



# Etude de la plus importante colonie nationale de la Sterne pierregarin à Gravelines

## Description de la méthode de comptage par *distance sampling*



Réseau national oiseaux marins

15 et 16 octobre 2025

Bonifacio

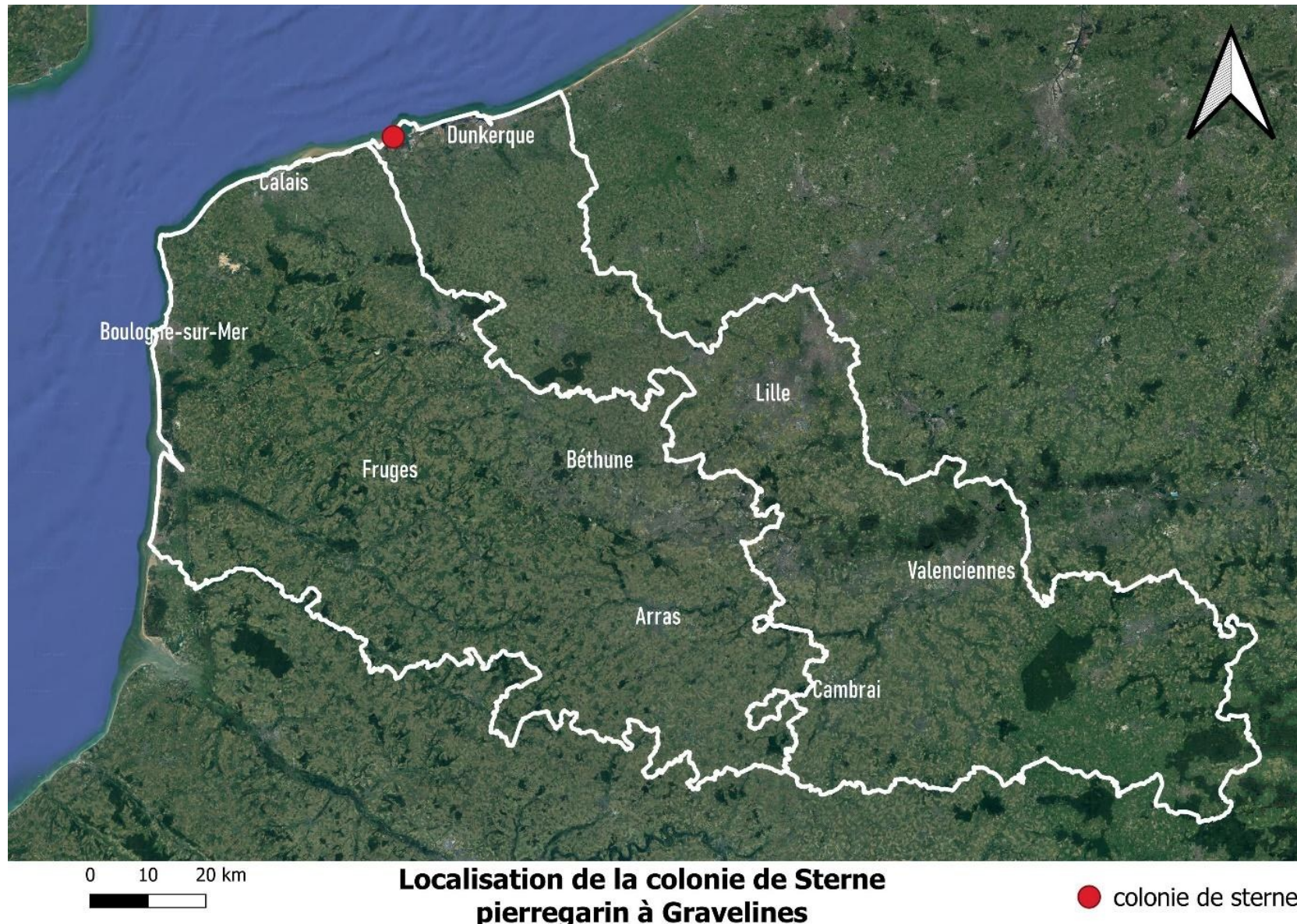
Nicolas Sadoul et Nathan Legroux



**OFB**  
OFFICE FRANÇAIS  
DE LA BIODIVERSITÉ



# Introduction





# Introduction



# Introduction

Deux méthodes : observation « classique » et test drone en 2016 et 2017



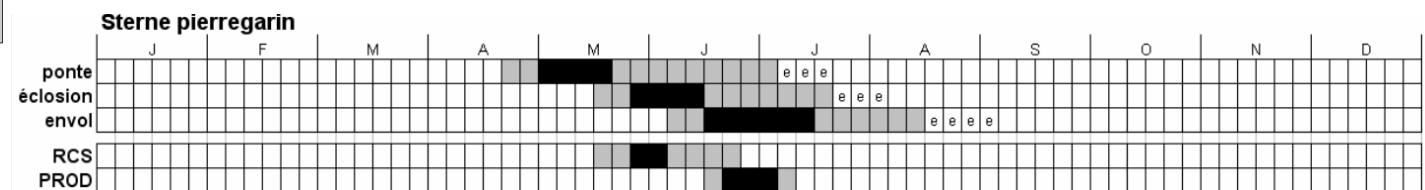
**Méthodes de suivi  
des colonies d'oiseaux marins :  
dénombrement  
de l'effectif nicheur  
et  
suivi de la production  
en jeunes**

Document de travail  
préparé dans le cadre de l'enquête  
« oiseaux marins nicheurs de France 2009-2010 »

Coordination : Bernard Cadiou



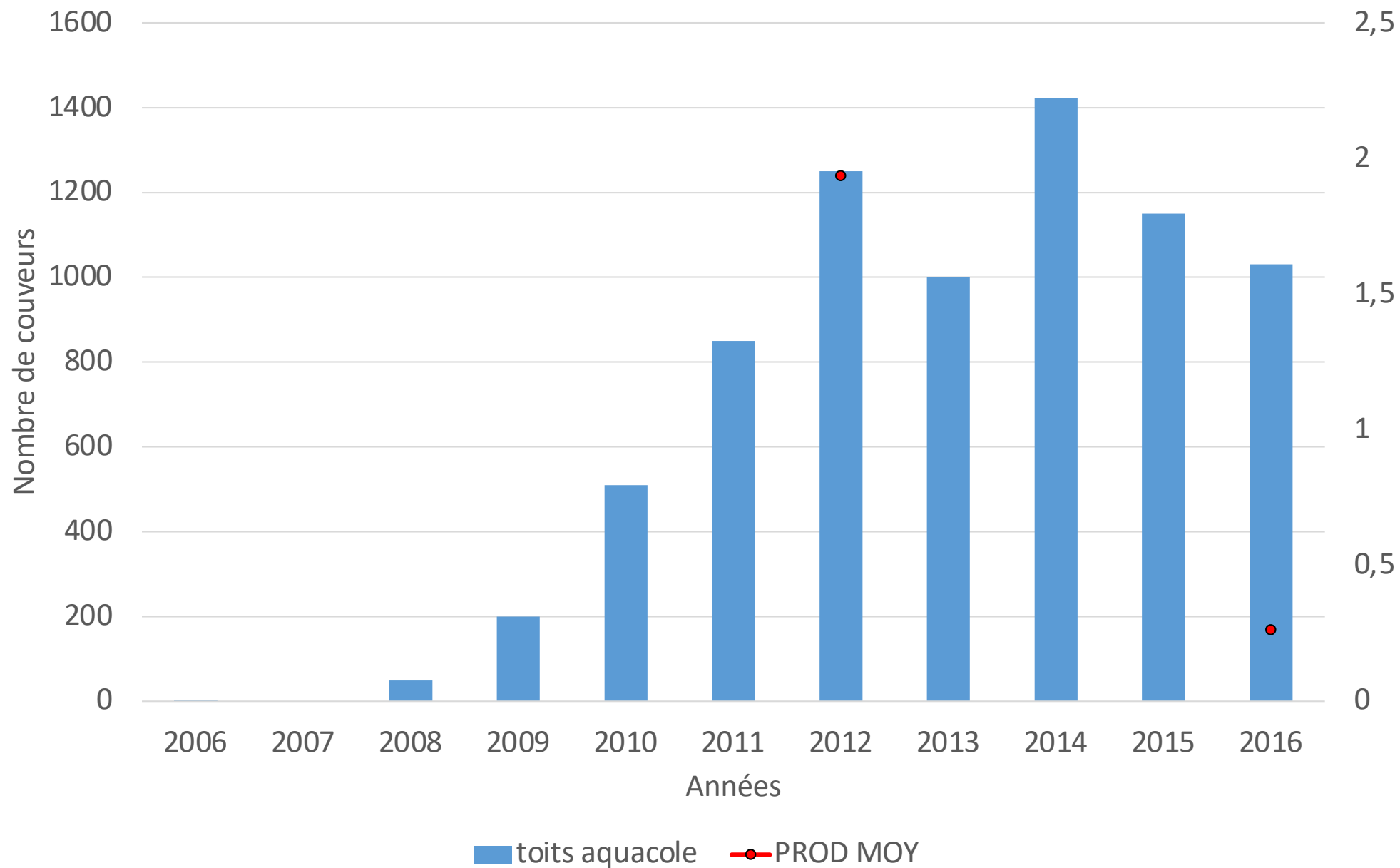
GROUPEMENT D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE OISEAUX MARINS



