

# Suivi du fulmar boréal nicheur sur les falaises de Yport à Senneville-sur-Fécamp (76).

## Projet de parc éolien en mer de Fécamp



Méthodes pédestres et aériennes  
2023

Groupe Ornithologique Normand (GONm)  
Fabrice Gallien et Thomas Domalain

Drone On Air (GONM)  
Alexandra Baron et Julien Giocanti



## Sommaire

Introduction .....	3
1. Localisation des sites d'études.....	4
2. Suivi par voie terrestre (GONm).....	6
2.1. Méthodes de suivi par la voie terrestre .....	6
2.1.1. Effectifs nicheurs et production en jeunes .....	6
2.1.2. Production en jeunes .....	6
2.2. Résultats observateurs .....	7
2.2.1. Calendrier .....	7
2.2.2. Effectifs nicheurs .....	7
2.2.3. Production en jeunes .....	9
2.2.4. Impact du son et lumière projetée sur les falaises de Fécamp.....	11
2.3. Conclusion .....	12
3. Suivi par vecteur drone .....	14
3.1. Rappel - Cadre réglementaire des vols de drone .....	14
3.2. Matériel - Comptages des effectifs nicheurs et production (drone) .....	15
3.2.1. Le drone MATRICE 300RTK.....	15
3.2.2. Le capteur thermique DJI ZENMUSE H20T.....	15
3.3. Méthode - Comptages des effectifs nicheurs et production (drone) .....	16
3.3.1. Calendrier.....	16
3.3.2. Méthodologie des comptages .....	17
3.3.3. Méthodologie d'identification de SAO par spectre thermique.....	19
3.3.4. Méthodologie de comptage des SAO et des POUSSINS .....	20
3.3.5. Ajustement méthodologique du drone .....	21
3.4. Résultats par drone.....	22
3.5. Comparaison interannuelle des relevés par drone sur la phase construction.....	23
3.6. Réalisation de la cartographie et spatialisation .....	25
3.6.1. Spatialisation des données.....	25
3.6.1. Répertoire photographique.....	27
4. Analyse croisée des résultats 2023 – GONm et DOA.....	29
4.1. Méthode .....	29
Comparatif des calendriers .....	29
4.2. Résultats bruts secteur Senneville-sur-Fécamp 2023.....	30
4.3. Résultats bruts secteur Yport 2023 .....	31
4.4. Comparaison des résultats 2023 .....	32
4.4.1. Comparatif de la productivité .....	32
5. Comparaison interannuelle des données – GONm et DOA.....	34
5.1. Comparaison des données Effectifs 2020-2023.....	34
5.2. Comparaison des données Poussins 2020-2023 .....	35
5.3. Interprétation des résultats interannuels .....	36
6. Limites méthodologiques et axes d'amélioration .....	38
6.1. Limites rencontrées pour chaque méthode.....	38
6.2. Axes d'amélioration proposés et testés .....	39
Conclusion .....	41
Bibliographie .....	42
Table des illustrations.....	43
Annexes .....	47

Photos de couverture :

Fulmar boréal (en haut) – Sophie Guillotin  
Fulmar boréal (en bas) – Gunter De Smet  
Falaise (photos de gauche) – Drone On Air



# Introduction

Dans le cadre du développement du parc éolien en mer de Fécamp, la société Éoliennes Offshore des Hautes Falaises (EOHF) doit mettre en œuvre des mesures de suivis, dont un suivi de l'avifaune nicheuse des falaises (MSu6), plus particulièrement du fulmar boréal.

La population nicheuse de fulmar boréal est suivie sur les falaises de Senneville-sur-Fécamp à Yport depuis 2019 par le GONm. En 2023, pour la 3<sup>ème</sup> année consécutive, cette population a été suivie sur ces falaises par 2 méthodes : un suivi réalisé depuis l'estran à l'aide de longue vue, tel que pratiqué par les ornithologues du GONm depuis 2019 ; un suivi complété par le drone de Drone On Air pour la phase de construction (2022-2023).

Dans le prolongement de l'étude, ce **suivi phase construction** vient compléter les suivis réalisés pour l'état initial de l'étude d'impact environnemental et l'état de référence avant construction du projet. Le présent rapport détaille les protocoles d'acquisition de données, les résultats obtenus et une comparaison méthodologique (pédestre et drone).

D'après B. Cadiou (expert en ornithologie, coordonnateur de la rédaction de la méthode GISOM), quelle que soit la configuration des relevés, les campagnes pédestres et aériennes devront être traitées de manières distinctes. La première partie du rapport présente l'étude réalisée par le GONm. La seconde partie correspond aux résultats obtenus par Drone On Air. La comparaison des méthodes et des résultats est présentée dans la dernière partie du rapport. Si ces deux méthodes, drone et pédestre, permettent de recenser le fulmar, l'objectif commun est de pouvoir travailler ensemble sur l'amélioration de la finesse des résultats.

Les résultats de cette étude devront permettre de répondre à la problématique suivante :

**Quels sont les impacts des travaux de construction du parc éolien en mer de Fécamp sur l'avifaune nicheuse des falaises ?**



*Fulmar boréal (Drone On Air)*



# 1. Localisation des sites d'études

Deux secteurs font l'objet d'un suivi des populations de fulmar boréal : le secteur **Senneville-sur-Fécamp** à Fécamp (3,7 km de linéaire) et le secteur Fécamp à **Yport** (4 km de linéaire), dans le département de Seine-Maritime (Figures 1 & 2 ; photos 1 & 2).



Figure 1 : Secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp  
(en jaune)

Photo 1 : Secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp



Figure 2 : Secteur de Fécamp à Yport (en jaune)

Photo 2 : Secteur de Fécamp à Yport



Suivi par voie terrestre 2023

GONm

Thomas Domalain et Fabrice Gallien



## 2. Suivi par voie terrestre (GONm)

### 2.1. Méthodes de suivi par la voie terrestre

#### 2.1.1. Effectifs nicheurs et production en jeunes

Pour dénombrer l'effectif nicheur, la méthode proposée par le GISOM a été appliquée (Cadiou et Coll., 2009).

Le fulmar boréal est l'une des espèces d'oiseaux marins qui présente le plus de difficultés pour le recensement des couples nicheurs. Il est en effet difficile de contrôler le contenu des nids du fait qu'ils ne sont pas élaborés et que de nombreux oiseaux non reproducteurs fréquentant les colonies sont parfois posés sur des sites et peuvent laisser penser à des oiseaux en position d'incubation puisqu'ils sont posés sur leurs tarse (le tarse est la partie de la patte située juste au-dessus des doigts).

Aussi, en l'absence de possibilité de déterminer si chacun des individus est un « vrai couveur » le recensement du fulmar boréal est basé sur l'identification des Sites Apparemment Occupés (SAO), unité définie selon quelques critères précis (comportement de l'oiseau et caractéristiques physiques du site). Ce comptage, même s'il ne nous donne pas un nombre de reproducteurs effectif, fournit un indice supposé fiable de la taille de la population ainsi qu'un élément de comparaison interannuel.

Un SAO est identifié par la présence d'un individu en position d'incubation sur un site jugé assez large et horizontal pour recevoir un œuf. Pour réaliser le décompte, trois visites sont prévues en juin-début juillet, l'effectif nicheur sera obtenu en prenant la moyenne des comptages des trois visites consécutives (permettant d'obtenir une valeur moyenne en éliminant le biais introduit par les variations journalières d'assiduité des oiseaux ; Cadiou et Coll., *op.cit.*). Les suivis sont réalisés depuis l'estran à partir duquel les oiseaux nicheurs sont recherchés à la longue-vue avec du recul pour les oiseaux nichant dans les falaises. Les SAO observés sont reportés sur une carte.

