

Ecologie de la circulation d'agents infectieux chez les oiseaux marins

- surveillance, compréhension des processus
et implications pour la gestion -

Thierry BOULINIER (CNRS)
CEFE et OSU OREME, Montpellier



*Réunion annuelle RESOM,
16 Décembre 2020*



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER

Pourquoi les oiseaux marins ?



Sur les colonies, exposition à des parasites et pathogènes

Tiques (+ bactéries & virus)

Par exemple: *Borrelia burgdorferi* s/l
(Maladie de Lyme)
et des flavivirus



(Gasparini et al. 2001
Arnal et al. 2014)

Agents infectieux à transmission directe

Par exemple: Virus influenza aviaire,
Pasteurella multocida

(Arnal et al. 2015,
Wille et al. 2016)



Fortes densités

Agents transmis par l'alimentation

Par exemple *Campylobacter* spp
Toxoplasma gondii

(Ramos et al. 2010, Cabeson et al. 2016)

Longévif, fidèle au site

→ Réutilisation des mêmes sites

Comportements alimentaires

Sur les colonies, exposition à des parasites et pathogènes

Tiques (+ bactéries & virus)

Par exemple: *Borrelia burgdorferi* s/l
(Maladie de Lyme)
et des flavivirus



(Gasparini et al. 2001
Arnal et al. 2014)

Agents infectieux à transmission directe

Par exemple: Virus influenza aviaire,
Pasteurella multocida

(Arnal et al. 2015,
Wille et al. 2016)

Fortes densités



Longévif, fidèle au site

→ Réutilisation des mêmes sites

Agents transmis par l'alimentation

Par exemple *Campylobacter* spp
Toxoplasma gondii

(Ramos et al. 2010, Cabeson et al. 2016)

Comportements alimentaires

Sur les colonies, exposition à des parasites et pathogènes

Espèces à reproduction coloniale: forte
pression d'exposition à des
parasites/pathogènes



Manchots
royaux

Charognards et prédateurs: sentinelles ou
disperseurs ?



Labbes
subantarctiques



Albatros à
bec jaune



Pétrels géants



Tiques *Ixodes uriae*, Crozet, 2012



**Hyperinfestation d'un pétrel à
menton blanc par *Ixodes*
kerguelensis, Crozet 2018**

Gamble, Weimerskirch & Boulinier 2020
Frontiers Ecol Environment



**Hyperinfestation d'un autre pétrel
à menton blanc par *Ixodes*
kerguelensis, Crozet 2018**

Gamble, Weimerskirch & B.
Frontiers Ecol Environ

Parfois dans des zones très éloignées des activités humaines



Antarctique, sub-Antarctique



Albatros, manchots...

Parfois dans des zones très éloignées des activités humaines



Antarctique, sub-Antarctique



Albatros, manchots...

Parfois en forte interaction avec activités humaines



Goélands

Questions / surveillance à larges échelles: Causes d'épizooties?



© Jérémy Tornos



© Jérémy Tornos

Iles Malouines, New Island, Janvier 2016:

Fortes mortalités de poussins de manchots papou et albatros à sourcils noirs

Questions / surveillance à larges échelles: Espèces disséminatrices d'agents infectieux ? Sentinelles ?



© Jérémy Tornos

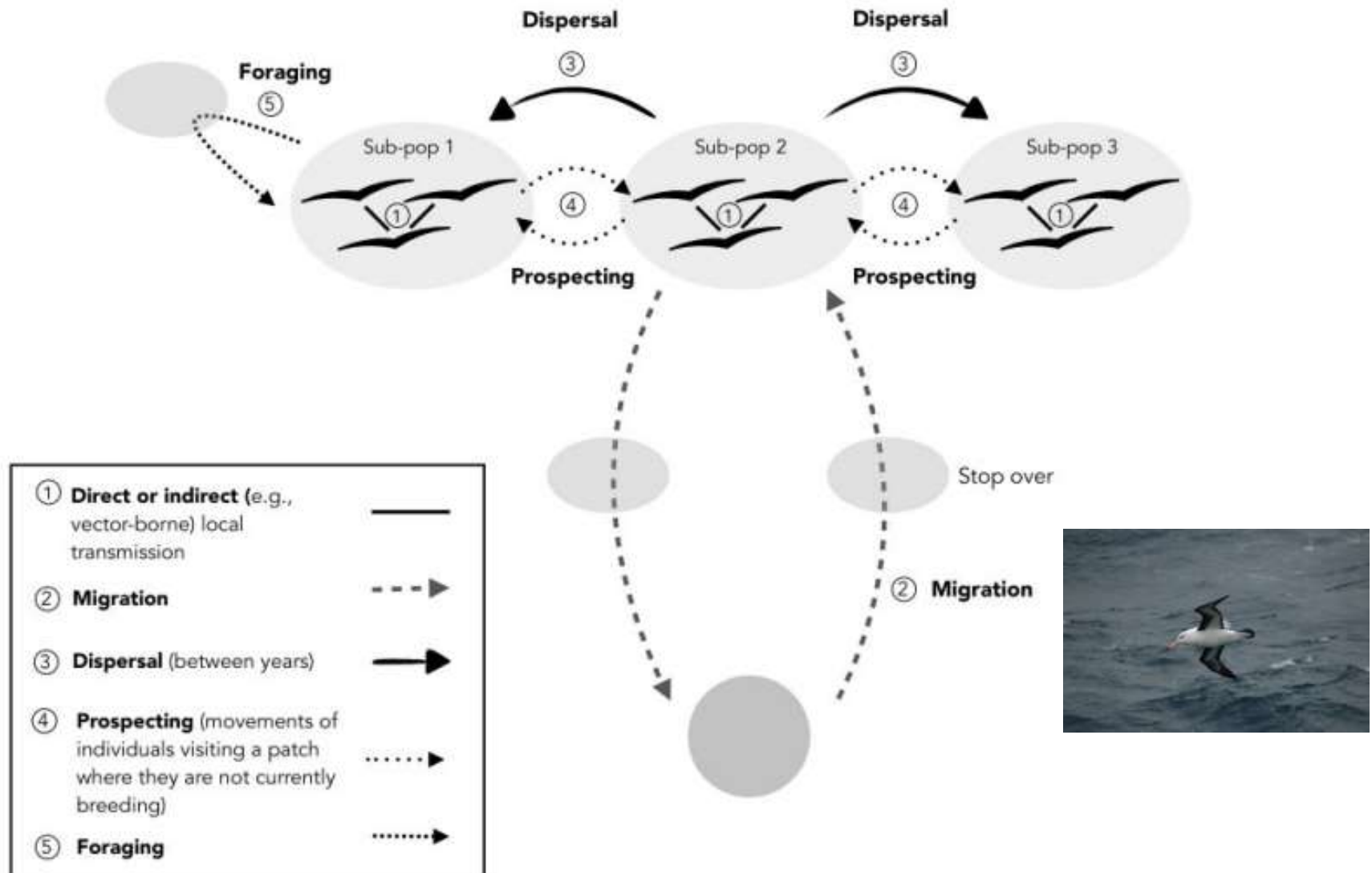


Iles Malouines, New Island, Janvier 2016:
Fortes mortalités de poussins de manchots papou et albatros à sourcils noirs

Enjeux:

- **Conservation des espèces / de la biodiversité**
- **Zoonoses et maladies des animaux domestiques**
- **Populations disséminatrices**
- **Populations sentinelles**
- **Compréhension de processus généraux**

Quels déplacements sont susceptibles d'être importants pour l'exposition à des agents infectieux et leur dispersion?