☐ période principale ☐ période secondaire ☒ date exceptionnelle

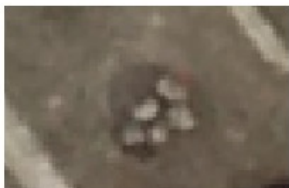
RCS = recensement de l'effectif nicheur ; PROD = estimation de la production en jeunes

## Introduction



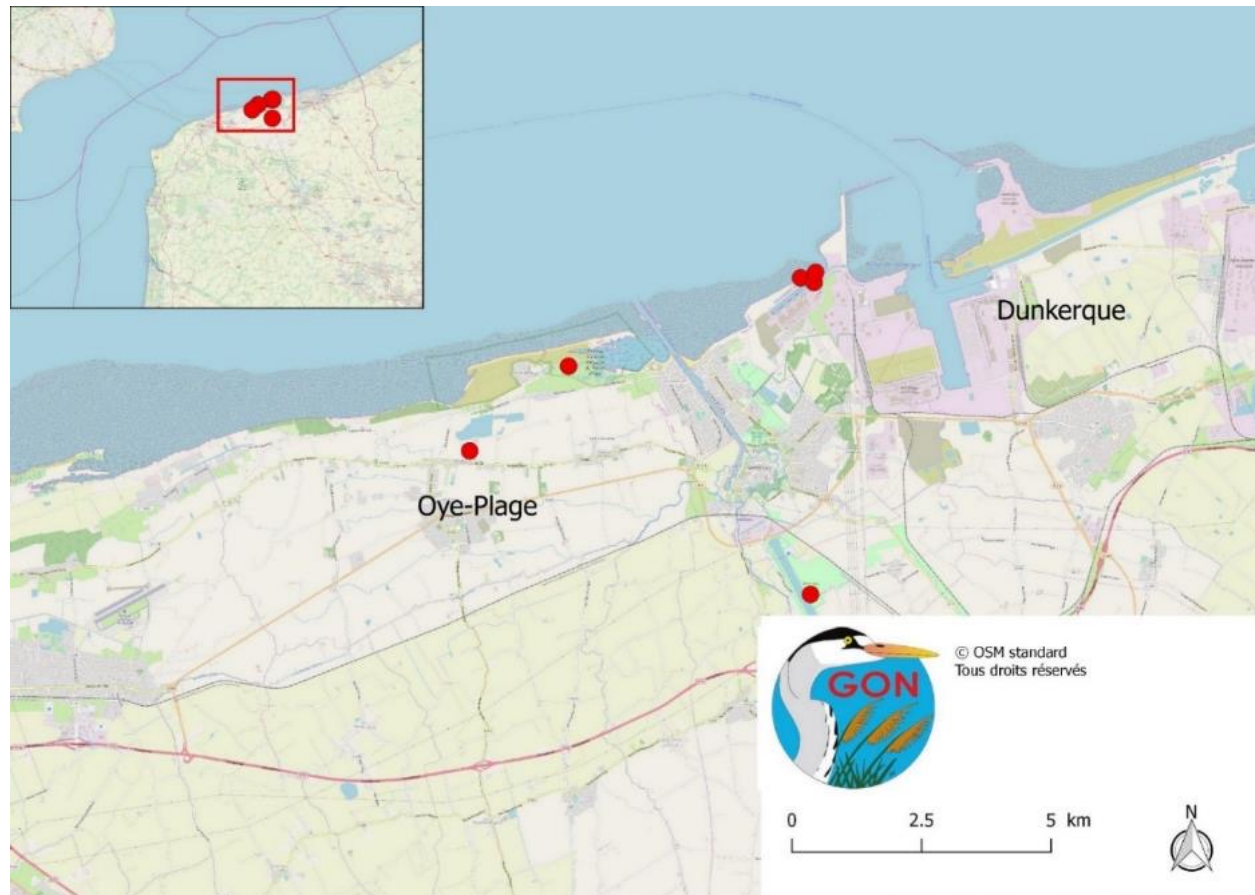


- 2016 : Nettoyage des toits de l'entreprise Aquanord