Sur les falaises entre Senneville-sur-Fécamp à Yport, les suivis menés depuis l'estran se font à marée descendante avec des coefficients de marée aussi forts que possible, de manière à avoir un recul suffisant pour l'observation, et dans des conditions météorologiques sans précipitations. Les observations sont effectuées à l'aide de jumelles et d'une longue-vue qui permettent des observations à distance.

#### 2.1.2. Production en jeunes

La production est le nombre moyen de jeunes à l'envol par SAO. Pour estimer cette production, nous avons utilisé la méthode proposée par le GISOM (Cadiou et Coll., *Op. Cit.*).

Un passage est réalisé sur les deux secteurs début août pour dénombrer les poussins sur les seuls SAO identifiés au cours des trois sorties printanières.

Tous les grands poussins peuvent être considérés comme potentiellement produits. Mais il faut noter la présence éventuelle de poussins plus jeunes qui nécessiteront une



visite ultérieure pour affiner la précision du bilan ou qui seront considérés comme produits dans la fourchette haute si une dernière visite n'est pas possible.

Les SAO référencés sont les sites occupés par un fulmar boréal au moment du comptage. Cette présence peut révéler soit :

- la nidification de l'oiseau ;
- un oiseau posé.

La présence de poussin valide le site comme étant un « nid » ;

L'absence d'observation de poussin indique :

- que le SAO n'est pas un nid

ou

- que le SAO est un nid en échec

ou

- que le poussin ne peut être observé car la morphologie et la profondeur de la cavité ne permettent pas de voir de poussin au moment de l'observation.<sup>1</sup>

## 2.2. Résultats observateurs

Les résultats présentés dans cette partie ne prennent en compte que les observations effectuées par un observateur, parcourant l'estran à marée basse.

### 2.2.1. Calendrier

Les suivis étant réalisés depuis l'estran, les dates de sorties sont fixées en fonction des marées qui permettent un recul suffisant pour détecter les oiseaux nichant dans les falaises.

Tableau 1 : Calendrier des sorties 2023

Secteur	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	Quatrième sortie (Production)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	6 juin	19 juin	5 juillet	17 août
Fécamp à Yport	8 juin	20 juin	4 juillet	18 août

### 2.2.2. Effectifs nicheurs

Les deux secteurs accueillent un total cumulé de **105 SAO**.

---

<sup>1</sup> Cette variable a une forte répercussion sur les résultats



Tableau 2 : Nombre de SAO de fulmar boréal par secteur

Secteur	Première sortie	Deuxième sortie	Troisième sortie	Effectif 2023 retenu	Densité (nb de SAO/km)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	26	31	27	<b>28</b>	$28/4,5 = 6,22$
Fécamp à Yport	74	78	80	<b>77</b>	$77/3,5 = 22,00$
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>109</b>	<b>107</b>	<b>105</b>	<b><math>105/8,0 = 13,13</math></b>

Sur la base de la connaissance du GONm sur le littoral de Seine Maritime (Le Guillou & Debout 2012, Debout 2013, Gallien & Le Guillou, obs. pers.), les tendances d'évolution de la population de fulmar boréal ont été évaluées sur les deux secteurs suivis depuis 2009.

Sur le secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp, les données sont disponibles pour 11 des 15 dernières années (Figure 3). Aucun effectif n'est donc disponible pour les années 2013, 2014 et 2018.

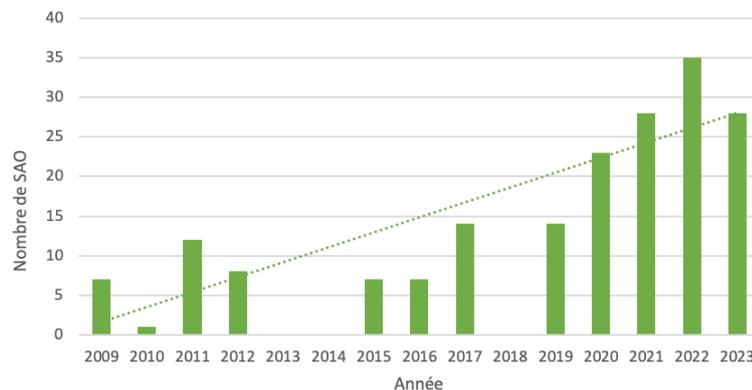


Figure 3 : Tendence d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur le secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp

Pour le secteur de Fécamp à Yport, depuis 2009 les données sont disponibles pour cinq années : 2015, 2019, 2020, 2021 et 2022 (Figure 4). Aucun effectif n'est donc disponible pour les autres années.

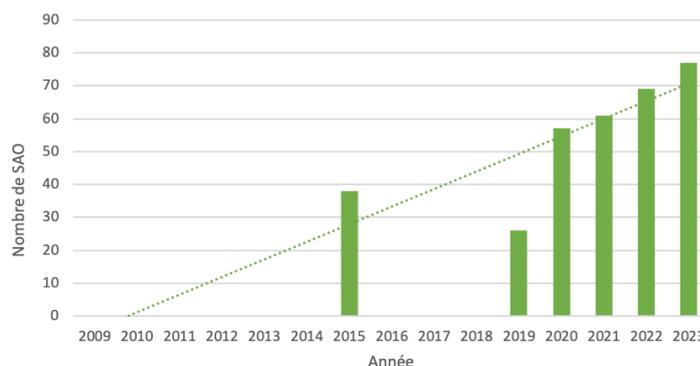


Figure 4 : Tendence d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur le secteur Fécamp à Yport



La Figure 5 fait la synthèse cumulée des Figures 3 et 4 ; nous ne disposons donc pas d'effectif pour les années 2016, 2017 et 2018.

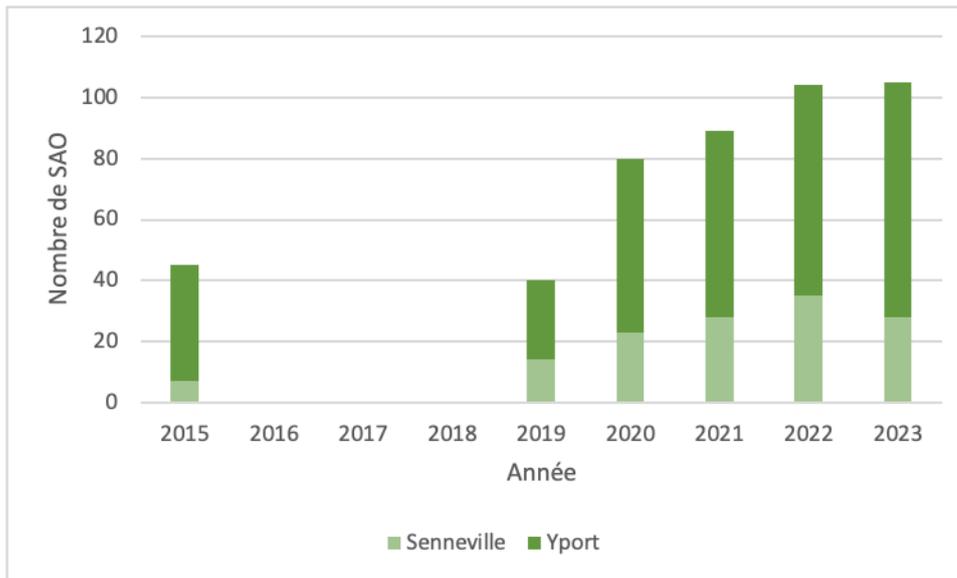


Figure 5 : Tendence d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur les 2 secteurs cumulés

Considérant les deux secteurs distinctement, on observe que le nombre de SAO observés sur le secteur de Yport continue d'augmenter (Figure 4) quand celui observé sur le secteur de Senneville présente, en 2023, une baisse de 8 SAO soit 20 % de la population de l'année précédente (Figure 3). La tendance devra être confirmée dans les années à venir car même si l'on constate une baisse, la population reste à un niveau égal ou supérieur à celui des années 2019 à 2021.