- 2 programmes de terrain, illustrant les bénéfices de synergies
- entre suivis sanitaires et d'écologie des populations
 - approches de recherche et gestion

Projet ECOPATH

- Terres Australes,
- Vertébrés marins coloniaux et pathogènes



Projet SENTIMOUV

- France métropolitaine
- Goélands & pathogènes



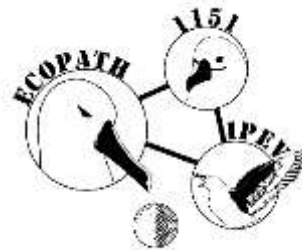
SENTIMOUV



ECOPATH IPEV n°1151 - Circulation d'agents infectieux dans les populations de vertébrés coloniaux des terres australes: surveillance, compréhension et implications pour la gestion

- Fort déclin de la population d'albatros à bec jaune et risque pour l'albatros d'Amsterdam suite à des épizooties récurrentes de choléra aviaire supposées tuer massivement les poussins sur l'île d'Amsterdam

Weimerskirch 2004 *Polar Biology*



ECOPATH IPEV n°1151 - Circulation d'agents infectieux dans les populations de vertébrés coloniaux des terres australes: surveillance, compréhension et implications pour la gestion

- Fort déclin de la population d'albatros à bec jaune et risque pour l'albatros d'Amsterdam suite à des épizooties récurrentes de choléra aviaire supposées tuer massivement les poussins sur l'île d'Amsterdam



Déterminer les mécanismes expliquant l'occurrence des épizooties de choléra aviaire et évaluation de moyens possibles de gestion

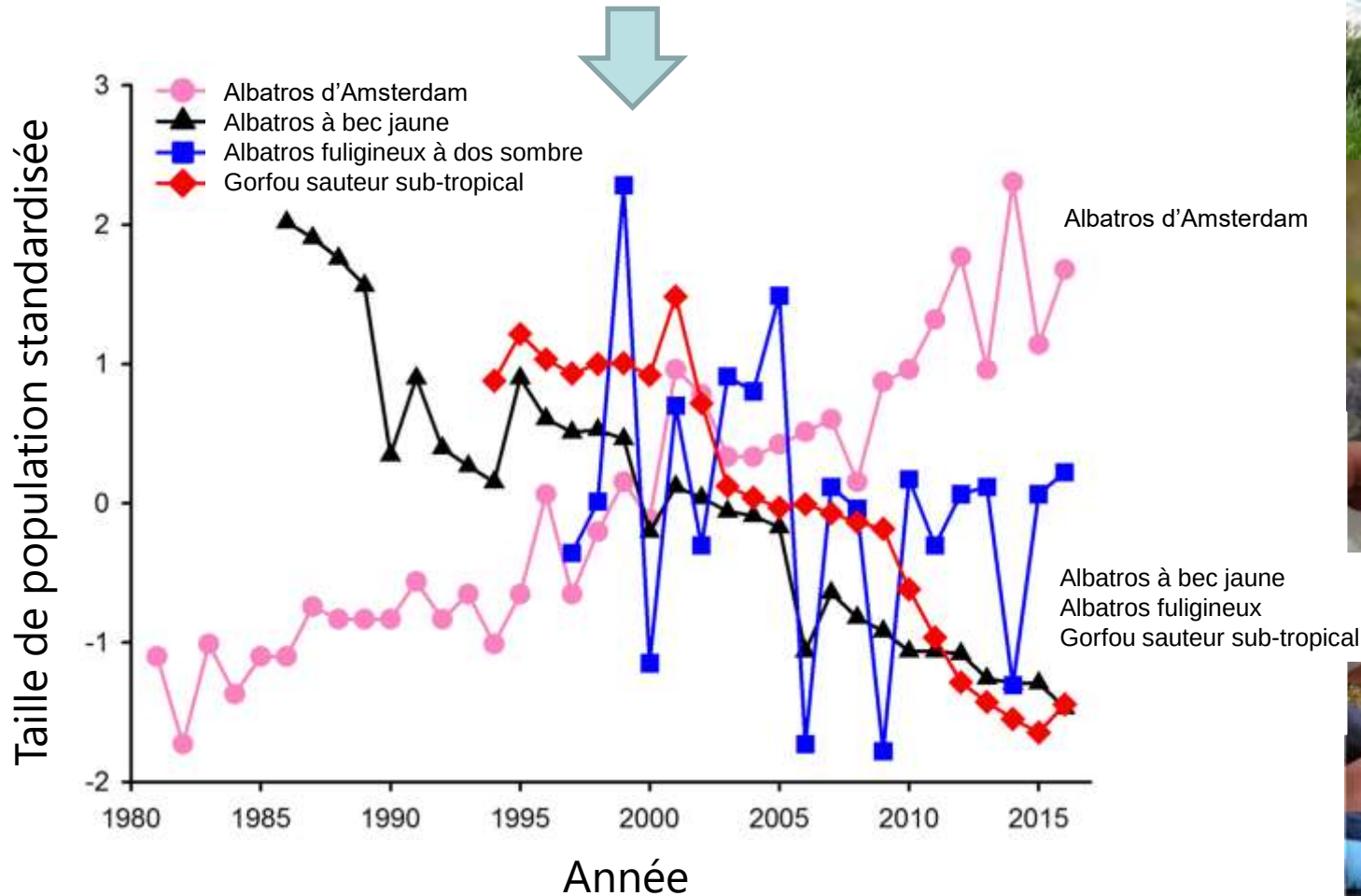


- Collaboration avec la Réserve Nationale Naturelle des TAAF
- > 20 années de suivi démographique (CEBC) et 9 années de données éco-épidémiologiques
 - ~ 3000 prélèvements sur adultes et poussins
 - Suivi du statut sérologiques d'adultes et poussins et de leur survie
- Quel(s) pathogène(s) responsable(s) ? Sur quelles espèces ?
- Exposition possible à détecter par séro ? Possible d'utiliser un vaccin ?
- Circulation à quelles échelles spatiales ?