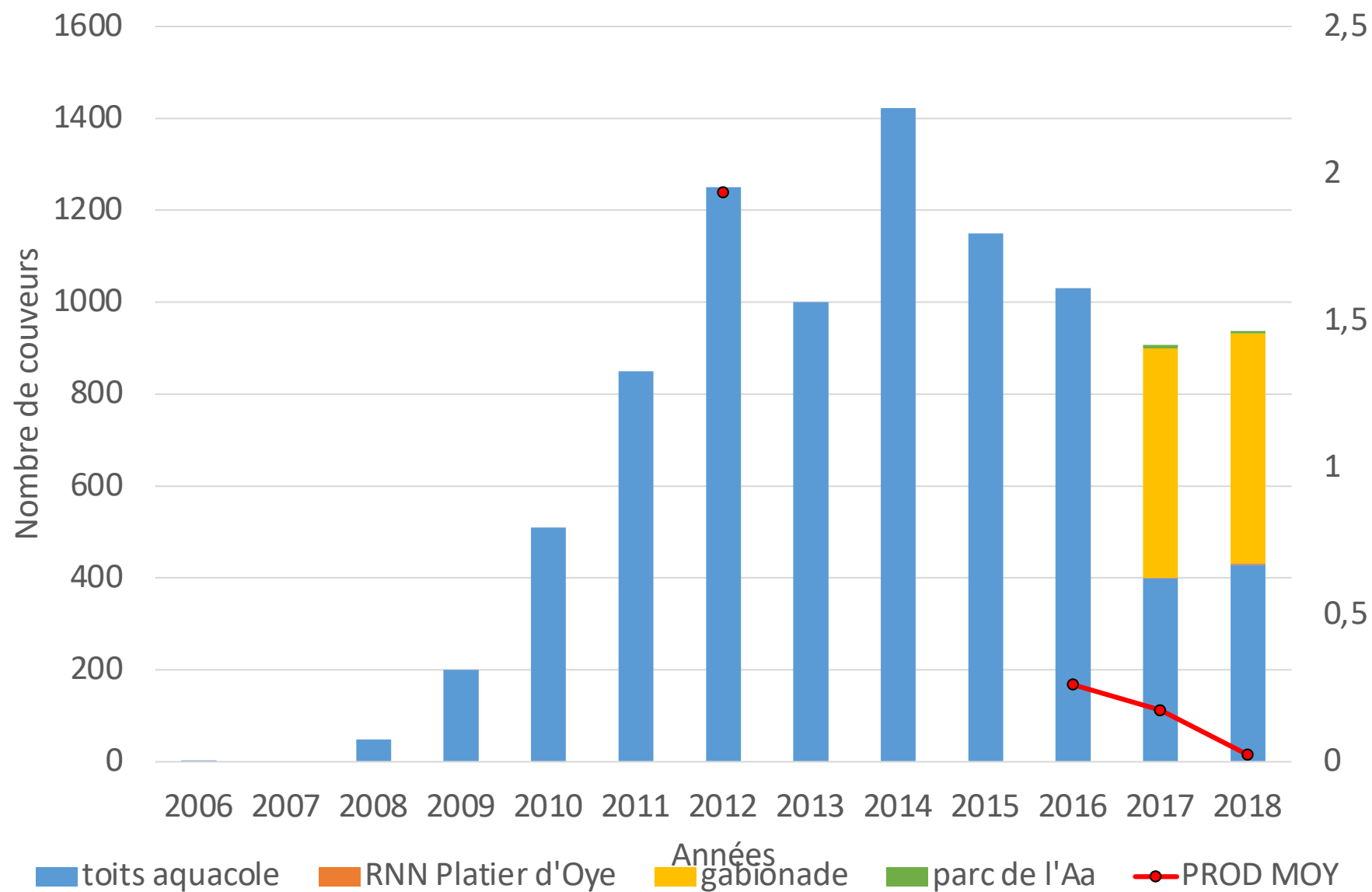
Effet n°1 : baisse des effectifs et échec de la production

- 2016 : Nettoyage des toits de l'entreprise Aquanord



Effet n°2 : nouvelles colonisations

# Introduction

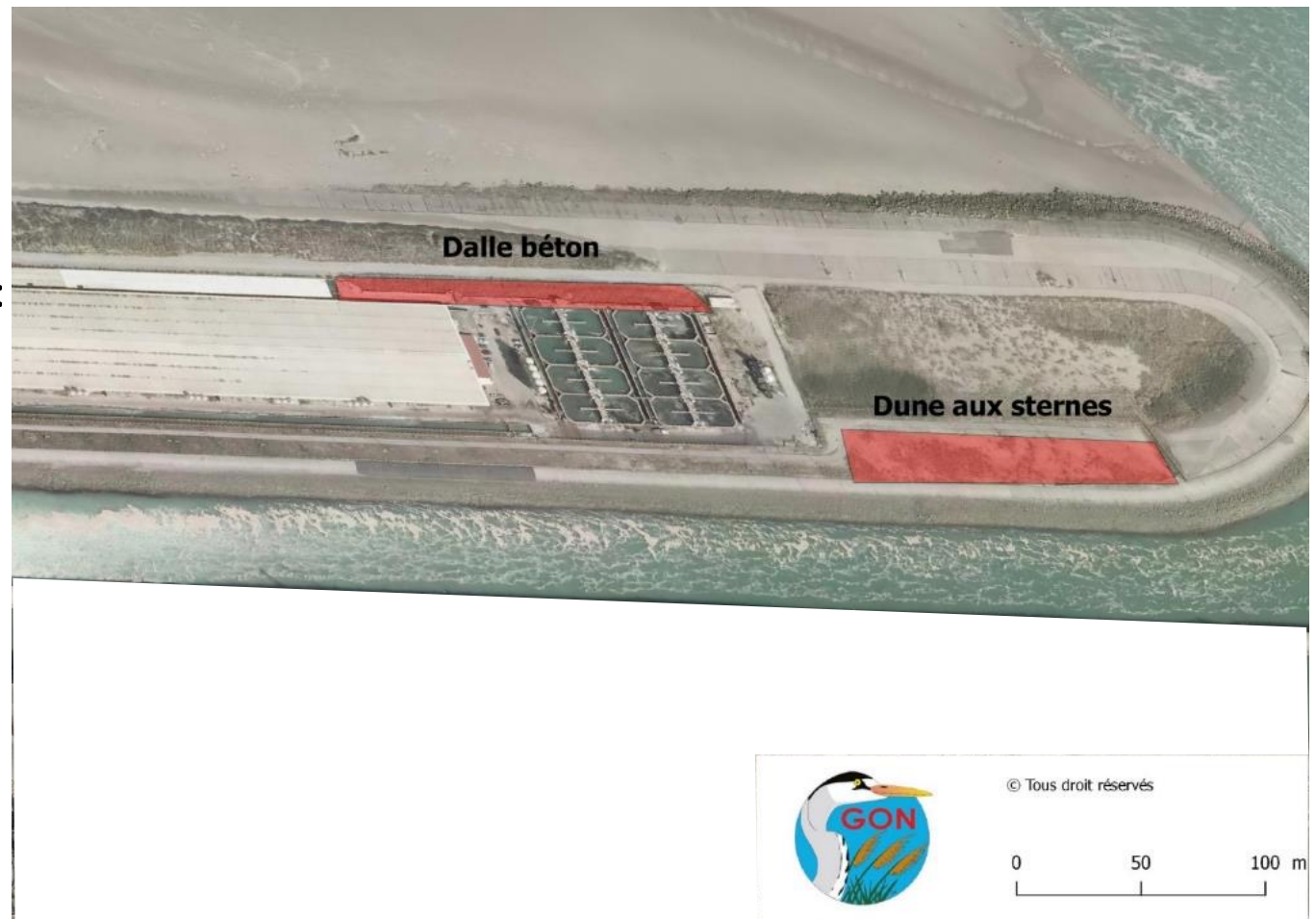




# Introduction

Deux secteurs sont aménagés :