Sur les deux secteurs confondus et au cours de la dernière décennie, la population de fulmar boréal en reproduction présente une nette tendance à l'augmentation. Néanmoins, en 2023, la courbe d'évolution semble s'infléchir pour former un palier. Cette évolution sera confirmée par les résultats futurs.

Sur la base de la population nationale évaluée lors du 6<sup>ème</sup> recensement national des oiseaux marins nicheurs 2020-2022 (Cadiou et Coll., 2023), la population de fulmar boréal se reproduisant entre Yport et Senneville-sur-Fécamp représente environ 13 % de la population nationale et environ 35 % de la population régionale.

### 2.2.3. Production en jeunes

Tableau 3 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur en 2023

Département - Colonie	EFF PROD 2023	Nombre de poussins	PROD 2023	Classe PROD
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	28	8	0,29	M
Fécamp à Yport	77	29	0,38	Y



Dans le cadre des travaux de l'OROM (Observatoire Régional des Oiseaux Marins de Bretagne), Cadiou & Coll (2013) ont proposé un indicateur de l'état de santé d'oiseaux marins nicheurs en s'appuyant sur les évolutions d'effectifs et la production en jeunes (Figure 6).

Production	[0	[0,1	[0,2	[0,3	[0,4	[0,5	[0,6	[0,7	[0,8	[0,9	[1,0	[1,1	[1,2	[1,3	[1,4	[1,5	[1,6	[1,7	[1,8	[1,9	[2,0	[2,1	[2,2	[2,3	[2,4	[2,5				
Espèce																														
Fulmar boréal	TM	M	M	Y	B	TB	TB	TB	TB	TB																				
Océanite tempête	TM	M	M	Y	B	TB	TB	TB	TB	TB																				
Cormoran huppé	TM	M	M	M	M	Y	Y	Y	Y	Y	B	B	B	B	B	TB	TB	TB	TB	TB	TB	...								
Goélands	TM	M	M	M	M	Y	Y	Y	Y	Y	B	B	B	B	B	TB	TB	TB	TB	TB	TB	...								
Mouette tridactyle	TM	M	M	M	Y	Y	Y	B	B	B	TB	TB	TB	TB	TB	...														
Sternes	TM	M	M	M	M	Y	Y	Y	Y	Y	B	B	B	B	B	TB	TB	TB	TB	TB	TB	...								
Guillemot de Troil	TM	M	M	M	Y	Y	B	B	TB	TB																				
	Niveau de le production en jeunes																													
	TM						M						Y						B						TB					

\* La production en jeunes (nombre moyen de jeunes à l'envol par couple nicheur) est présentée par tranches de 0,1 jeune par couple (0 à 0,09, 0,1 à 0,19, etc.)

Figure 6 : Seuils actuellement considérés pour les cinq classes de la production en jeunes\* pour les différentes espèces d'oiseaux marins étudiées (Cadiou et Coll., 2013)

En 2023, la production en jeunes à l'envol est mauvaise sur le secteur de Senneville-sur-Fécamp et moyenne sur le secteur de Yport.

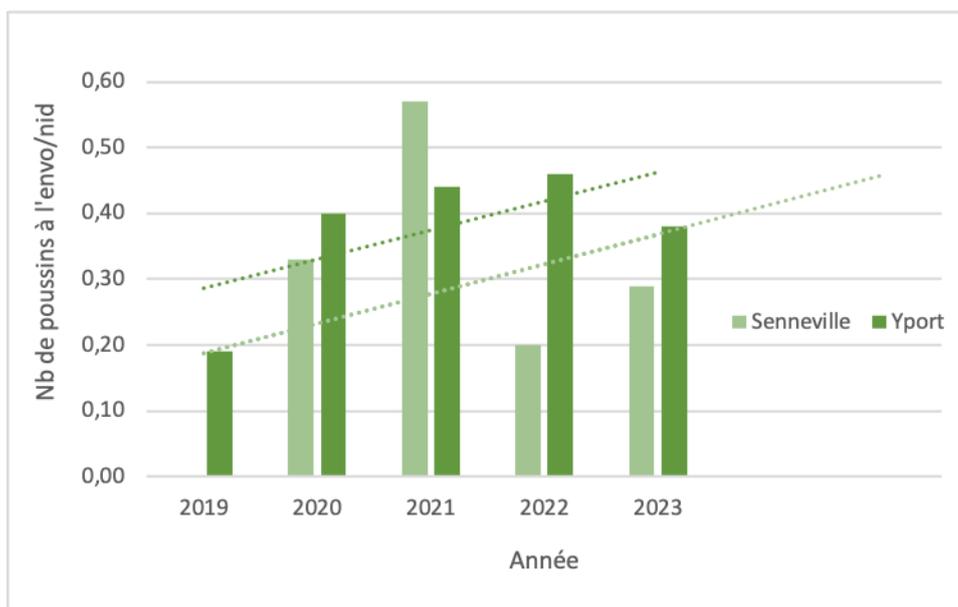


Figure 7 : Évolution de la production en jeunes sur les sites de Senneville-sur-Fécamp et Yport depuis 2019

Sur les cinq dernières années, la production en jeunes des deux secteurs affiche une tendance à la hausse. Cependant, la production 2023 du secteur de Yport est en baisse quand celle de Senneville-sur-Fécamp remonte après avoir baissé en 2022. Il peut bien sûr s'agir de variations interannuelles en lien avec de multiples facteurs (météo, prédation,



ressources alimentaires, dérangement ...) et il convient de suivre l'évolution de la production dans les années à venir.

#### 2.2.4. Impact du son et lumière projetée sur les falaises de Fécamp

Au cours de l'été 2022, la fondation d'entreprise Olvea a organisé un spectacle de son et lumière sur les falaises de Fécamp et, en particulier sur la portion de falaises située entre l'extrémité de la digue de Fécamp et la valleuse de Grainval, soit environ 1 km de falaise dans lesquelles se reproduit entre autres le fulmar boréal. Cette projection d'environ une demi-heure, qui a eu lieu à la tombée de la nuit tous les soirs du 29 juin au 27 août, c'est-à-dire en pleine période de couvaison et d'élevage des poussins de fulmar boréal, peut avoir eu un impact sur la reproduction de l'espèce. Un suivi particulier de la reproduction du fulmar boréal sur cette portion de falaises a donc été réalisée. Les résultats nous avaient permis de conclure que l'évaluation d'un éventuel impact de ces projections sur la reproduction du fulmar boréal était difficilement mesurable. Cependant, il est envisageable que la réaction des oiseaux ne soit pas immédiate et se traduise par un abandon de la colonie l'année suivante.

Les suivis réalisés en 2023 apportent des informations qui nous permettent de faire un point de situation un an après les projections.

**Tableau 4 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur entre Yport et Fécamp**

Secteur	Effectif retenu en 2020	Effectif retenu en 2021	Effectif retenu en 2022	Effectif retenu en 2023
Yport à Fécamp	57	61	69	77
Yport à Grainval	38	45	50	51
Grainval à Fécamp	17	16	19	26

En 2023, le secteur Fécamp-Grainval a accueilli 26 SAO, soit 33,8 % des SAO identifiés sur le secteur Fécamp-Yport. En termes d'effectif, il ne semble donc pas y avoir eu d'impact puisque le nombre de SAO observés comme la proportion de SAO sur le secteur de Grainval ont augmenté.