ECOPATH IPEV n°1151 - Circulation d'agents infectieux dans les populations de vertébrés coloniaux des terres australes: surveillance, compréhension et implications pour la gestion

- Fort déclin de la population d'albatros à bec jaune et risque pour l'albatros d'Amsterdam suite à des épizooties récurrentes de choléra aviaire supposées tuer massivement les poussins sur l'île d'Amsterdam

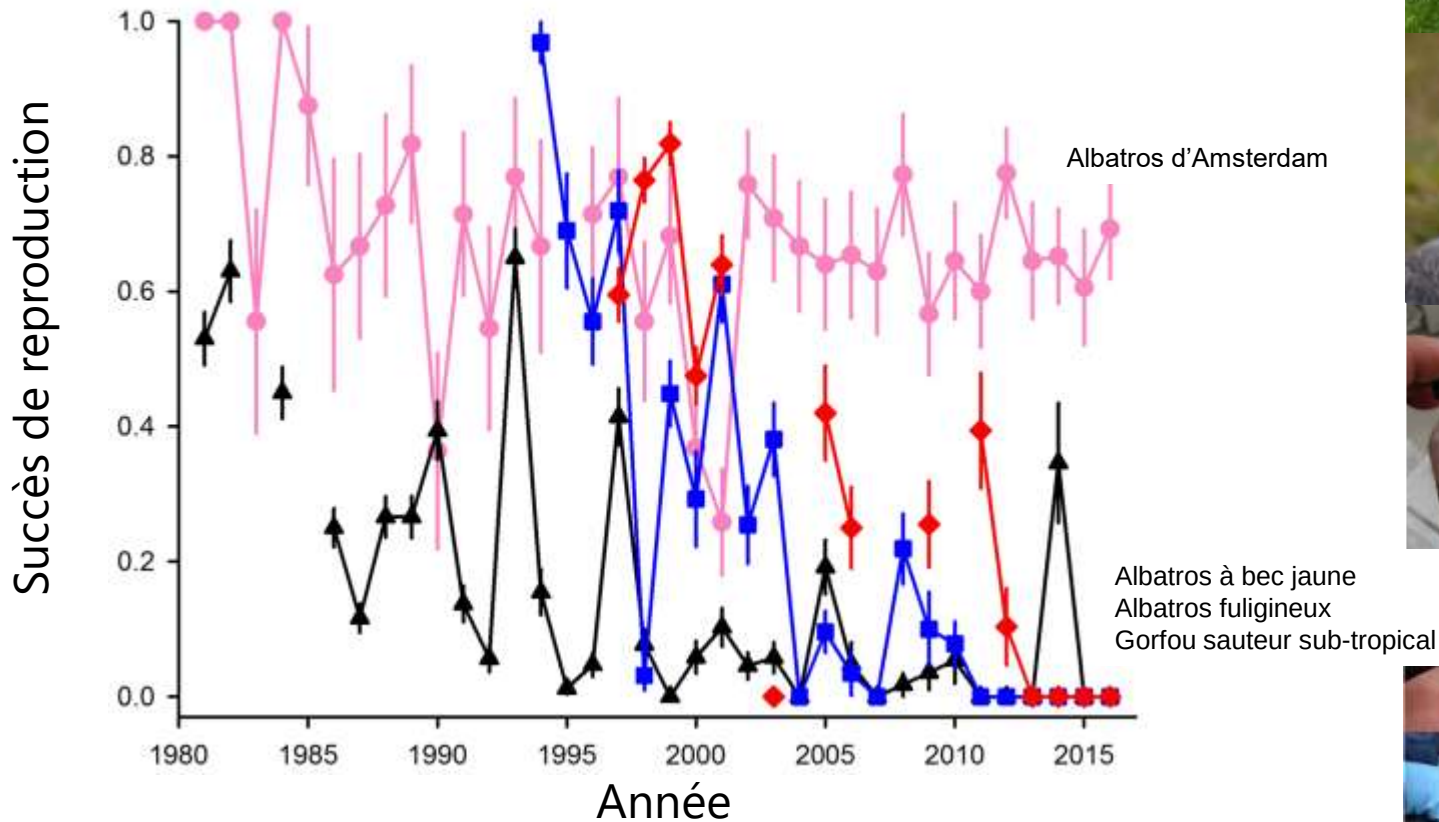


Jaeger et al. 2018 *PLOS One*



ECOPATH IPEV n°1151 - Circulation d'agents infectieux dans les populations de vertébrés coloniaux des terres australes: surveillance, compréhension et implications pour la gestion

- Fort déclin de la population d'albatros à bec jaune et risque pour l'albatros d'Amsterdam suite à des épizooties récurrentes de choléra aviaire supposées tuer massivement les poussins sur l'île d'Amsterdam



Jaeger et al. 2018 *PLOS One*



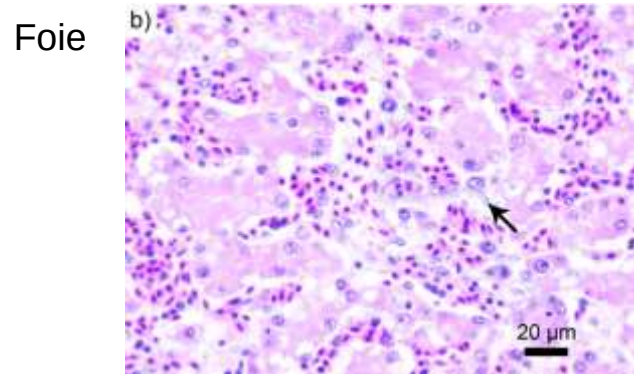
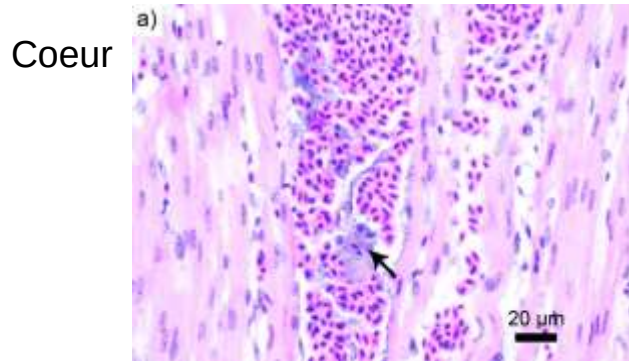
➤ Tests vaccinaux pour déterminer si les poussins pourraient être protégés



Albatros à bec jaune (> 10 000 couples, en fort déclin)

Combinaison d'outils/approches

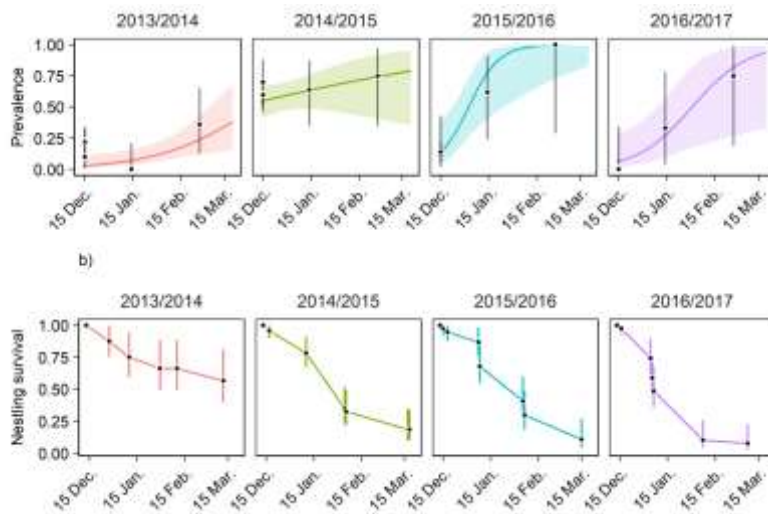
- Nécropsie, analyses anatomopathologique