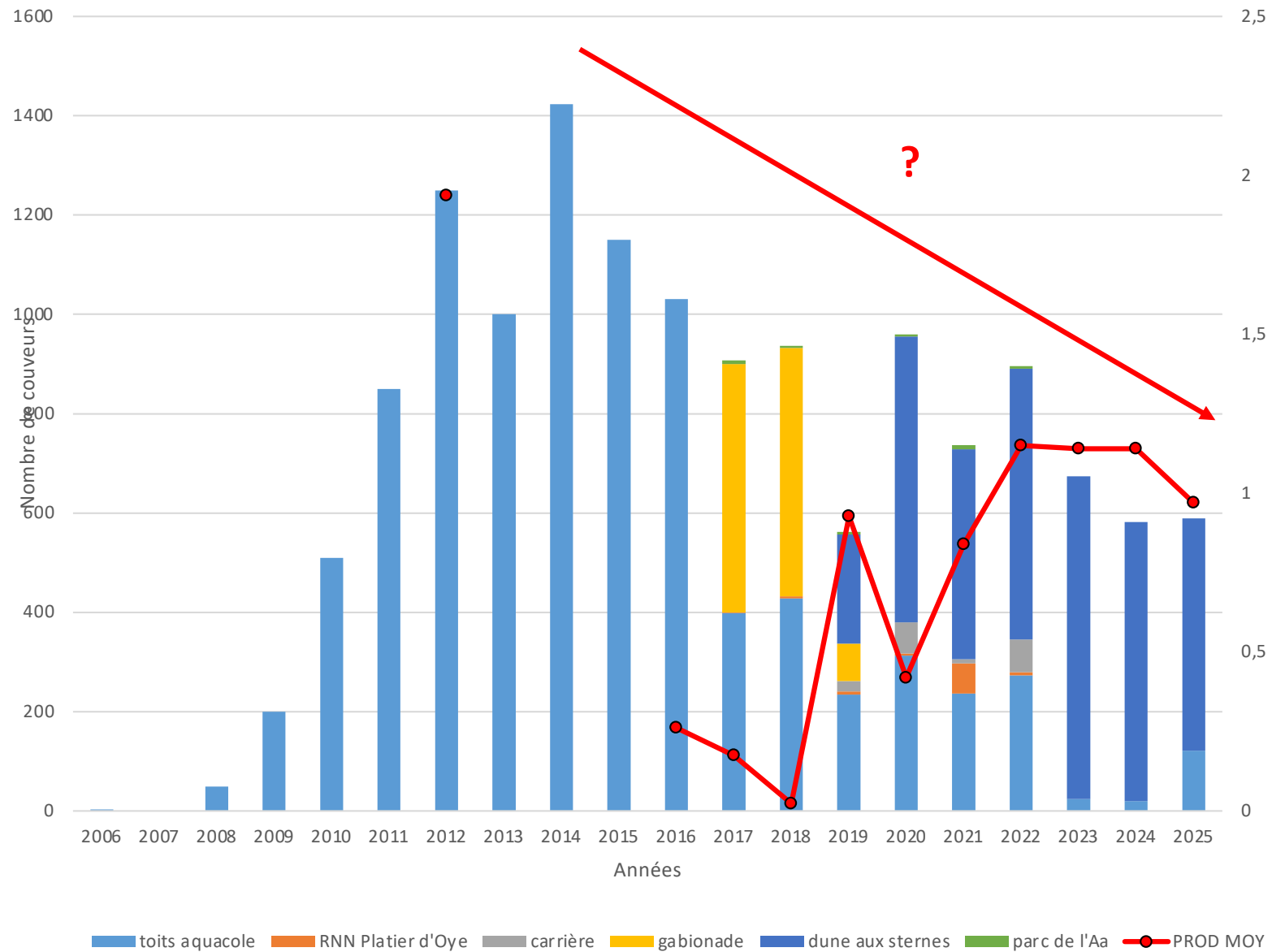
- ✓ La « dalle béton »
- ✓ La parcelle A (dune aux sternes)



# Introduction



# Introduction





2019

# Introduction





2023

# Introduction





2024

# Introduction

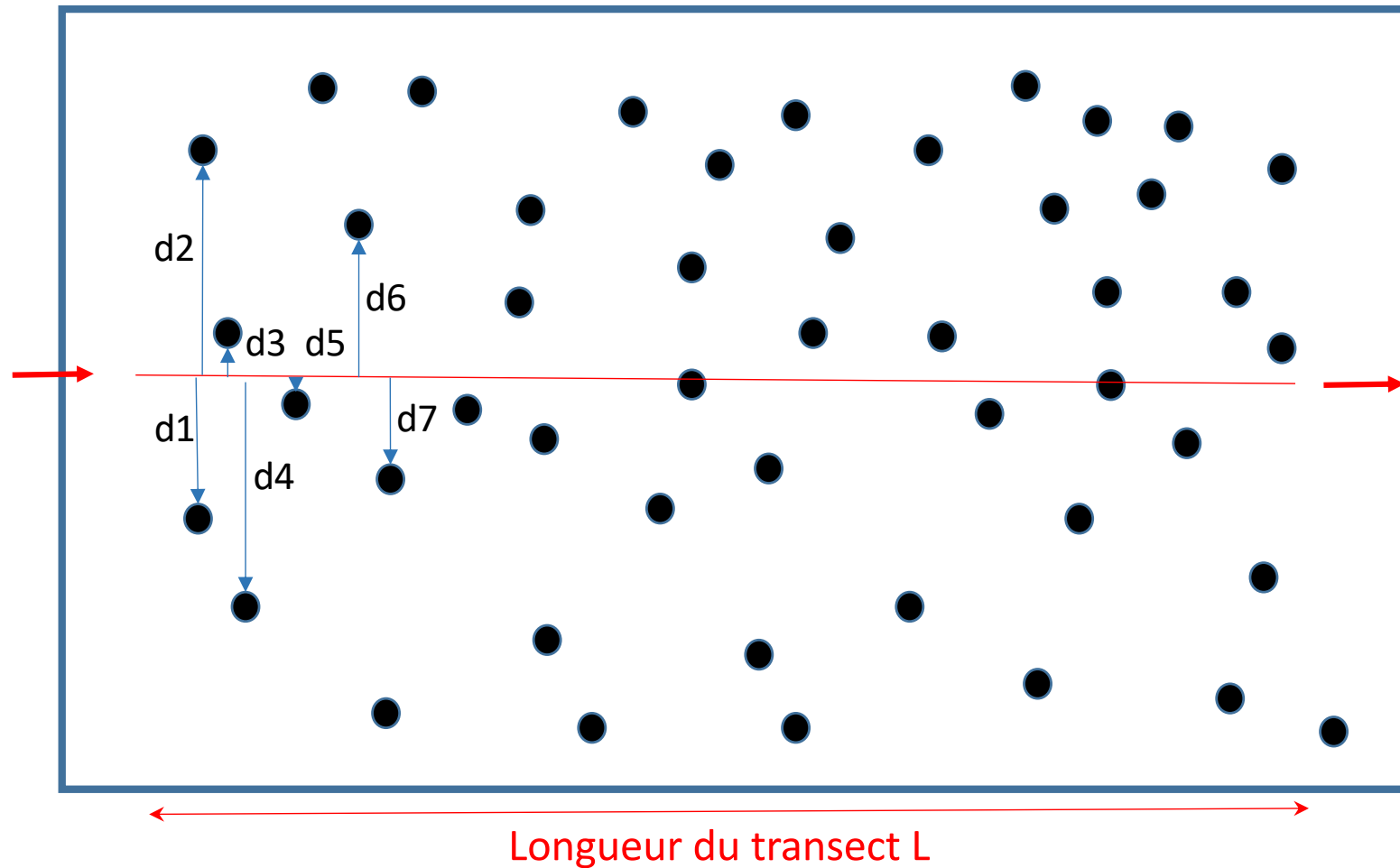
- Détectabilité des nicheurs présents sur la colonie diminue plus les oiseaux sont éloignés du point d'observation.
- Difficulté pour obtenir les autorisations survols drone
- Volonté de ne pas induire un dérangement







## Principe des mesures sur le terrain



Distances  $d_1, d_2, \dots, d_n$  de chaque objet détecté, perpendiculaires à la ligne du transect



## Application sur la dune aux sternes

Déplacement en  
voiture le long de  
la piste

Transects 1, 2,..., 5  
 $L_{\text{total}} = 100\text{m}$

Deux zones  
distinctes de  
végétation

Superficie totale  
occupée par la  
colonie calculée  
sur image  
aérienne  
 $= 4325 \text{ m}^2$