**Tableau 5 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur**

Département - Colonie	EFF PROD		Nb de poussins		PROD		Classe PROD	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Yport à Fécamp	69	77	40	29	0,58	0,38	TB	Y
Yport à Grainval	50	51	32	20	0,64	0,40	TB	B
Grainval à Fécamp	19	26	8	9	0,42	0,35	B	Y



Tableau 6 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur

Département - Colonie	PROD 2020	PROD 2021	PROD 2022	PROD 2023
Yport à Fécamp	0,40	0,44	0,58	0,38
Yport à Grainval	0,45	0,42	0,64	0,40
Grainval à Fécamp	0,35	0,69	0,42	0,35

Sur le secteur large de Yport à Fécamp, la production en poussin est moyenne (Figure 6). Si l'on compare les deux sous-secteurs, nous constatons que la production est bonne de Yport à Grainval et moyenne de Grainval à Fécamp. Dans tous les cas, la production en poussin constatée en 2023 est moins bonne que l'année dernière, la baisse étant plus importante sur le secteur Yport-Grainval.

En comparaison, la production est mauvaise sur le secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp.

L'évolution interannuelle des effectifs et de la production (bien que plus délicate à interpréter) ne montre pas de réponse notable au dérangement induit par les projections.

### 2.3. Conclusion

Sur la dernière décennie, la population de fulmar boréal autour de Fécamp présente une tendance à l'augmentation même si elle semble marquer le pas et la production de jeunes est moyenne à bonne. Cette population peut donc être considérée comme en bonne santé.

La production en poussins est un très bon indicateur de la qualité de reproduction des populations d'oiseaux à condition d'être réalisé annuellement de manière à s'affranchir des biais liés à des facteurs interannuels, tels que la météorologie par exemple.

La poursuite de ces suivis annuels est nécessaire si l'on souhaite mesurer un éventuel impact du parc éolien en mer de Fécamp, mais aussi au regard de l'ensemble des activités du secteur, tant sur les effectifs que sur la qualité de la reproduction de la population.

Le suivi de la population de fulmar boréal se reproduisant sur les falaises de Fécamp est particulièrement important car cette population représente environ 13 % de la population nationale.



Suivi par vecteur drone 2023

Drone On Air

Alexandra Baron et Julien Giocanti

## 3. Suivi par vecteur drone

Cette **seconde année** d'acquisition de données **par drone** pour la phase de construction concerne l'ensemble du linéaire de falaise, de Yport jusqu'à Senneville-sur-Fécamp, soit environ 8 km ; soit le même secteur que les observateurs du GONm.

Le projet a été suivi par Alexandra Baron et Julien Giocanti, spécialisés dans l'environnement et télépilotes. Ils sont référents dans l'acquisition de données environnementales par drone pour Drone On Air (DOA).

Comme lors des précédentes années, le drone utilisé lors des comptages 2023 est la Matrice 300RTK équipée du capteur H20T de DJI. L'usage de ce drone a permis de réaliser des photographies précises des lieux de nidification du fulmar boréal, nécessaires pour le **comptage des SAO<sup>2</sup> et des poussins**.

Une orthophotographie des falaises, réalisée avec le drone **Phantom 4Pro V2**, a été conduite en 2021 afin de travailler sur une base cartographique. Les **opérateurs ont ainsi connaissance** de la cartographie des SAO connus, sur laquelle ils se basent pour réaliser les comptages.

### 3.1. Rappel- Cadre réglementaire des vols de drone

Les vols de drones sont soumis à une réglementation variable selon le lieu du vol. Les facteurs déterminants sont :

- Les caractéristiques de l'espace aérien (zone réglementée, espace militaire...)
- La présence de rassemblement de personnes ou un vol en zone urbaine ;
- Le type de vol devant être effectué : en vue (distance inférieure à 200m) ou hors vue (distance pouvant aller jusqu'à 1km).

Les informations inhérentes à cette partie réglementaire sont consultables sur la carte OACI (Annexe 1) et les déclarations de vols sont effectuées sur une plateforme dédiée nommée Alpha Tango. (Annexes 2 et 3). Le gestionnaire de la zone Natura 2000 a été informé des vols. Les protocoles sont détaillés dans le rapport d'étude 2021 et sont identiques à ceux réalisés en 2022.

---

<sup>2</sup> Site Apparemment Occupé : ce qui correspond à l'observation d'un individu de fulmar boréal posé sur la falaise.

## 3.2. Matériel- Comptages des effectifs nicheurs<sup>3</sup> et production<sup>4</sup> (drone)

### 3.2.1. Le drone MATRICE 300RTK

**Matériel :** Drone M300 + Capteur H20T DJI  
Trois capteurs embarqués :

- Zoom jusqu'à x200
- Image thermique haute sensibilité
- Photographie "grand angle"

Envergure : 89.5cm  
Poids : 6.3 kg  
IP 44 : Bonne résistance en cas de pluie légère



Figure 8 : Drone M300 et son capteur H20T DJI

**Type de vol :** Vol manuel à double commande :

- 1 opérateur au pilotage ;
- 1 opérateur au capteur.

**Usage des données :**

- ✓ Comptage des individus de fulmars boréal et localisation sur la falaise grâce aux images « grand angle ».
- ✓ Les photographies zoomées permettent de valider l'espèce et d'affiner la localisation.

### 3.2.2. Le capteur thermique DJI ZENMUSE H20T

**Les spécifications de la nacelle :**

- Nacelle stabilisée 3 axes
- Capteur thermique et visible RGB/Zoom
- Télémètre laser : de 3 mètres à 1 200 mètres

**Capteur thermique**

- résolution 640/512 – Champ de vision 32°/25°



Figure 9 : Capteurs embarqués H20T

<sup>3</sup> L'Effectif nicheur est déterminé à partir du comptage des SAO

<sup>4</sup> La production correspond au comptage des poussins dans les SAO identifiés lors des sorties « Effectif »

- Format R-JPEG
- Bande spectrale : 8 à 14  $\mu\text{m}$
- Palette : plusieurs palettes de visualisation des couleurs thermique

### Visible – Grand-Angle

- Caméra grand angle
- Distance focale équivalente : 24 mm, DFOV : 82,9°
- Capteur CMOS 12 MP 1/2,3"

### Visible – Zoom

- Zoom optique hybride x23, Zoom max. 200x
- Capteur CMOS 1/1,7 20 Mpx
- Définition vidéo : 4 K / 30 ips

Tableau 7 : Résolution du capteur H20T

Distance à l'objet	GSD (résolution)		
	THERMIQUE	GRAND ANGLE	ZOOM
30 mètres	2,7 cm/Px	1 cm/Px	0,8 cm/Px
50 mètres	4,4 cm/Px	1,7 cm/Px	1,3 cm/Px
100 mètres	8,8 cm/Px	3,4 cm/Px	2,6 cm/Px

## 3.3. Méthode- Comptages des effectifs nicheurs<sup>5</sup> et production<sup>6</sup> (drone)

### 3.3.1. Calendrier

Tableau 8 : Calendrier des sorties 2023 par vecteur drone

Secteur	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	Quatrième sortie (Production)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	6 juin	21 juin	5 juillet	17 août
Fécamp à Yport	7 juin	19 juin	4 juillet	18 août

<sup>5</sup> L'Effectif nicheur est déterminé à partir du comptage des SAO

<sup>6</sup> La production correspond au comptage des poussins dans les SAO identifiés lors des sorties « Effectif »

### 3.3.2. Méthodologie des comptages

La méthodologie de comptage ornithologique utilisée est celle développée par le GISOM (Cadiou & Coll. *Op. Cit.*). Cette méthode nécessite 3 campagnes de comptages des SAO (Sites Apparemment Occupés) et une campagne de comptage des poussins considérés comme étant à l'envol. Il s'agit de la méthode suivie par les ornithologues du GONm et appliqué au suivi de la population de fulmar boréal depuis le début de l'étude.

#### **3 comptages SAO + 1 comptage Poussins**

Pour chacune des 3 campagnes de **relevé des SAO**, deux types de vols ont été réalisés :

- **Identification de SAO en thermique** : un vol en relevé thermique a lieu en matinée, dès l'aube afin d'identifier les « points chauds » sur la falaise. Cette technique d'identification a été développée en 2021 et permet d'identifier des SAO encore non-cartographiés. L'ensemble de la falaise est alors balayée par le drone et le capteur thermique. Chaque point chaud est examiné. Pour le drone, cette méthode permet de repérer chaque cavité occupée sans s'appuyer sur la cartographie connue. Cette technique permet de s'affranchir de tout biais d'observation.