Septicémie à bactérie gram -



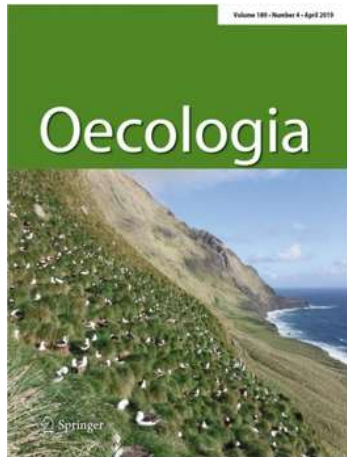
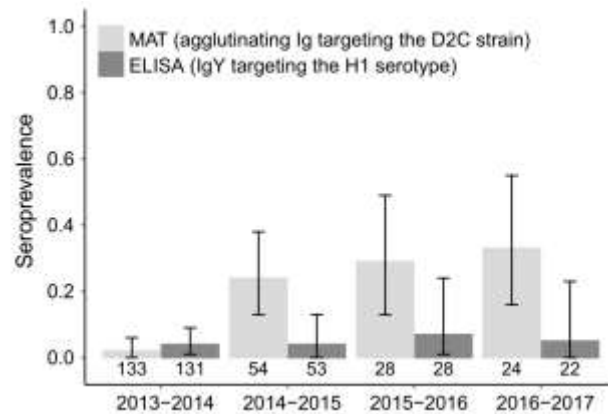
- Epidémiologie moléculaire (PCR)



Jaeger, A.*, Gamble, A.*, Lagadec, E.*, Lebarbenchon, C., Bourret, V., Tornos, J., Barbraud, C., Lemberger, K., Delord, K., Weimerskirch, H., Thiebot, J.-B., Boulinier, T. & Tortosa, P. 2020 Annual bacterial epizootics impact albatross populations on a remote oceanic island. **EcoHealth**

Combinaison d'outils/approches

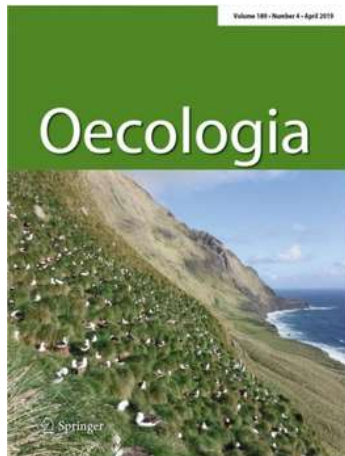
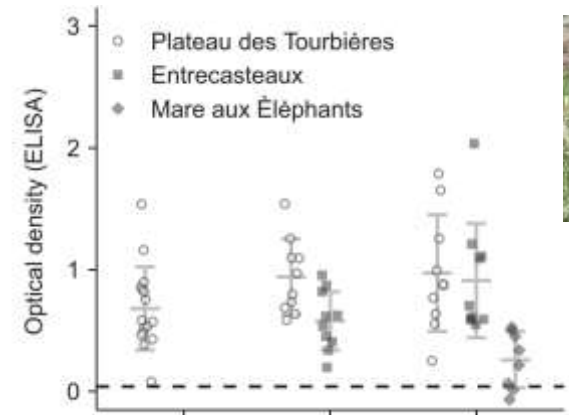
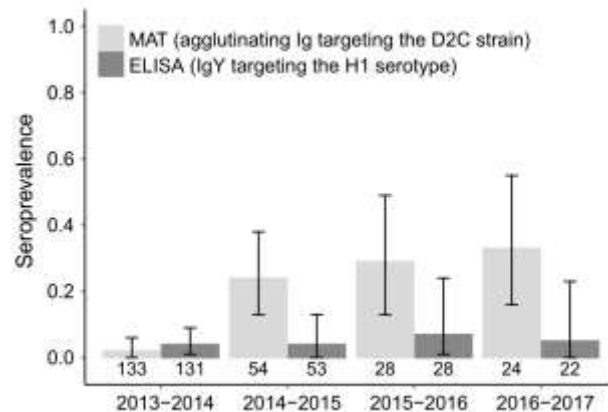
- Sérologie



Gamble A., Garnier R., Jaeger A., Thibault E., Gantelet H., Tortosa P., Bourret V., Thiebot J.-B., Delord K., Weimerskirch H., Tornos J., Barbraud C. & Boulinier T. 2019. Exposure of albatrosses to the avian cholera agent leads to short-lived immune response: implications for disease surveillance and management. ***Oecologia*** 189: 939-949.

Combinaison d'outils/approches

- Sérologie

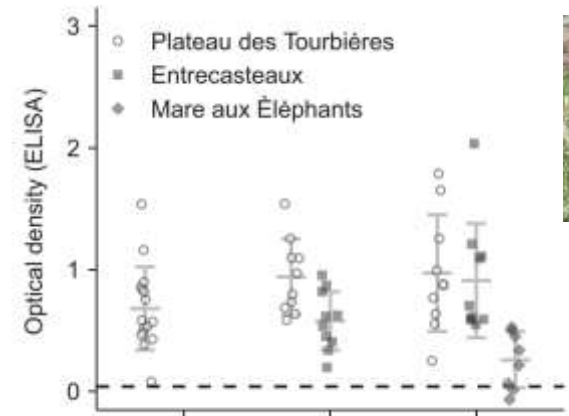
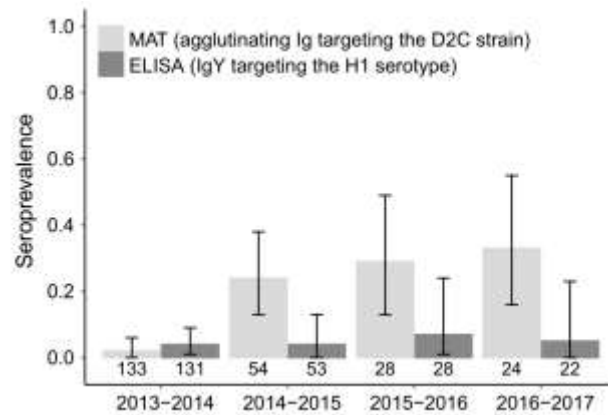


Gamble A., Garnier R., Jaeger A., Thibault E., Gantelet H., Tortosa P., Bourret V., Thiebot J.-B., Delord K., Weimerskirch H., Tornos J., Barbraud C. & Boulinier T. 2019. Exposure of albatrosses to the avian cholera agent leads to short-lived immune response: implications for disease surveillance and management. **Oecologia** 189: 939-949.

Gamble, A., Bazire, R., Delord, K., Barbraud, C., Jaeger, A., Gantelet, H., Thibault, E., Lebarbenchon, C., Lagadec, E., Tortosa, P., Weimerskirch, H., Thiebot, J.-B., Garnier, R., Tornos, J. & Boulinier, T. 2019. Predator and scavenger movements among and within endangered seabird colonies: opportunities for pathogen spread. **Journal of Applied Ecology** 57: 367-378.