# Application sur la dune aux sternes

→ Chaque distance est reportée à son n° de transect

→ Mesures des distances au télémètre laser



→ Mise en œuvre du distance sampling sur 3 ans :

- ✓ 9 juin 2023 : calage de la manip
- ✓ 23 mai et 4 juin 2024
- ✓ 27 mai et 5 juin 2025

Date:

05/06/2025

Sites:

Dune aux sternes

Obs:

P-L. Gamelin

Secteur	Transect	DISTANCE (m)	Remarques
Homogène	1	3,3	
Homogène	1	2,3	
Homogène	1	5,5	
Homogène	1	3,9	
Homogène	1	0,6	
Homogène	1	6,5	
.....	.....	.....	
.....	.....	.....	
Homogène	3	8,8	
Homogène	3	0,2	
Homogène	3	9,7	
Homogène	3	0	
Homogène	3	0	
.....	.....	.....	
.....	.....	.....	
Hétérogène	4	7,5	
Hétérogène	4	3,5	
Hétérogène	4	3	
Hétérogène	4	1,5	
.....	.....	.....	
.....	.....	.....	





## Principes théoriques

Le nombre d'objets détectés (histogrammes) diminue avec la distance au transect.

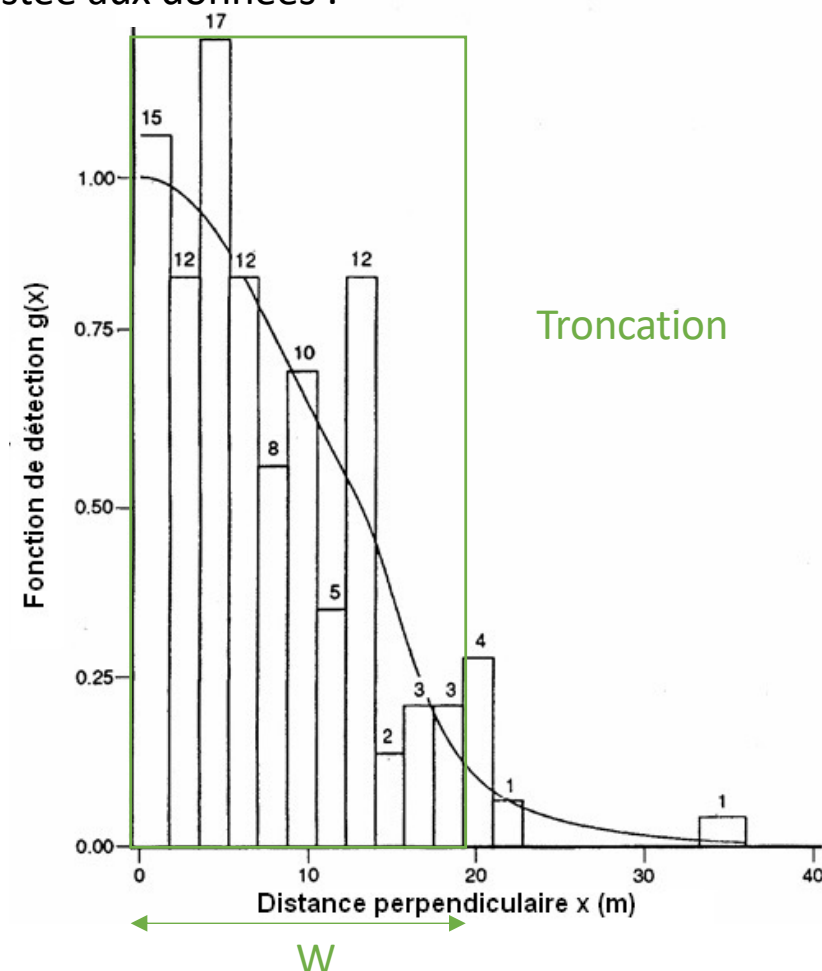
→ modélisation d'une fonction de détection (courbe) ajustée aux données :

☐ Postulat 1 : Tous les objets sur la ligne de transect ( $d=0$ ) sont détectés avec certitude

→ probabilité de détection  $\hat{g}(x)$  varie de  $1 \rightarrow 0$

☐ Postulat 2 : les objets sont mesurés à leur position initiale (avant leur possible déplacement)

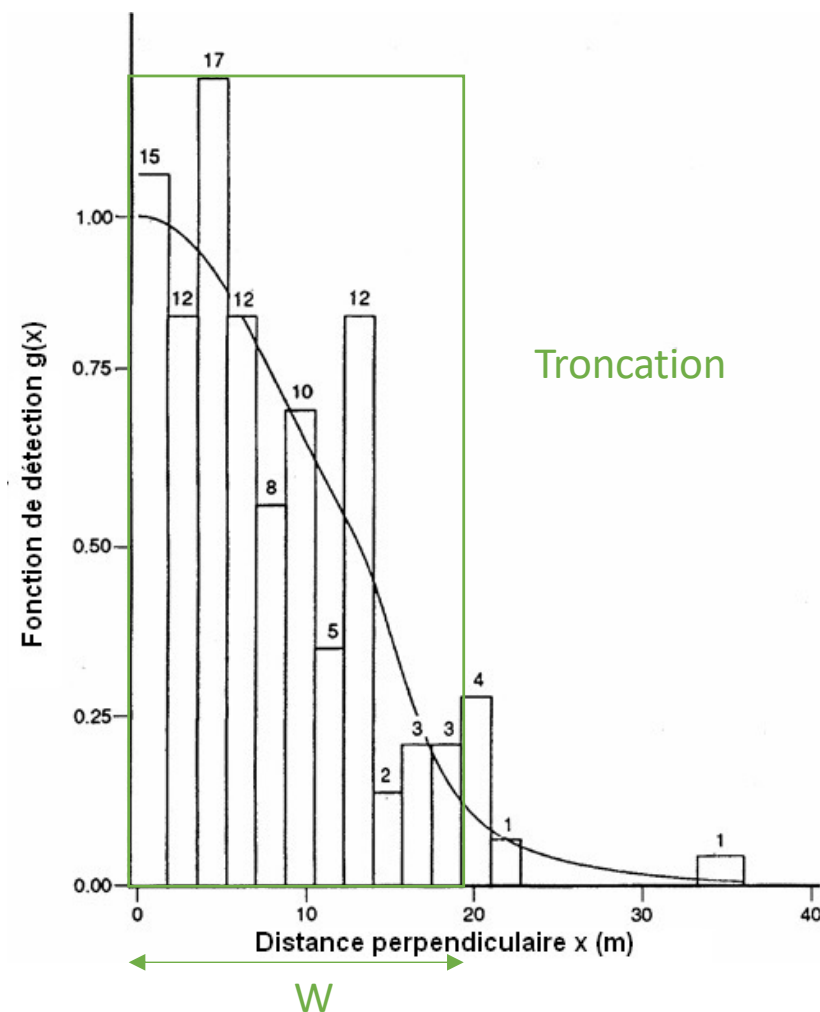
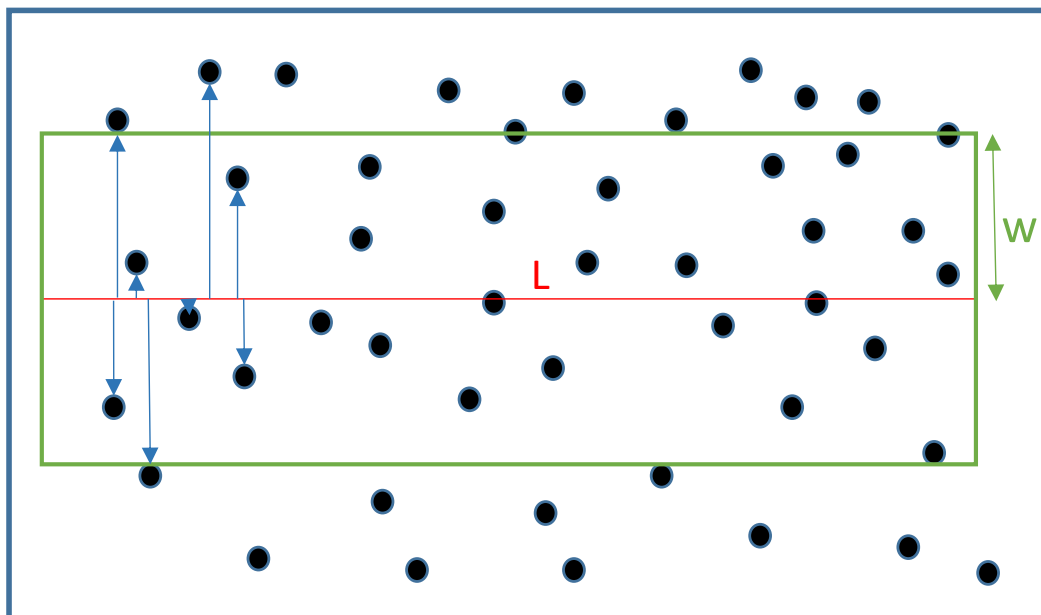
☐ Postulat 3 : les mesures de distance sont exactes