Pour le bon fonctionnement de l'outil thermique, il est nécessaire d'avoir les conditions extérieures associées :

- Vol très tôt le matin pour limiter le rayonnement solaire sur la falaise ;
- Température extérieure assez basse pour détecter les points chauds correspondant aux oiseaux dans les cavités. Pour cela la mise en place d'un seuil de température max peut être instauré : au-delà de 18°C, le vol en thermique perd en efficacité ;
- **Relevés des SAO 2023** : un vol de relevé des SAO connus et cartographiés réalisé dans le spectre visible durant la journée ;
- Conformément à la méthode GISOM, le **comptage de poussins** concerne uniquement les SAO identifiés lors des campagnes précédentes. Les SAO non-relevés lors des campagnes « Effectif nicheur » ne sont pas pris en compte afin d'éviter un biais méthodologique. Le calcul de la productivité correspond au [Nombre de poussin/ Nombre de SAO]. Ainsi, un relevé de poussin sans SAO associé fausserait le résultat de productivité.

Depuis le début du suivi, le GONm puis DOA ont mis en place une base de données géographiques répertoriant tous les SAO qui ont été utilisés au moins 1 fois par les oiseaux. Cela permet d'améliorer l'efficacité des prospections. La découverte d'un SAO n'implique pas non plus qu'il soit occupé l'année suivante.



2021

2022-2023

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2 sorties comptage thermique<br/>(dont 1 sortie calibration protocole, cap Fagnet)</li> <li>▪ 1 sortie comptage juvéniles</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3 sorties repérage thermique</li> <li>▪ 3 sorties comptage RVB + Zoom<br/>(à partir des SAO référencés, support cartographique)</li> <li>▪ 1 sortie comptage juvéniles</li> </ul> |
|---|--|



2021

2022-2023

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 sortie comptage juvéniles</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3 sorties repérage thermique</li> <li>▪ 3 sorties comptage RVB + Zoom<br/>(à partir des SAO référencés, support cartographique)</li> <li>▪ 1 sortie comptage juvéniles</li> </ul> |
|---|--|

Figure 10 : Synthèse de la méthodologie GISOM 2022-2023 et rappel des captations 2021

### 3.3.3. Méthodologie d'identification de SAO par spectre thermique

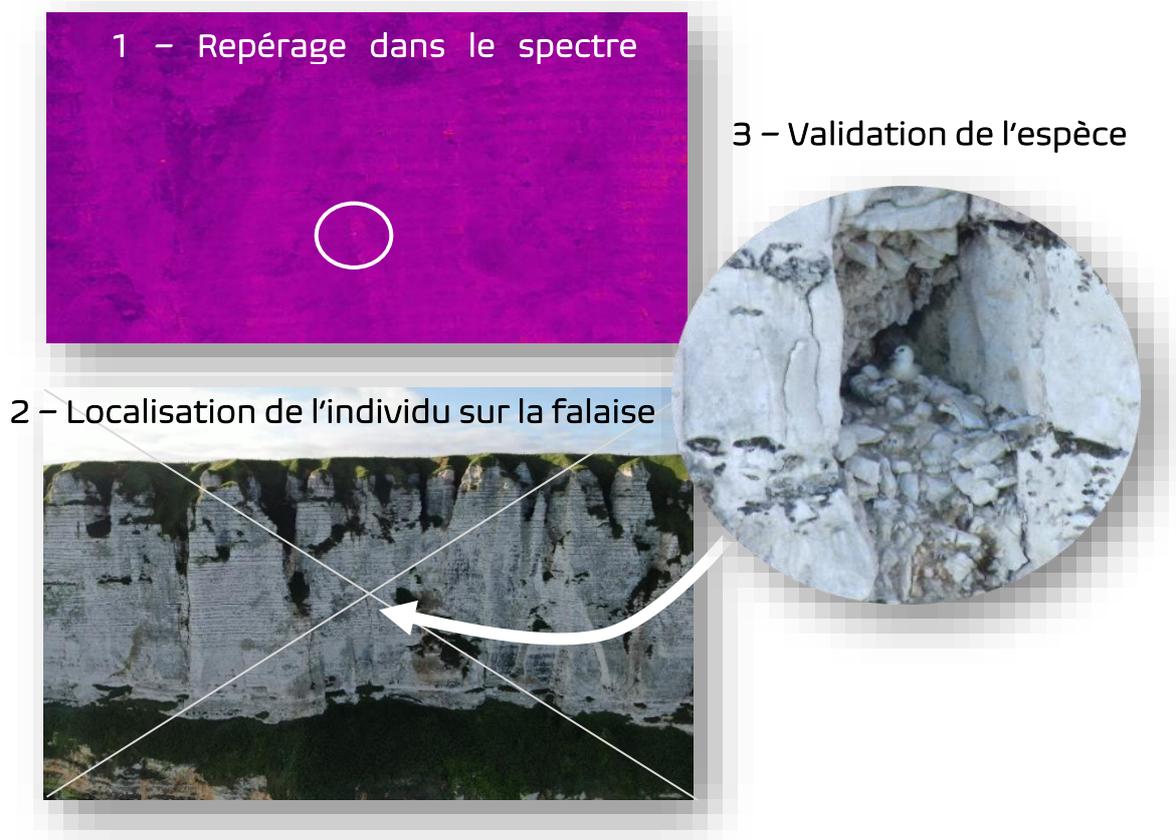


Figure 11 : Méthodologie d'identification des SAO en trois étapes, (1) imagerie thermique, (2) localisation de l'individu sur la falaise, (3) validation de l'espèce

<b>Méthodologie</b>	<p>L'opérateur en charge du capteur guide le pilote selon ses observations :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Déplacement du drone parallèlement à la paroi ;</li> <li>2. Arrêt et vol stationnaire avec orientation du capteur dans plusieurs directions à la recherche de point chaud (thermique) ;</li> <li>3. Validation d'une SAO par zoom dans le spectre visible. Si présence de fulmar boréal, une photographie est prise.</li> </ol>
<b>Fréquence de vol</b>	<p>Un passage par campagne de comptage.</p> <p>Dès l'aube et jusqu'à ce que les conditions thermiques le permettent (les falaises ne doivent pas être exposées au rayonnement du soleil afin d'assurer un relevé de qualité).</p>
<b>Distance de vol :</b>	<p>Vol à environ 50 mètres de hauteur depuis l'estran et distance de 100 à 150 mètres depuis la falaise.</p>