Combinaison d'outils/approches

- Sérologie



- Microbiologie



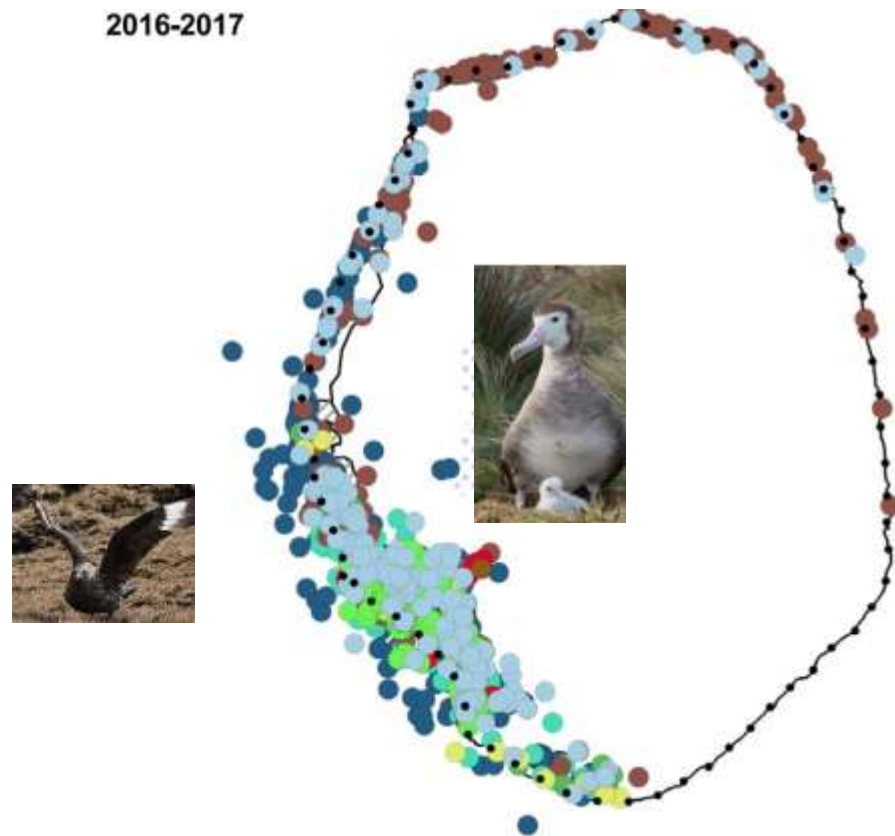
Bost, Boulinier, Gamble, Tornos, Gantelet, Keck, Clessin, Bost et al., non publié



Pasteurella multocida / gorfou sauteur sub-tropical

Combinaison d'outils/approches

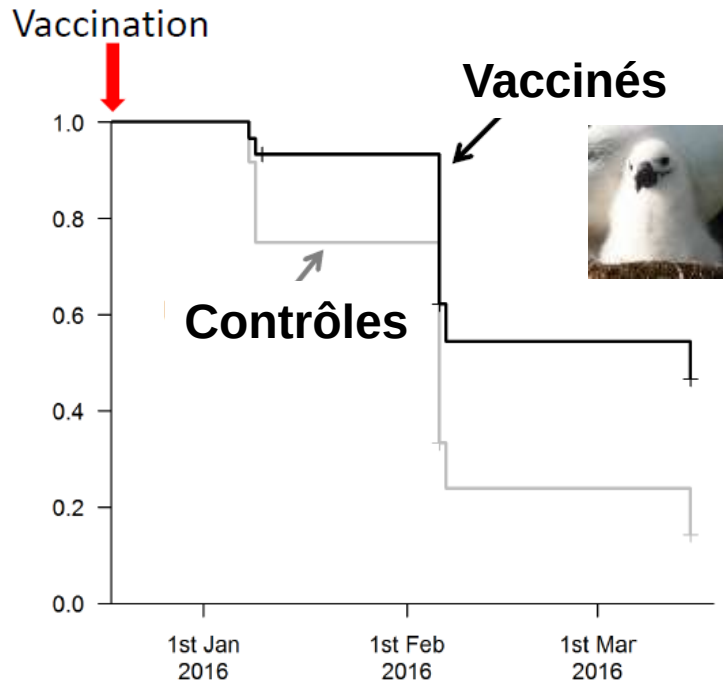
- Démographie (Capture-Marquage-Recapture)
- Suivis de déplacements (GPS, GLS)



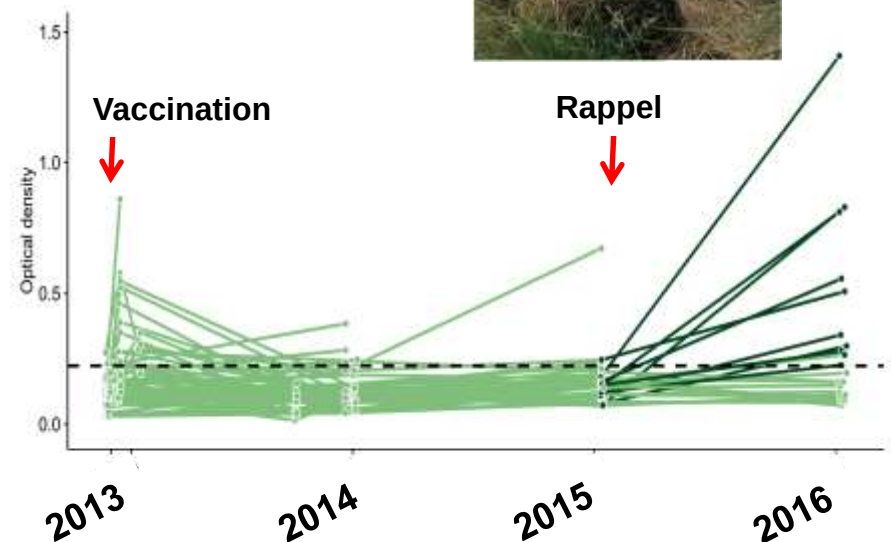
Gamble, A., Bazire, R., Delord, K., Barbraud, C., Jaeger, A., Gantelet, H., Thibault, E., Lebarbenchon, C., Lagadec, E., Tortosa, P., Weimerskirch, H., Thiebot, J.-B., Garnier, R., Tornos, J. & Boulinier, T. 2019. Predator and scavenger movements among and within endangered seabird colonies: opportunities for pathogen spread. *Journal of Applied Ecology* 57: 367-378.

Combinaison d'outils/approches

- Expérimentation: évaluation d'approches vaccinales



Taux d'anticorps



- Fort effet protecteur du vaccin administré aux poussins une année d'épizootie
- Chez les adultes, un rappel de vaccination 2 ans après la première permet une persistance inter-annuelle et de forts taux d'anticorps

Bourret, V., Gamble, A., Tornos, J., Jaeger, A., Delord, K., Barbraud, C., Tortosa, P., Kada, K., Thiebot, J.-B., Thibault, E., Gantelet, H., Weimerskirch, H., Garnier, R. & Boulinier, T. 2018. Vaccination protects endangered albatross chicks against avian cholera. *Conservation Letters* 11: e12443.