## Principes théoriques

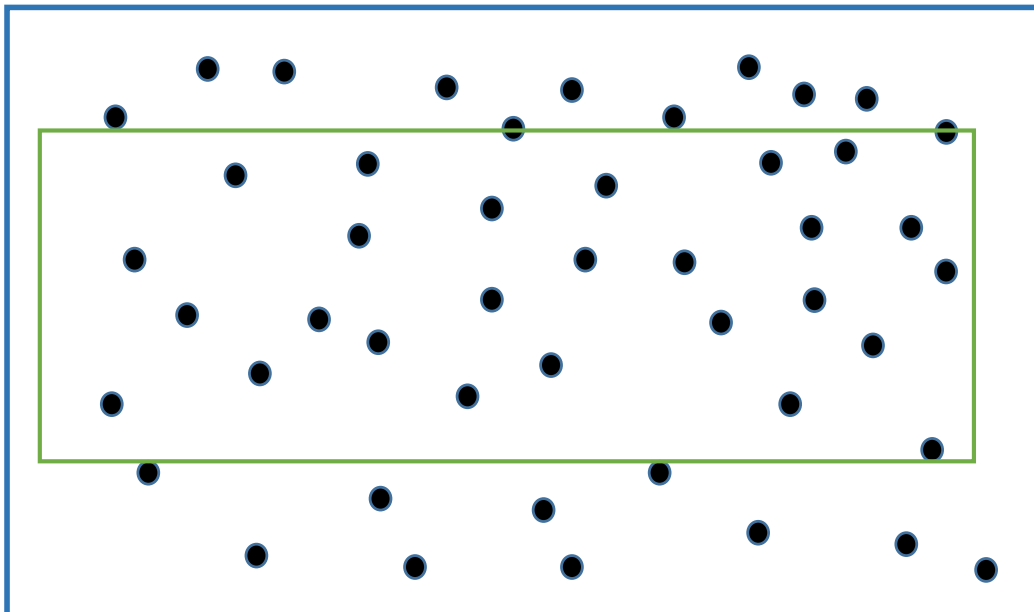
Le modèle estime la densité sur la superficie délimitée par la longueur du transect  $L$  et la largeur  $2W$



## Principes théoriques

Le modèle estime la densité sur la superficie délimitée par la longueur du transect  $L$  et la largeur  $2W$

$$\text{Densité} = \frac{N}{\text{surface}}$$



En distance sampling

$$D = \frac{n}{2L \int_0^W \hat{g}(x) d(x)}$$



$D$  [IC inf ; IC sup]



$N$  [IC inf ; IC sup]

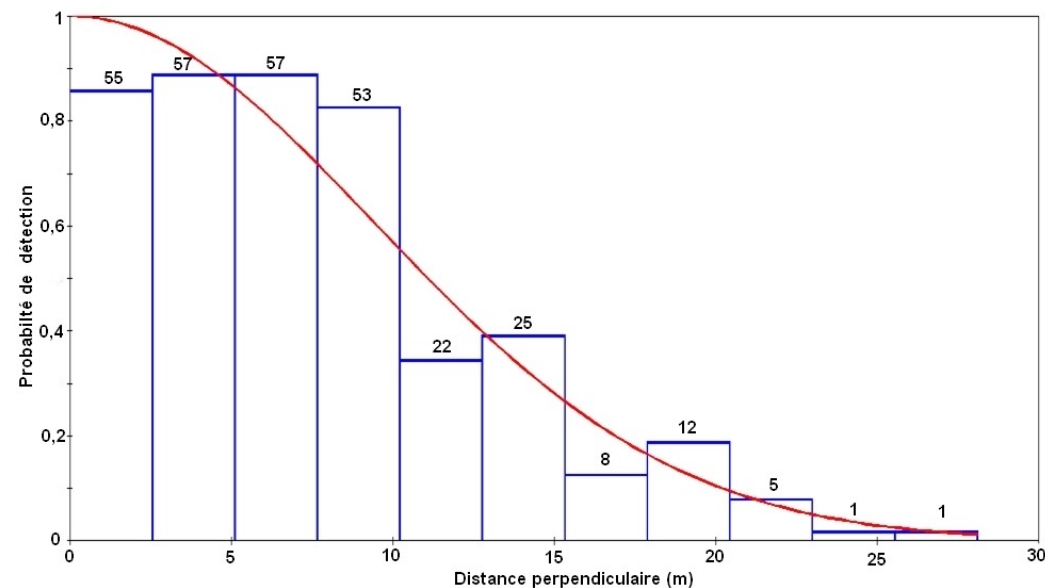
← Superficie de la  
zone d'étude



## Sélection de modèles

*Distribution des données (n = 296 NAO détectés) en fonction de la distance au transect et courbe de détection*

Logiciel libre « Distance 7.5 »  
(Thomas et al. 2010)



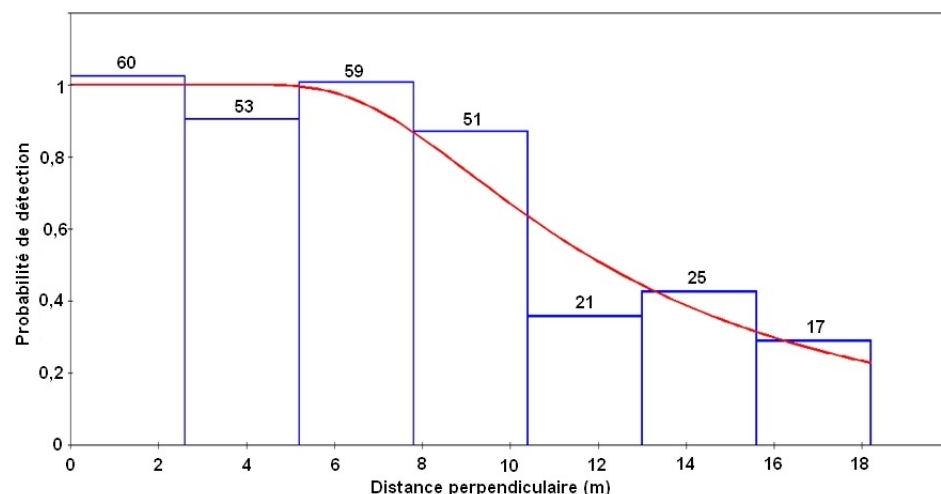
→ Etape 1 : déterminer la distance de troncation et les meilleurs intervalles de regroupement des données pour le meilleur ajustement de la courbe de détection