### 3.3.4. Méthodologie de comptage des SAO et des POUSSINS

#### 1 – Repérage du SAO d’après la base de données cartographique

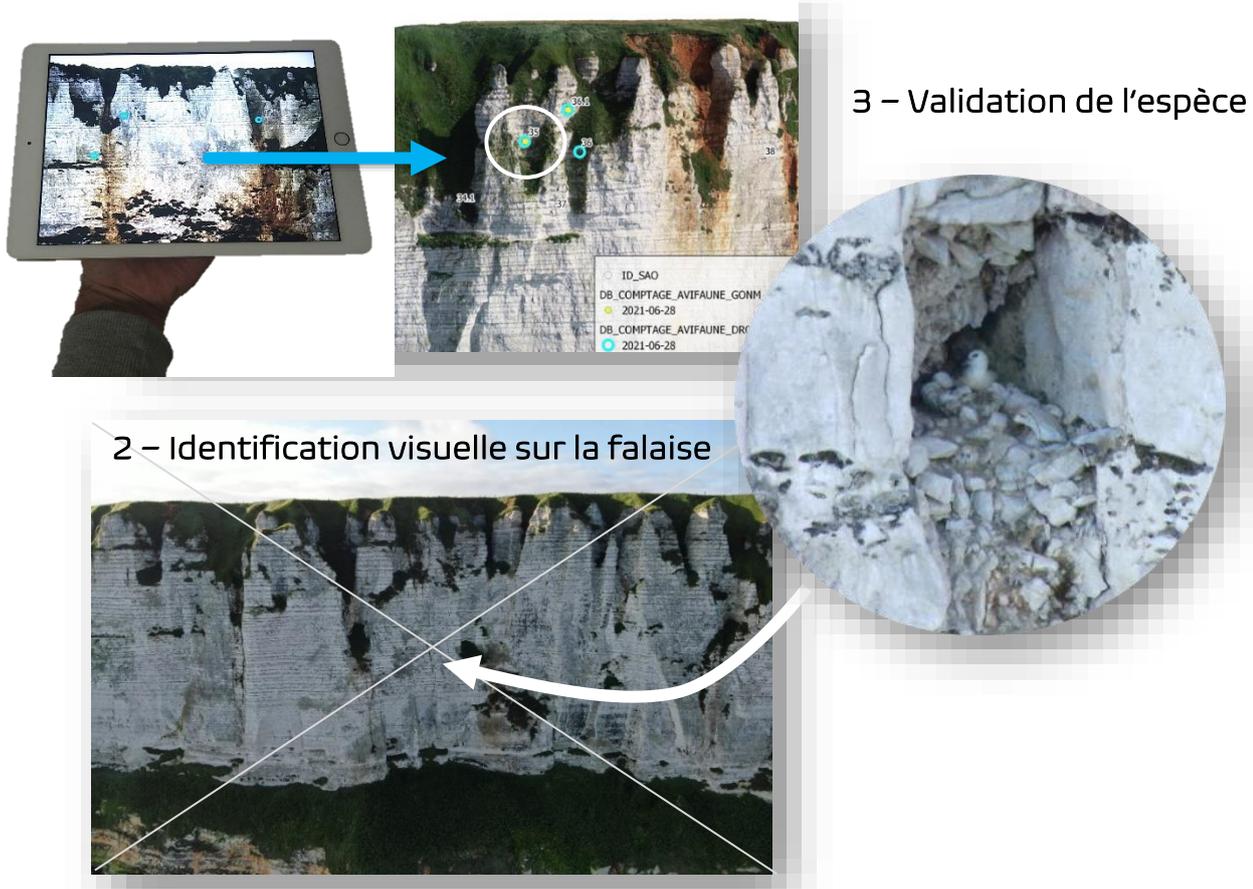


Figure 12 : Méthodologie d’identification des SAO en trois étapes, (1) repérage cartographique à partir d’une vue ortho rectifiée de la falaise sur tablette (2) localisation de l’individu sur la falaise grâce au retour vidéo du drone, (3) validation de l’espèce

<p><b>Méthodologie</b></p>	<p>L’opérateur en charge du capteur guide le pilote selon la cartographie des SAO (donnée produite en 2021) (format numérique, tablette Ipad). Utilisation du spectre visible uniquement.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Déplacement du drone parallèlement à la paroi ;</li> <li>2. Arrêt et vol stationnaire avec orientation du capteur en direction des SAO connus.</li> <li>3. Observation, ou non, d’un fulmar boréal. Si observation, une photographie est prise</li> <li>4. Balayage des cavités alentours</li> </ol>
<p><b>Fréquence de vol</b></p>	<p>Un passage par campagne de comptage. Réalizable tout au long de la journée.</p>

Distance de vol :	Vol à environ 50 mètres de hauteur depuis l'estran et distance de 150 mètres depuis la falaise.
-------------------	---

### 3.3.5. Ajustement méthodologique du drone

#### Morphologie et orientation des cavités

La **morphologie** et l'**orientation** des cavités identifiées comme SAO est très variable. Il est parfois nécessaire de modifier l'angle de prise de vue afin d'apercevoir le fulmar boréal.

Les cavités les plus profondes étant **sombres**, il est indispensable de modifier les paramètres du capteur afin d'augmenter la luminosité de l'image et de visualiser le poussin ou le fulmar adulte au sein des cavités (Figure 13 et Figure 14).



Figure 13 : Incidence du changement d'angle de vue et de paramétrage du capteur sur le comptage des poussins (cavité 51, secteur Yport) 2021



Figure 14 : Incidence du changement d'angle de vue, comptage SAO (cavité 96, secteur Yport) 2022

#### Captation thermique

L'identification par imagerie thermique est limitée dans le temps. Les captations ont été réalisées entre 5h30 et 9h au plus tard afin de limiter le rayonnement solaire sur la paroi et de respecter la nuit aéronautique.

### 3.4. Résultats par drone

Seuls les **SAO relevés par drone** sont présentés dans les résultats « Effectif » ci-dessous dans le tableau 9. Les résultats de production sont présentés dans le tableau 10.

**Sur le terrain**, le comptage des poussins est fait sur l'ensemble des SAO identifiés lors des sorties « Effectif. » Les données représentées en « EFFECTIF 2023 » correspondent à une moyenne des SAO recensés lors de chaque sortie.

**Lors du traitement des données**, seuls les poussins repérés dans un SAO relevé en 2023 par drone ont été comptabilisés.

Tableau 9 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur en 2023, vecteur drone

Secteur	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	EFFECTIF 2023	Densité (nb de SAO/km)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	29	36	25	<b>30</b>	30/4,5 = <b>6,67</b>
Yport à Fécamp	69	82	72	<b>74</b>	74/3,5 = <b>21,14</b>

**Secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp** : 8 poussins identifiés sur les 30 SAO retenus par drone. La production est donc de :  $8 / 30 = 0,27$ . D'après l'indicateur de l'état de santé des oiseaux marins nicheurs élaboré par Cadiou & Coll (2013) (Figure 5), une production de 0,27 correspond à un **état médiocre (M)** de la qualité de production en jeunes chez le fulmar boréal.

**Secteur Yport à Fécamp** : 21 poussins sur les 74 SAO relevés par drone. La production est donc de :  $21 / 74 = 0,28$ . D'après l'indicateur de l'état de santé des oiseaux marins nicheurs élaboré par Cadiou & Coll (*op. cit.*) (Figure 5), une production de 0,28 correspond à un **état médiocre (M)** de la qualité de production en jeunes.

Tableau 10 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur en 2023, vecteur drone

Département - Colonie	EFF RETENU 2023	Nombre de Poussins	PROD 2023	Classe PROD
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	30	8	0,27	<b>M</b>
Yport à Fécamp	74	21	0,28	<b>M</b>

### 3.5. Comparaison interannuelle des relevés par drone sur la phase construction

Les données récoltées par drone en 2022 et 2023 sont ici présentées sous la forme d’effectifs de population estimés et le nombre de poussins comptés.

Les graphiques des Figures 15 et 16 présentent une comparaison des effectifs estimés en 2022 et 2023 à partir des données captées par drone. Sur le secteur de Senneville, la population estimée à partir des données drone entre 2022 et 2023 sont similaires (Figure 15).

