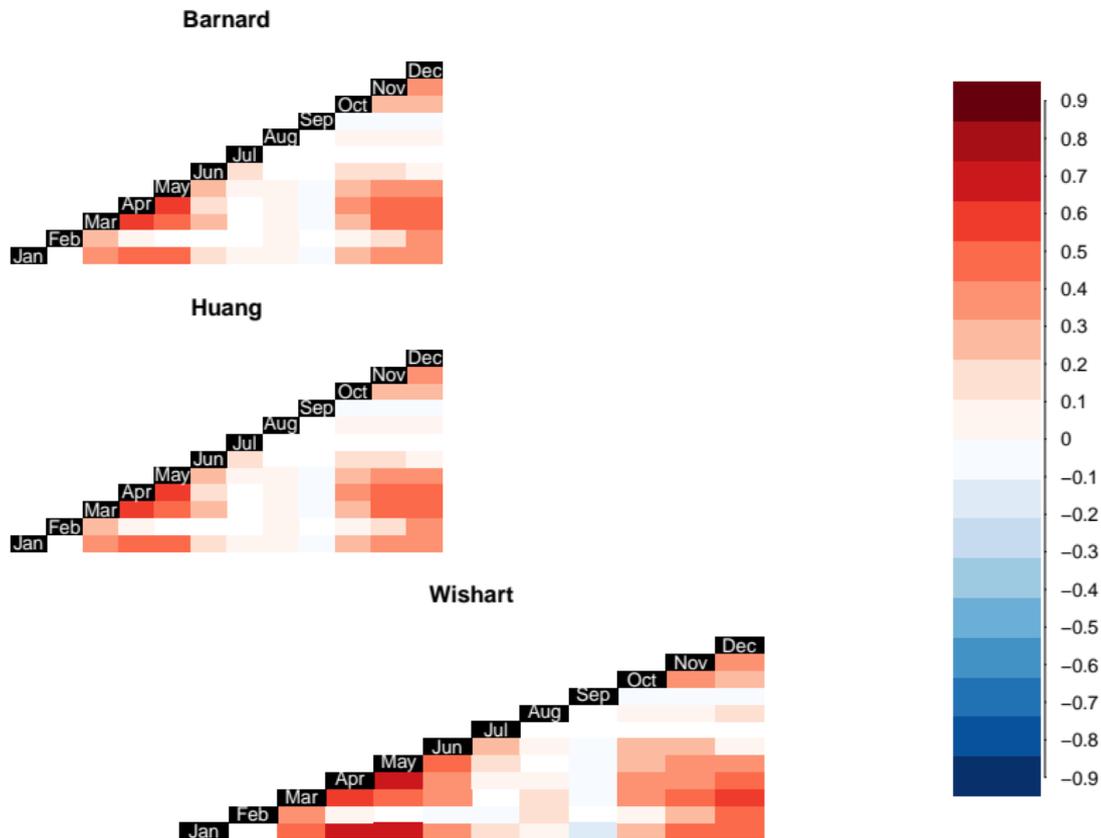


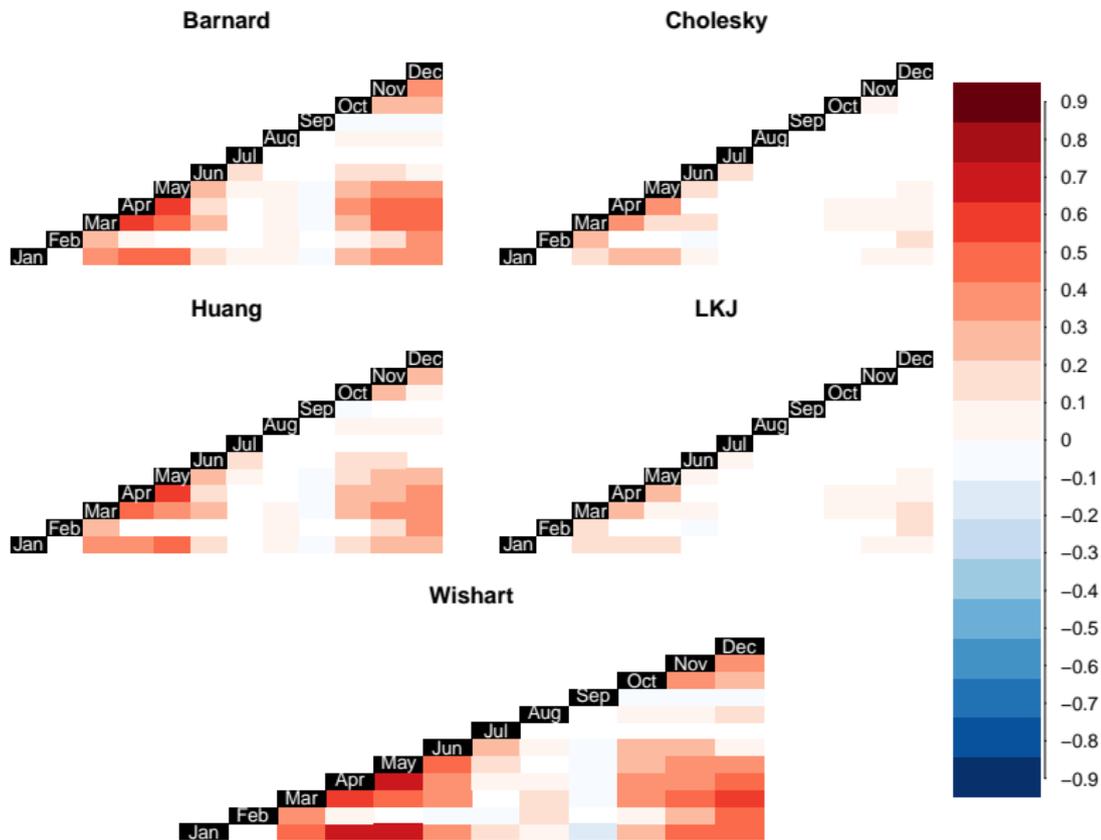




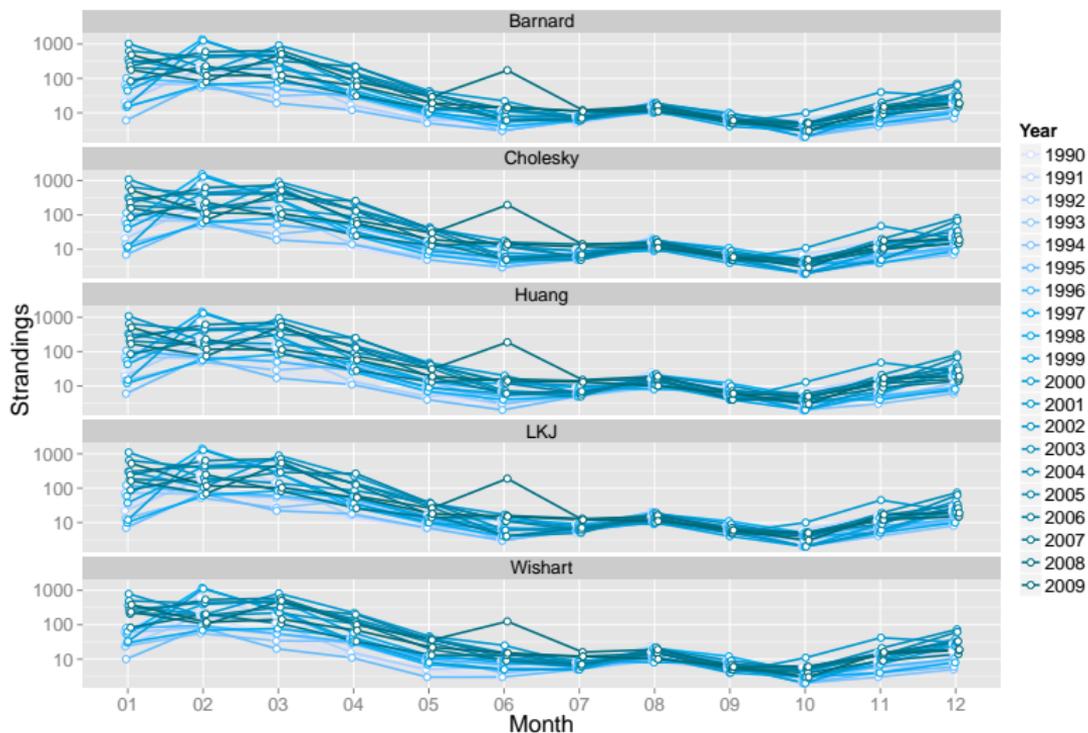




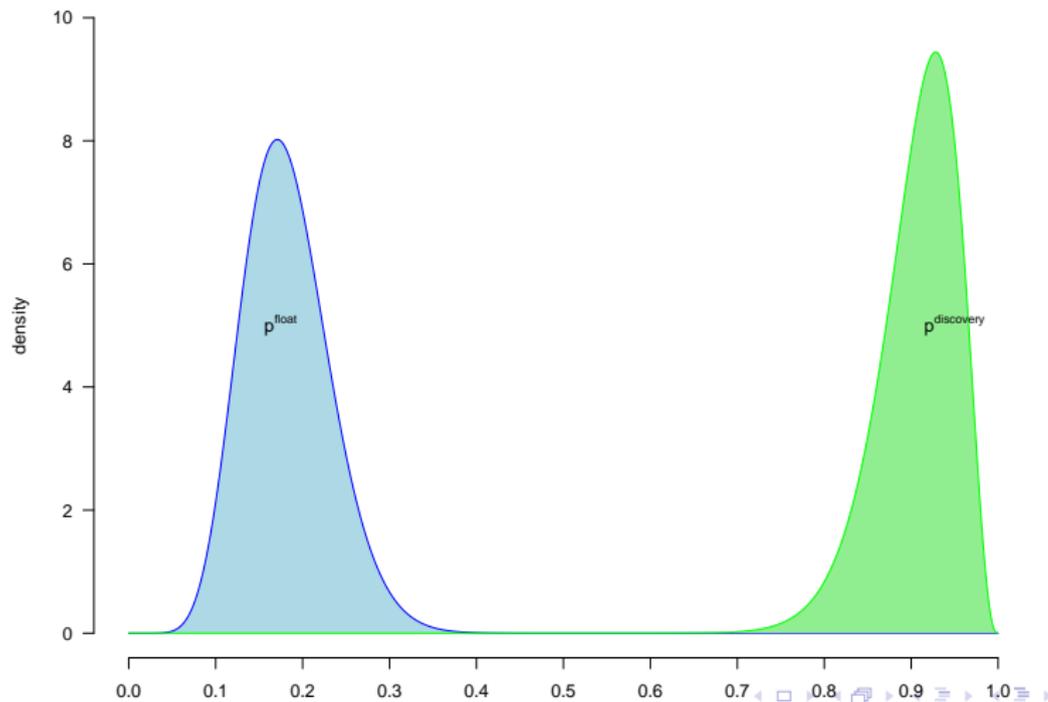


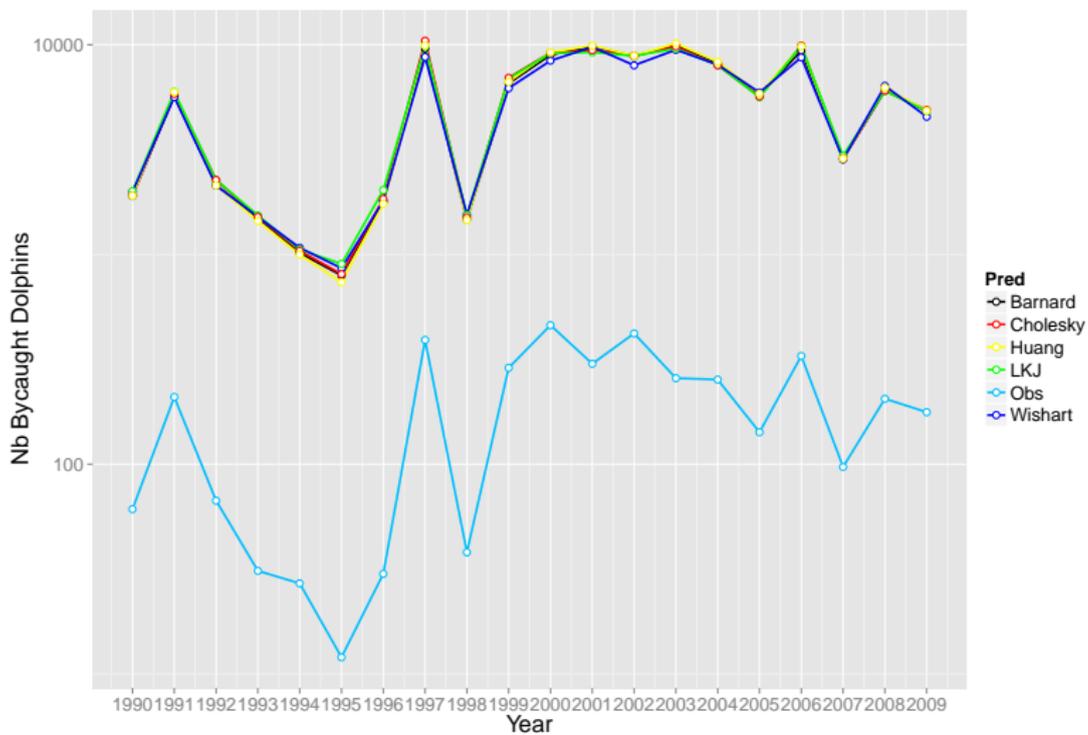


N



$$N = p^{\text{float}} \times N^{\text{tot}}$$



$N^{\text{tot}}$ 

# Conclusion

	<b>OBSMER</b>	<b>Échouages</b>
<b>Méthode</b>	<b>Design-based</b>	<b>Model-based</b>