→ Etape 2 : sélection de modèles en testant plusieurs fonctions et termes d'ajustement



## Densité et effectif : modèle sans stratification

*Bon ajustement du modèle sélectionné (fonction d'ajustement Hazard-rate)*



Probabilité de détection

CV = 6,3% (< 20%)

Test d'ajustement

$\chi^2 = 5,77$ ; ddl = 4 ;  $p < 0,217$

*Probabilité de détection  $p = 0,697$  [0,616 - 0,789]*

→ 21 à 38% des NAO présents entre 0 et 18,2m ne sont pas détectés par les observateurs

## Densité et effectif

Paramètres	Estimation	-95% IC/+95% IC
Densité (NAO/m <sup>2</sup> )	0,225	0,15 – 0,34
Nombre de NAO	975	649 - 1464

## Densité et effectifs : modèle avec stratification



*Bon ajustement du modèle sélectionné  
(fonction d'ajustement Half-normal)*

Test ajustement de fonction de détection

Secteur homogène  $\chi^2 = 10,29$  ; ddl = 5 ; p = 0,067

Secteur hétérogène  $\chi^2 = 7,36$  ; ddl = 5 ; p = 0,194

CV probabilité de détection

Secteur homogène 6,84%

Secteur hétérogène 8,36%



*Probabilité de détection entre 0 et 18,2m*

Secteur homogène : p = 0,525 [0,458 - 0,600]

Secteur hétérogène : p = 0,794 [0,676 - 0,936]



*% des oiseaux nicheurs non détectés entre  
0 et 18,2m par les observateurs*

Secteur homogène : 47%

Secteur hétérogène : 21%





Densité et effectifs : modèle avec stratification

*Densité et effectifs reproducteurs*

Aire d'étude	Densité (NAO/m <sup>2</sup> )	-95%IC/+95%IC	Nombre de NAO	-95%IC/+95%IC	
Homogène	0,248	0,136 – 0,452	622	341 – 1135	2510 m <sup>2</sup>
Hétérogène	0,249	0,062 – 0,990	452	113 – 1813	1815 m <sup>2</sup>
Totale	0,248	0,017 – 0,363	1074	736 - 1569	4325 m <sup>2</sup>

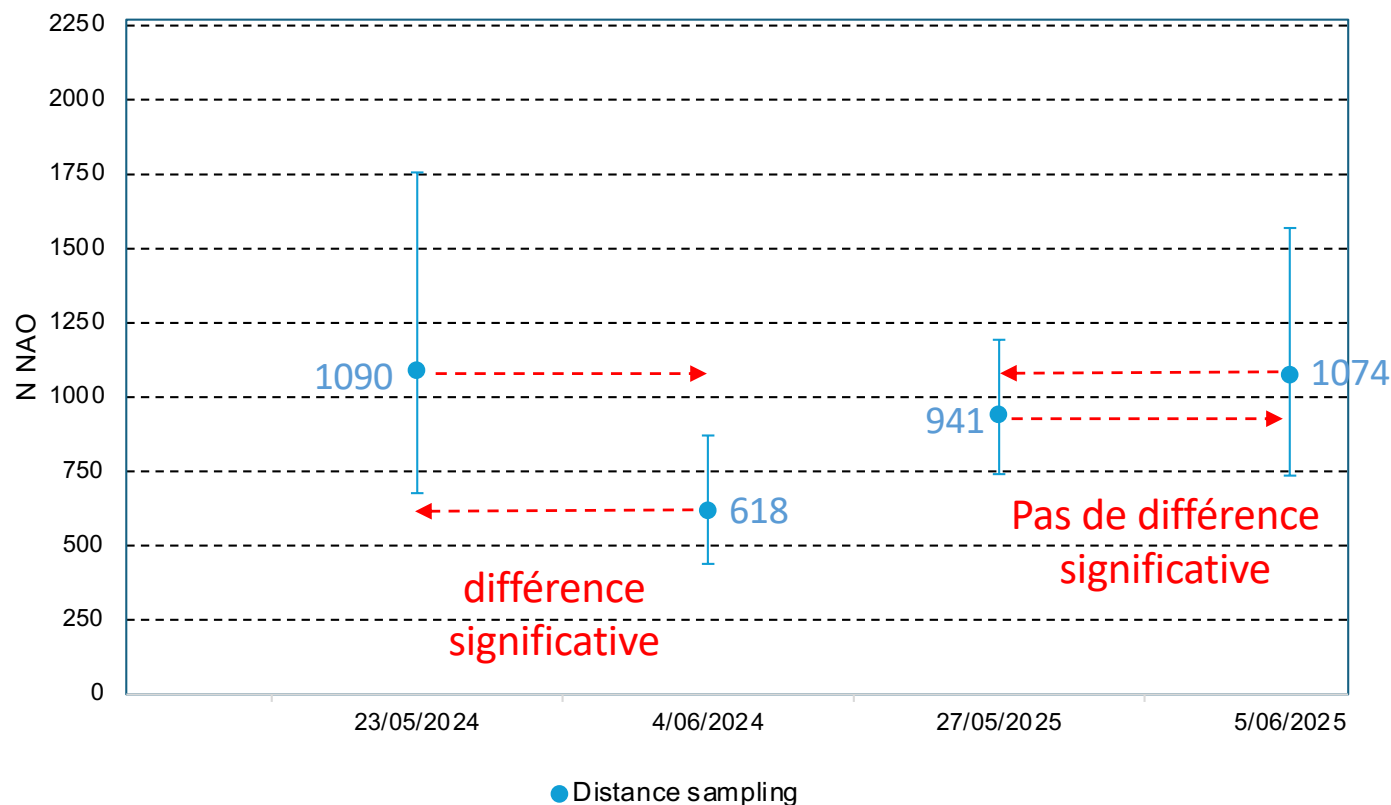
*Densité et effectifs : modèle sans stratification*

Paramètres	Estimation	-95% IC/+95% IC
Densité (NAO/m <sup>2</sup> )	0,225	0,150 – 0,339
Nombre de NAO	975	649 - 1464