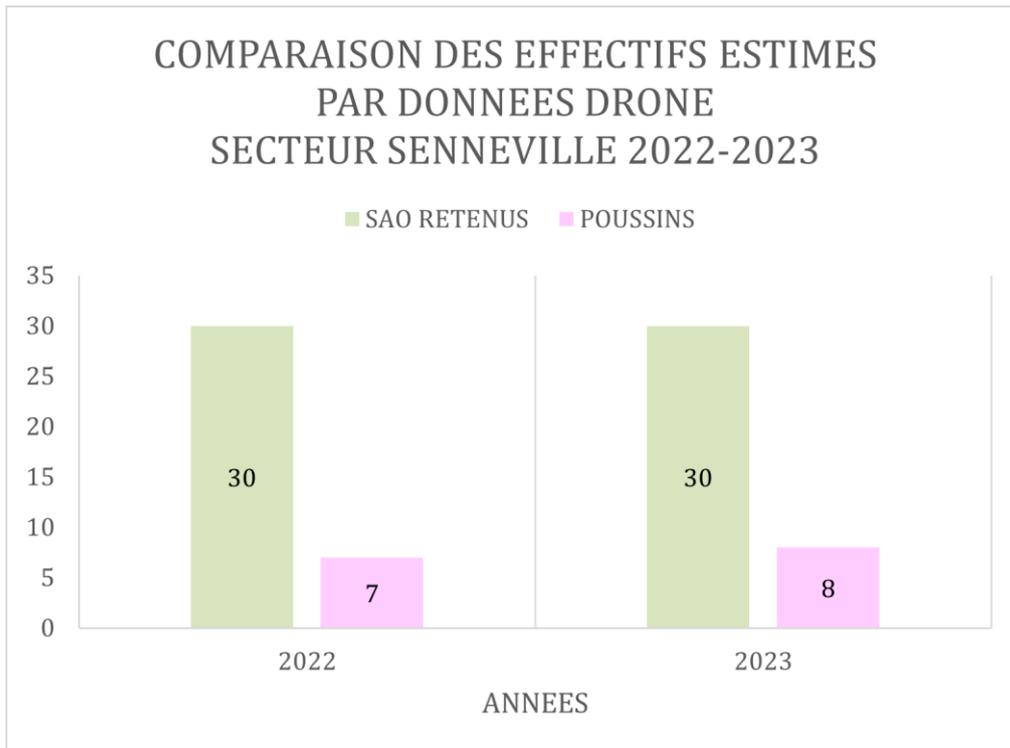


Figure 15 : Graphique de comparaison des résultats des données captées par drone sur le secteur Senneville 2022-2023.

Sur le secteur Yport, il y a eu beaucoup plus de SAO recensés par drone en 2023 qu’en 2022. A l’inverse, il y a eu moins de poussins comptabilisés en 2023 qu’en 2022 (Figure 16).

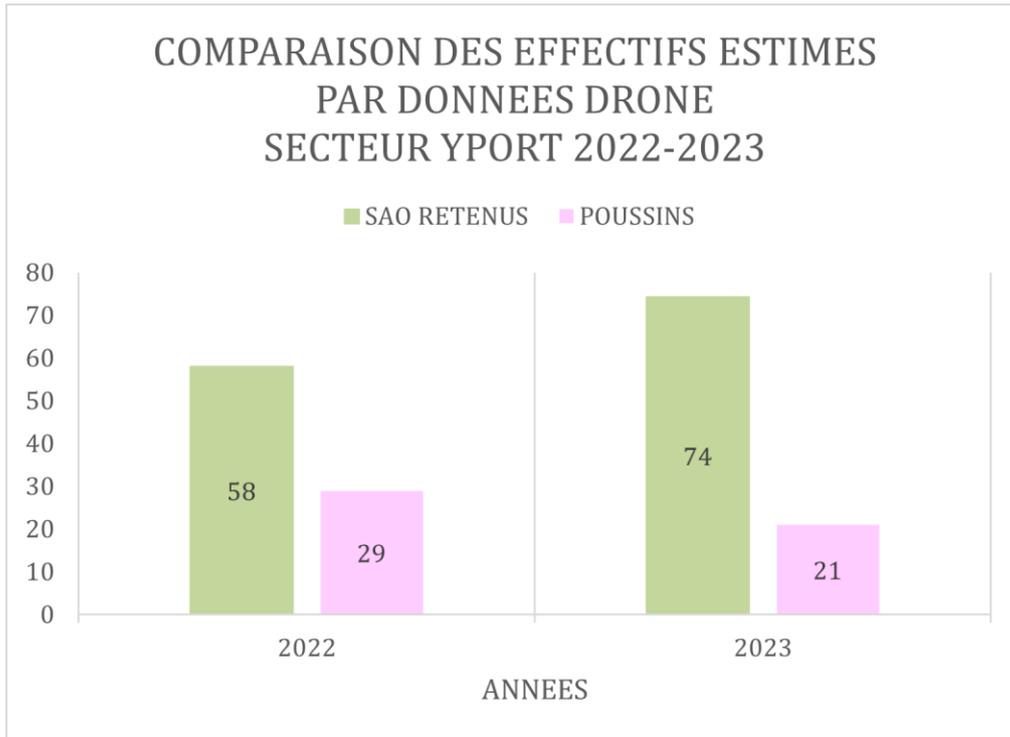


Figure 16 : Graphique de comparaison des résultats des données captées par drone sur le secteur Yport 2022-2023.

### Présentation de la base de données 2023

Sur le site de Senneville-sur-Fécamp, **1 SAO** a été recensé uniquement par drone et en spectre thermique. Il s'agit du **54.2**.

Sur le site de Yport, **8 SAO** ont été ajoutés dans la base de données, par acquisition drone. Il s'agit des SAO numéro : 46.1, 48.2, 55.1, **60.2**, **79.3**, 87.1, 94.2, 96.1.

2 d'entre eux ont été identifiés par spectre thermique et 6 dans le spectre visuel lors des campagnes de comptage.

Au sein de la base de données des SAO 2023, 163 sites sont maintenant géoréférencés sur le secteur Yport et 94 sur le secteur Senneville.

### **Intérêt de la captation thermique**

En période de forte chaleur, le contraste thermique entre la paroi rocheuse et les oiseaux est moins marqué. La captation par imagerie thermique s'est avérée moins pertinente dans l'identification de SAO que lors de l'année 2021. Cela s'explique en partie par les conditions météorologiques particulièrement chaudes lors des étés 2022 et 2023.

## Conditions de vol 2023

Lors de la captation des données poussins 2023 par drone, les conditions météorologiques étaient très mauvaises (violent orage avant le vol). Par conséquent, il pourrait y avoir une sous-estimation des jeunes. Ces derniers peuvent en effet se cacher plus profondément au sein de la cavité ou être masqués par la présence de l'adulte. Cela a rendu les poussins plus difficiles à observer.

## 3.6. Réalisation de la cartographie et spatialisation

### 3.6.1. Spatialisation des données

Les données issues des recensements du GONm et de Drone On Air sont représentées spatialement sur l'orthophotographie produite en 2021. Ce traitement est réalisé sur QGIS, un logiciel de SIG (Système d'Information Géographique) par l'équipe Drone On Air.

A noter que la cartographie obtenue représente un objet vertical, la falaise, projetée horizontalement. Les informations qu'elle contient ne sont donc pas géoréférencées.

## Localisation des SAO

Les SAO sont situées au centre des photos grand angle, ce qui permet de les localiser sur le fond cartographique. Leur emplacement est affiné à partir des images zoom. Ce protocole permet d'améliorer la précision cartographique et de conserver les informations acquises de façon pérenne et reproductible chaque année.

La cartographie a permis de normaliser le référencement et de recenser l'ensemble des sites connus depuis 2020. Elle pourra servir de support de référence pour les comptages ultérieurs.

À la suite des campagnes 2022-2023, la cartographie a été mise à jour afin de tenir compte des sites identifiés (Annexes 4 et 5).

## Data Base et Table attributaire

Les acquisitions du GONm et de Drone On Air ont été organisées selon 4 tables attributaires. Une table est définie selon l'année et la méthodologie utilisée. Elles comprennent les dates de sorties. Une table attributaire de localisation et numérotation des SAO a également été créée.

## Usage des données

Cette cartographie a été utilisée lors des campagnes de comptages 2022-2023. D'autre part, les tables attributaires produites permettent de générer la base de données DEPOBIO (plateforme gouvernementale de dépôt légal des données de biodiversité).