Combinaison d'outils/approches

- Expérimentation: évaluation d'approches vaccinales
- Effet protecteur pas nettement retrouvé chaque année : Interférence des rats ?



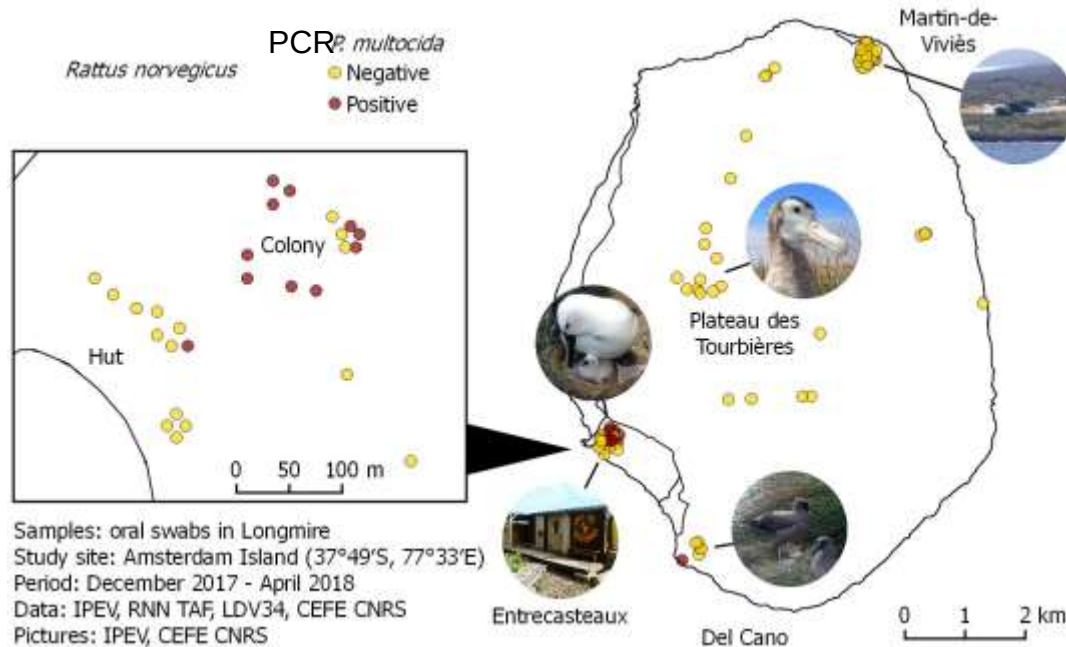
Rats en pleine journée

IMPLICATIONS DES RATS : Forte mortalité par attaques directes en 2018-2019



Combinaison d'outils/approches

- Epidémiologie moléculaire (PCR) sur les rats



Gamble et al.
en préparation

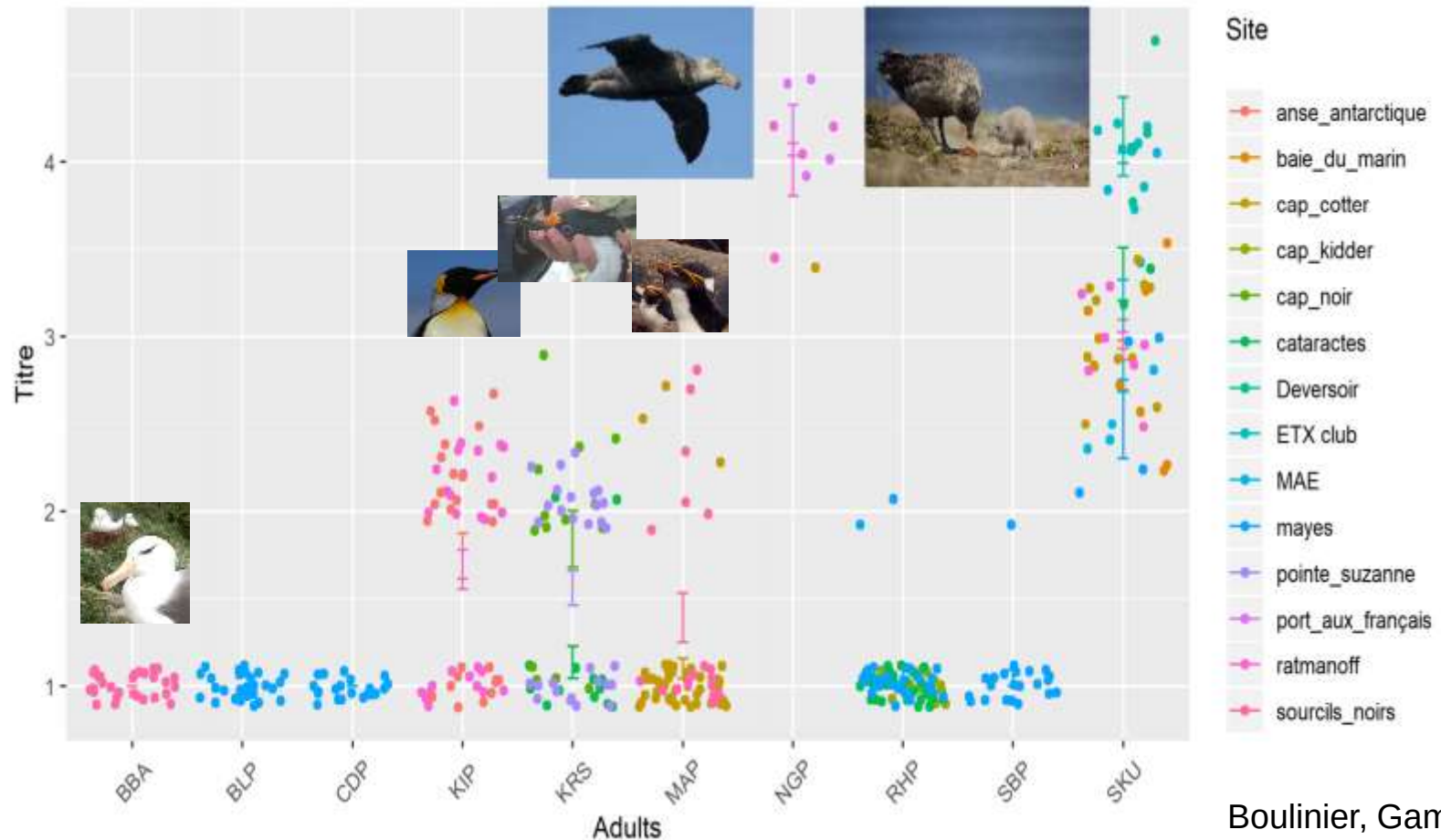
- Expérimentations: plan d'éradication des mammifères introduits prévu

- Les rats sont porteurs et contribuent à la transmission et aux mortalités
- Effet de la dératisation sur les dynamiques éco-épidémiologiques ?

LDV 34

- Circulation à des échelles plus grandes ?

Analyses sérologique anti-*Pm* de plasma collectés sur CROZET, KERGUELEN, AMSTERDAM et NEW ISLAND



Boulinier, Gamble et al.,
en préparation

- Exposition à une/des souche/s pathogène/s ou pas ?
- Où et quand les individus sont-ils exposés ? Mode de transmission/maintien ?