Meilleure précision de l'estimation comparée à

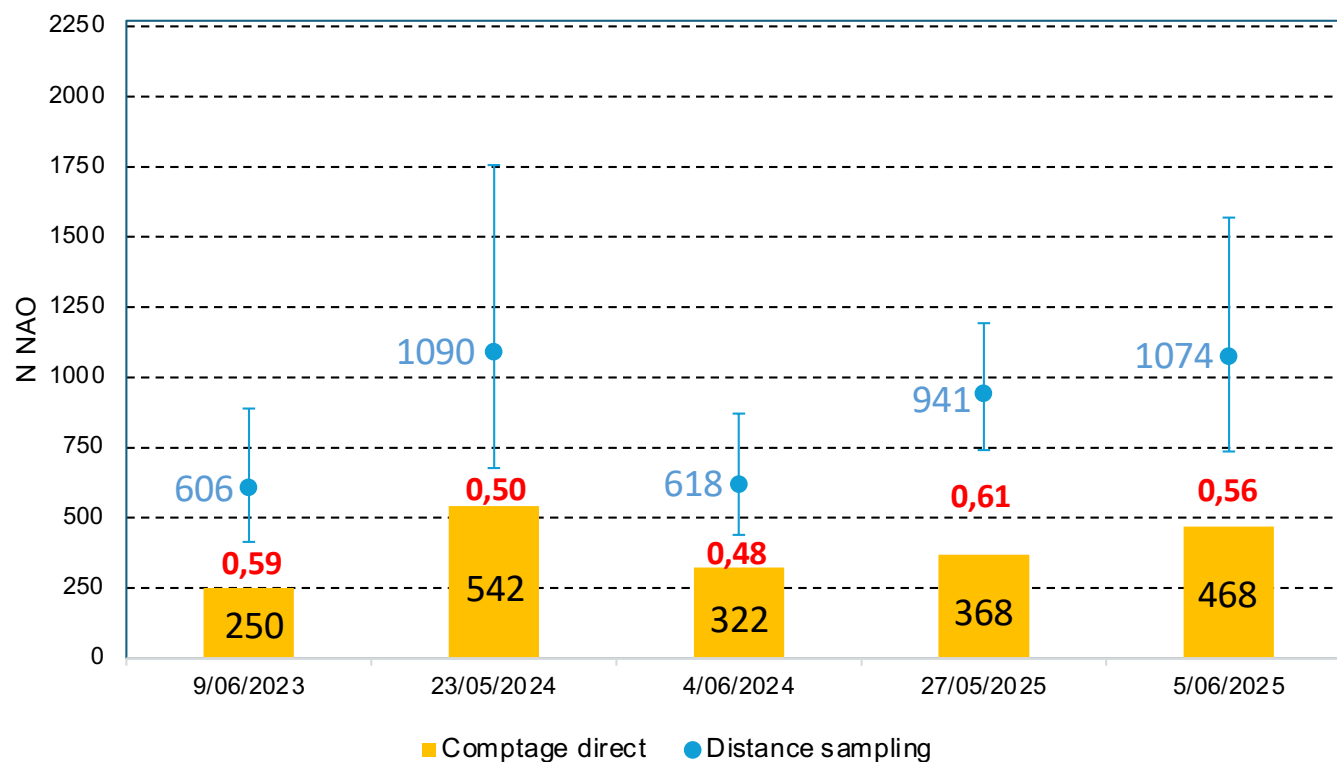
# Résultats

## Comparaison des effectifs recensés à différentes dates



Un des points forts du distance sampling :  
→ Encadrer l'estimation par des intervalles de confiance

## Comparaison des effectifs recensés par comptage direct à distance et par distance sampling



**Le comptage à distance entraîne une sous-estimation des effectifs de 48% à 61% comparés à ceux obtenus par distance sampling**





## Intérêt de la méthode du distance sampling

Elle offre la possibilité de prendre en compte une probabilité de détection qui décroît avec la distance entre l'observateur et l'objet du recensement

Elle permet de produire des estimations de densité et d'effectifs non biaisées statistiquement ...

...encadrées par des intervalles de confiance

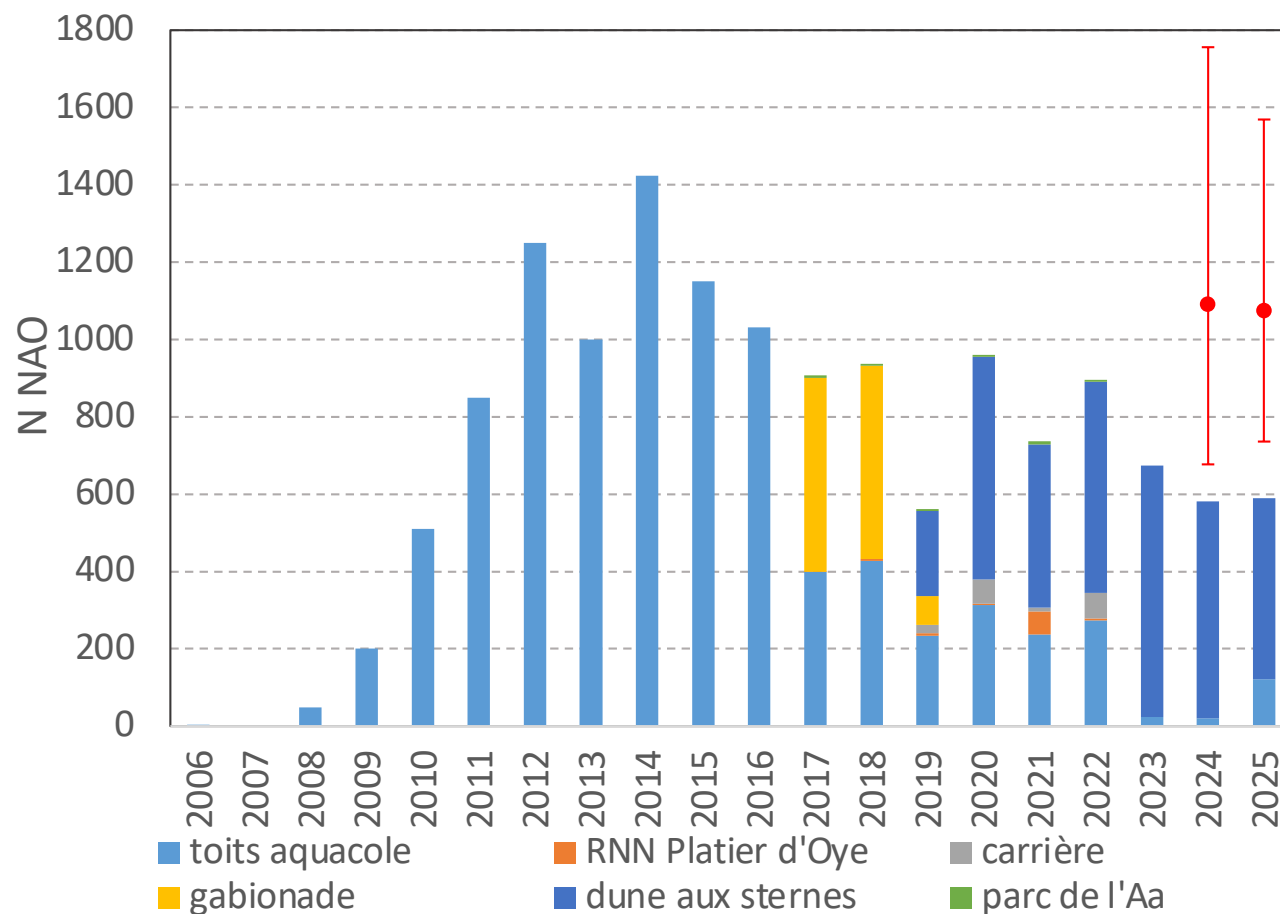
## Elle nécessite cependant

- Un nombre minimum  $> 50$  d'objets détectés,
- de respecter 3 postulats :
  - tous les objets sur la ligne de transect sont détectés avec certitude
  - les objets sont mesurés à leur position initiale (avant déplacement)
  - les mesures de distance sont exactes,
- de connaître la superficie occupée par la colonie



## Les comptages visuels à distance

- *Déclin des effectifs de Sterne pierregarin sur Gravelines depuis le milieu des années 2010 ?*



Sous l'hypothèse que les conditions de comptage sur les toits aquacoles en 2014 étaient bonnes (probabilité de détection proche de 1), un déclin significatif reste improbable