<b>Pérennité</b>	<b>Incertaine</b>	<b>Assurée à moyen/long terme</b>
<b>Biais</b>	<b>Pêcheries</b> <b>Bateau</b> <b>Observateur</b>	<b>Dérive</b> (Peltier et al., 2014) <b>Signalement</b> (Authier et al., 2014) <b>Classification</b>
<b>Données</b>	<b>Observationnelles</b>	

	OBSMER	Échouages
Méthode	Design-based	Model-based
Pérennité	Incertaine	Assurée à moyen/long terme
Biais	Pêcheries Bateau Observateur	Dérive (Peltier et al., 2014) Signalement (Authier et al., 2014) Classification
Données	Observationnelles	
Captures accidentelles	550	<b>6,000</b>
Mortalité additionnelle (%)	0.2 à 0.6	1.8 à 6.5

	OBSMER	Échouages
Méthode	Design-based	Model-based
Pérennité	Incertaine	Assurée à moyen/long terme
Biais	Pêcheries Bateau Observateur	Dérive (Peltier et al., 2014) Signalement (Authier et al., 2014) Classification
Données	Observationnelles	
Captures accidentelles	550	<b>6,000</b>
Mortalité additionnelle (%)	0.2 à 0.6	1.8 à 6.5

Pour chaque dauphin retrouvé à la côte,  $\approx 4$  autres ne se sont pas échoués

# Science et Gouvernance

Perception des études scientifiques par les acteurs politiques (Clark et al., 2002)

1. Salience
2. Crédibilité
3. Légitimité

# Science et Gouvernance

Perception des études scientifiques par les acteurs politiques (Clark et al., 2002)