Une collaboration bénéfique entre gestionnaires et chercheurs:

➤ Compréhension de processus généraux

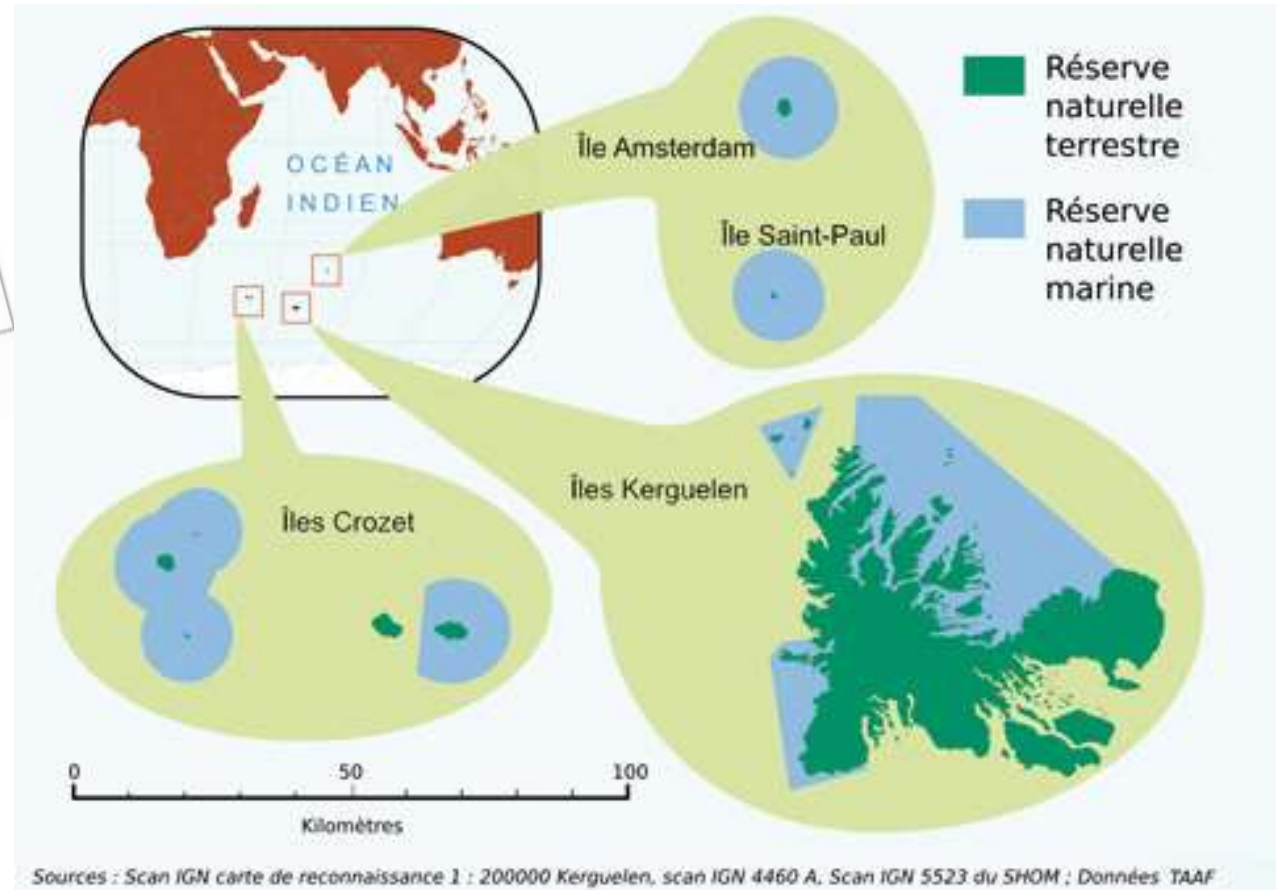
➤ Résultats pour les gestionnaires

- Meilleure compréhension (-> biosécurité..) + tests de moyens de gestion (vaccin)
- Opportunité de comparer différents scénarios de gestion (vaccination ou pas? quelles espèces? effets éradication ?)
- Surveillance d'émergences potentielles

➡ Intégration des approches dans le plan de gestion



The image shows a blue plastic container, likely a specimen tray, filled with numerous small, light-colored, irregularly shaped objects. These objects appear to be biological specimens, possibly small invertebrates or plant fragments, which are being examined or prepared. The container is placed on a surface, and in the background, a French document is visible. The document is titled 'SURVEILLANCE DES MORTALITÉS ANORMALES DE LA FAUNE SAUVAGE DES TERRES AUSTRALES FRANÇAISES' (Monitoring of abnormal mortalities of wild fauna of French overseas territories). It features the French flag and logos of the 'SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ÉCOLOGIE' and 'SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ÉCOLOGIE'. The document is a form for recording and reporting abnormal mortalities of wild fauna in French overseas territories.



République Française
 TERRES AUSTRALES
 ET ANTACTIQUES FRANÇAISES



OFB
OFFICE FRANÇAIS
DE LA BIODIVERSITÉ

USF/SAGIR

Implications de personnels qualifiés

Vétérinaires, mais aussi biologistes



Formation

Sessions spécifiques :

- nécropsie faune sauvage pour suivi éco-épidémiologique dans les terres australes
- microbiologie de terrain
 - terrain



Kerguelen, 2018

Projet SENTIMOUV



Juliet LAMB



(DCSMM)



Une approche originale: échantillonnage d'œufs pour inférer les variations de l'exposition à des agents infectieux dans l'espace et dans le temps



Pourquoi les œufs ?

- L'histoire d'exposition des individus peut être explorée par la détection d'anticorps contre des agents infectieux
- Les femelles reproductrices transmettent de grandes quantités d'anticorps à leur poussins via le jaune d'œuf
- Les œufs sont plus faciles à échantillonner que de capturer des adultes pour faire des prises de sang (et il existe des plans de destruction des œufs chez certaines espèces)



Une approche originale: échantillonnage d'œufs pour inférer les variations de l'exposition à des agents infectieux dans l'espace et dans le temps



Goélands leucophée (*Larus michahellis*)



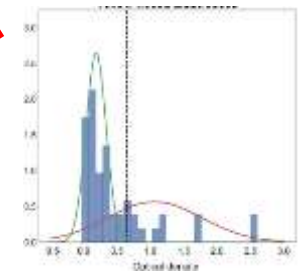
Cartographie de l'exposition



1 oeuf / 3



ELISA contre agents infectieux



Données
sérologiques

(Pearce-Duvet et al. 2009 *Emerging Infectious Diseases*, Arnal et al. 2014 *PLOS One*
Hammouda et al. 2014 *Avian Pathology*, Gamble et al. 2019 *Int J Parasitol*)

Visite rapide des colonies (fin mars-début avril)





Test de flottaison: uniquement
œufs qui coulent
(fraichement pondus)

1 œuf par ponte

Total de 36 œufs par colonie



Frioul, Marseille



Delta de l'Ebre

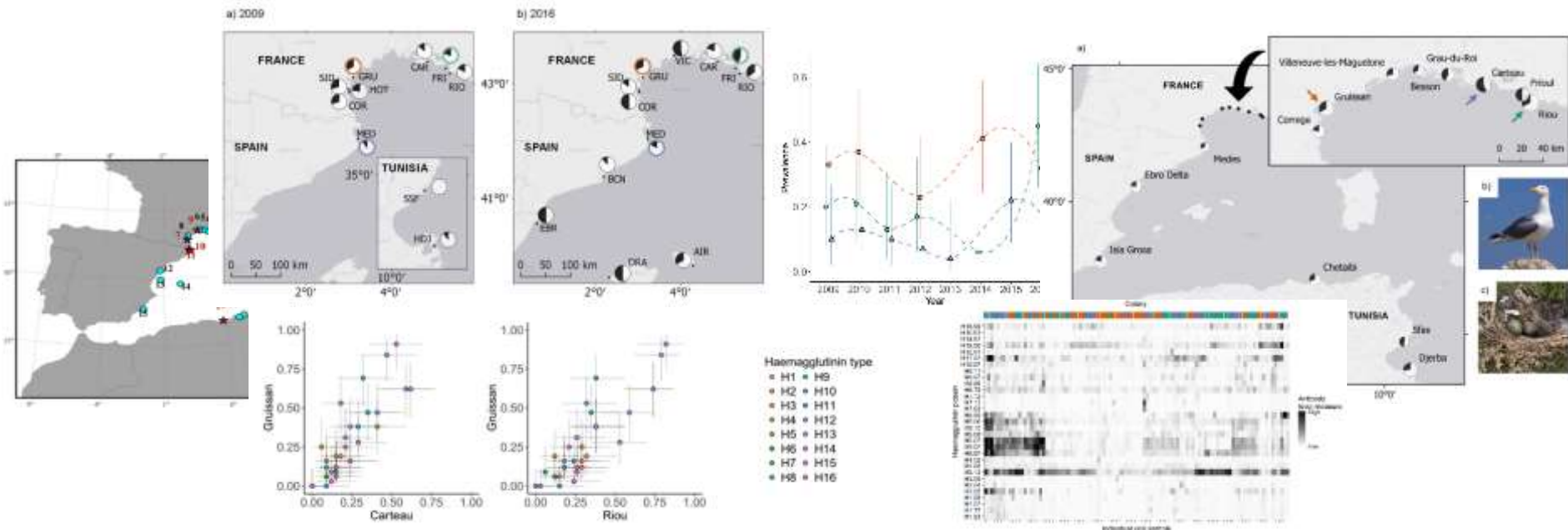
Colonies de goélands leucophée
des côtes de la Méditerranée
(France, Espagne), principalement
dans des habitats naturels
+- en zones urbaines



Frioul, Marseille

Résumé des résultats obtenus

- Corrélation entre le taux d'anticorps dans les œufs et dans le plasma de la femelle qui a pondu, et corrélation des taux d'anticorps des œufs au sein d'un même nid
- Exposition variable dans le temps et l'espace au virus de l'Influenza aviaire et au parasite *Toxoplasma gondii*, avec de relativement fortes prévalences (>20%) sur beaucoup des colonies, alors que les goélands ne sont exposés à un *flavivirus* que sur une seule une colonie (île de Medes, Espagne).
- Homogénéité des profils d'exposition aux virus de l'**Influenza aviaire** entre colonies



Pearce-Duvet et al. 2009 *Emerging Infectious Diseases*; Hammouda 2011 *Plos One*, 2012 *Vector Borne Zoonotic Diseases*, 2014 *Avian Diseases*; Arnal et al. 2014 *Plos One*; Gamble et al. 2019 *International Journal of Parasitology*; Gamble et al., en révision

Conclusion et perspectives:



- Approche efficace, qui peut être conduite à différentes échelles
- Possible de **combiner l'échantillonnage d'oeufs à un suivi par capture-marquage-recapture** pour estimer des paramètres démographiques et épidémiologiques (intégration possible des deux approches; Gamble et al. 2019 *Ecology*)
- Suivi par **GPS** des déplacements des goélands en relation avec leur performance de reproduction et leurs profils infectieux ?
- Où/quand sont exposés les poussins dans le cas de *Toxoplasma gondii* ? → **Suivi des taux d'anticorps chez les poussins**
- Consideration d'autres agents infectieux et intégration d'autres suivis, en zone littorale/urbaine → polluants (mercure) / **DSCMM**

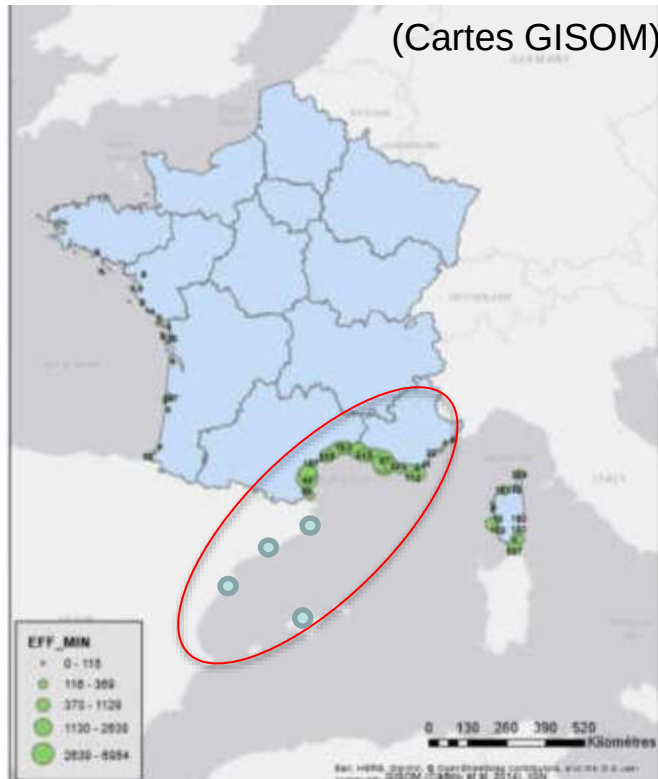


Gauthier Poiriez,
Paco Bustamente

2021



Goéland argenté



Goéland leucophée



+ GPS + CMR



Juliet LAMB



(DCSMM)



Conclusion générale

- Intérêt pour comprendre le fonctionnement des populations et leurs réponses aux changements environnementaux
- Intérêt pour la gestion: conservation de la biodiversité et rôles de sentinelles
- Importance de la coordination surveillance-recherche



Remerciements



Jeremy TORNOS



(Doctorant)



Amandine GAMBLE
(Veto + Thèse Université)



(Postdoc)



Romain GARNIER
(Veto + Thèse Université)

Georgetown
University
(Postdoc)



Nicolas GIRAUD
(VSC 2015-2016)



Marine BELY
(VSC 2016-2018)



Augustin CLESSIN
(VSC 2018-2019)



Aline FLECHET
(VSC 2019-2020)



Juliet LAMB



(Postdoc)



ECOPATH 1151 - 333



EVEMATA