1. Salience
2. Crédibilité
3. Légitimité

**Renforcer la crédibilité des données d'échouages**



# References I

- Agresti, A. and Coull, B. (1998), "Approximate is Better than "Exact" for Interval Estimation of Binomial Proportions," *The American Statistician*, 52, 119–126.
- Authier, M., Saraux, C., and Péron, C. (2014), "Variable Selection for Predictions in Ecological Habitat Modelling," Tech. rep., Observatoire PELAGIS UMS3462-CNRS-ULR.
- Barnard, J., McCulloch, R., and Meng, X. (2000), "Modeling Covariance Matrices in Terms of Standard Deviations and Correlations, with Application to Shrinkage," *Statistica Sinica*, 10, 1281–1311.
- Chen, Z. and Dunson, D. (2003), "Random Effects Selection in Linear Mixed Models," *Biometrics*, 59, 762–769.
- Clark, W., Mitchell, R., Cash, D., and Alcock, F. (2002), "Information as Influence: How Institutions Mediate the Impact of Scientific Assessment on Global Environmental Affairs," Faculty research working papers series, Harvard University, JFK School of Government.
- Cumuladal, W. and Weiss, R. (2007), "On Models for Binomial Data with Random Numbers of Trials," *Biometrics*, 63, 610–617.
- DeMaster, D., Fowler, C., Perry, S., and Richlen, M. (2001), "Predation and Competition: the Impact of Fisheries on Marine Mammal Populations Over the Next One Hundred Years," *Journal of Mammalogy*, 82, 641–651.
- Huang, A. and Wand, M. (2013), "Simple Marginally Noninformative Prior Distributions for Covariance Matrices," *Bayesian Analysis*, 8, 439–452.
- ICES (2005), "Report of the ICES Advisory Committee on Fishery Management," Tech. Rep. 1-11, International Council for the Exploration of the Sea.
- Moore, J. and Read, A. (2008), "A Bayesian Uncertainty Analysis of Cetacean Demography and Bycatch Mortality Using Age-at-Death Data," *Ecological Applications*, 18, 1914–1931.
- Morizur, Y., Berrow, S., Tregenza, N., Couperus, A., and Pouvreau, S. (1999), "Incidental Catches of Marine-Mammals in Pelagic Trawl Fisheries of the Northeast Atlantic," *Fisheries Research*, 41, 297–307.
- Peltier, H., Jepson, P., Dabin, W., Deaville, R., Daniel, P., Van Canneyt, O., and Ridoux, V. (2014), "The Contribution of Stranding Data to Monitoring and Conservation Strategies for Cetaceans: Developing Spatially Explicit Mortality Indicators for Common Dolphins (*Delphinus delphis*) in the Eastern North-Atlantic," *Ecological Indicators*, 39, 203–214.
- Read, A., Drinker, P., and Northridge, S. (2006), "Bycatch of Marine Mammals in U.S. and Global Fisheries," *Conservation Biology*, 20, 163–169.
- Reeves, R., McClellan, K., and Werner, T. (2013), "Marine Mammal Bycatch in Gillnet and Other Entangling Net Fisheries, 1990 to 2011," *Endangered Species Research*, 20, 71–97.
- Stan Development Team (2013), *Stan Modeling Language User's Guide and Reference Manual, Version 2.2.0*.
- Thompson, F., Abraham, E., and Berkenbusch, K. (2013), "Common Dolphin (*Delphinus delphis*) Bycatch in New Zealand Commercial Trawl Fisheries," *PLoS One*, 8, e64438.

## Computation time

12, 000 iterations (burn-in = 2, 000, thin = 10, 4 chaînes)



### No U-Turn Sampler

Automatic Step Size and  
Number Adaptation

Prior	Temps
Inverse-Wishart	03 h 05 m
Huang and Wand (2013)	03 h 11 m
Cholesky decomposition	04 h 09 m
LKJ prior	06 h 54 m
Barnard et al. (2000)	12 h 13 m