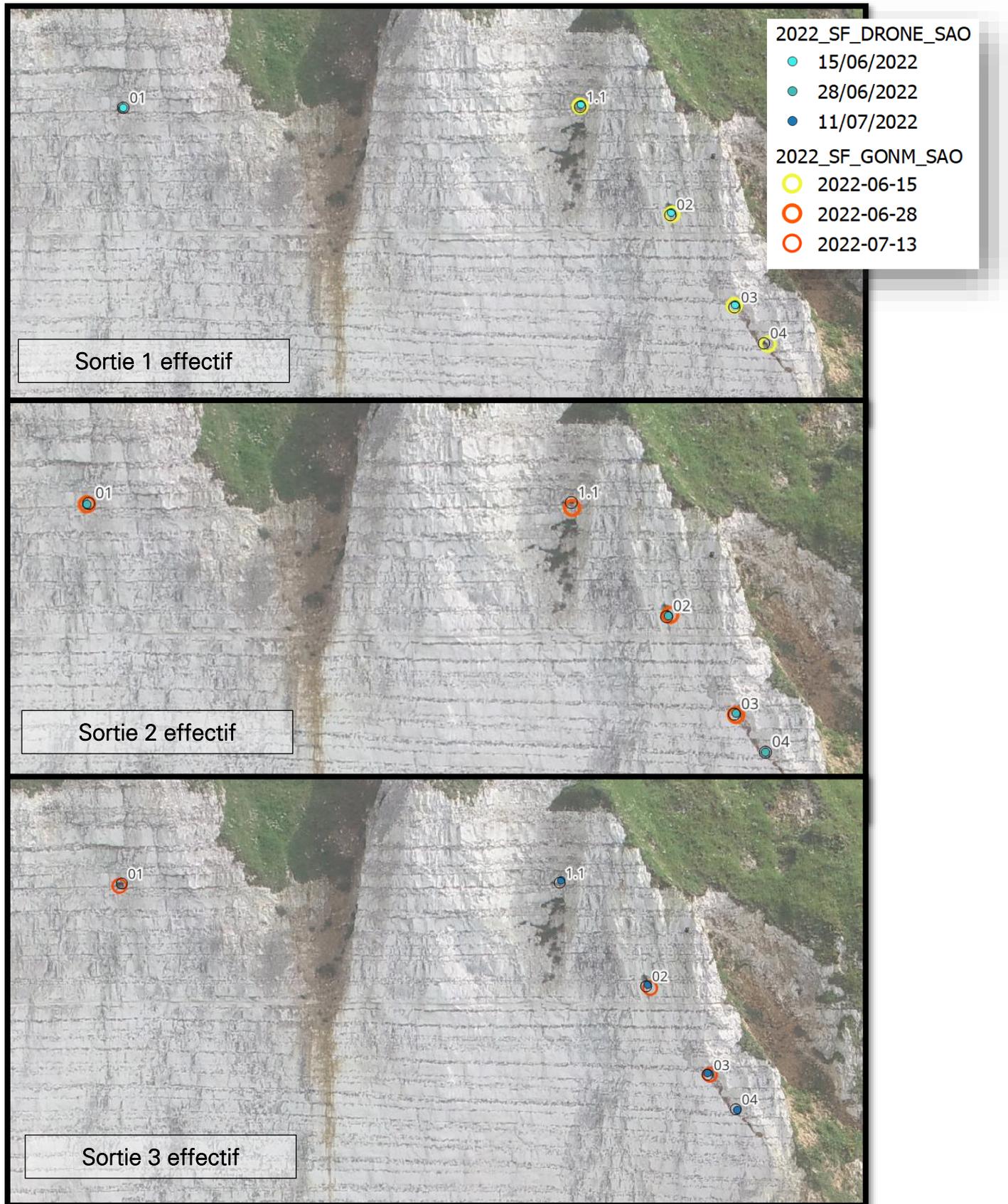


Figure 17 : Extrait de la cartographie des SAO

### 3.6.1. Répertoire photographique

Les campagnes de captation par drone sont basées sur la prise de photographies (voir Annexes 6 et 7). Ces photos sont classées par année d'étude, par secteur et par campagne. Chaque répertoire correspond à 1 SAO ou 1 poussin et contient au minimum 1 photographie « zoom », 1 photographie « grand angle » et 1 photographie thermique. Dans certains répertoires, des vidéos sont également ajoutées aux données photographiques.

Ces répertoires accompagnent les données cartographiques et sont nommé « PREUVES PHOTOS » en référence à l'intitulé de DEPOBIO.

La nomenclature retenue pour la classification des répertoires photos est la suivante :

Secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp

2023\_SF\_ PHOTO

2023\_SF\_ PHOTO\_PROD

2023\_SF\_ PHOTO\_SAO

2023\_SF\_1\_DATE

2023\_SF\_1\_MATIN

2023\_SF\_1\_APREM

**2023** = Année de comptage

**SF** = Senneville-sur-Fécamp à Fécamp

**PROD** = Sortie poussin/production

**SAO** = Sortie effectif/SAO

**1** = Numéro de la campagne (soit 1/3)

**MATIN** = Répertoire contenant les photographies thermiques et visibles prises lors de la sortie « identification des SAO »

**APREM** = Répertoire contenant les photographies du comptage des SAO à partir de la cartographie



Comparaison des résultats 2023

GONm et Drone On Air



## 4. Analyse croisée des résultats 2023 – GONm et DOA

La comparaison des résultats obtenus par méthode pédestre et par méthode aérienne est abordée dans cette partie. Ces résultats permettent de définir les différences méthodologiques pouvant être à l'origine des écarts observés lors des comptages.

### 4.1. Méthode

En 2023, l'intégralité des 2 sites d'études ont fait l'objet de 3 sorties comptages SAO et 1 sortie comptage de poussin par méthode. Une attention particulière a été accordée à la réalisation des campagnes terrain de façon **simultanée**. Cette configuration permet de réaliser un comparatif plus précis des deux méthodes.

#### Comparatif des calendriers

Les dates des campagnes ont été définies par les ornithologues du GONm, dépendantes des marées. Les dates et les écarts de passages sont mentionnés dans les Tableaux 11 et 12, respectivement pour le secteur de Senneville-sur-Fécamp et celui d'Yport.

L'ensemble des sorties pédestre et drone sur les deux sites représentent 8 campagnes.

- 5 campagnes sur les 8 ont été réalisées le **même jour** par le GONm et DOA.
- 2 campagnes sur les 8 ont été réalisées avec **1 jour** d'intervalle entre les passages du GONm et de DOA.
- 1 campagne sur les 8 a été réalisée avec **2 jours** d'intervalle entre le passage du GONm et de DOA.

Nota : les comptages ayant été réalisés le même jour sur le même site, par les deux méthodes, peuvent avoir été réalisés avec quelques heures de décalage.

Tableau 11 : Date des passages GONm et DOA et nombres de jours d'écarts - Secteur Senneville

Secteur Senneville-sur-Fécamp	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	Quatrième sortie (Production)
GONm	6 juin	19 juin	5 juillet	17 août
Drone On Air	6 juin	21 juin	5 juillet	17 août
Nombre de jours d'écart	0	2	0	0

Tableau 12 : Date des passages GONm et DOA et nombres de jours d'écart - Secteur Yport

Secteur Yport	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	Quatrième sortie (Production)
GONm	8 juin	20 juin	4 juillet	18 août
Drone On Air	7 juin	19 juin	4 juillet	18 août
Nombre de jours d'écart	1	1	0	0

## 4.2. Résultats bruts secteur Senneville-sur-Fécamp 2023

Les résultats bruts des méthodes pédestre et drone sont présentées sous forme d'un graphique (Figure 18). Sur les 3 sorties, un total de 38 SAO a été compté sur la première, 43 pour la deuxième et 34 SAO pour la dernière sortie. 11 poussins ont été comptabilisés sur le secteur de Senneville lors de la sortie production.

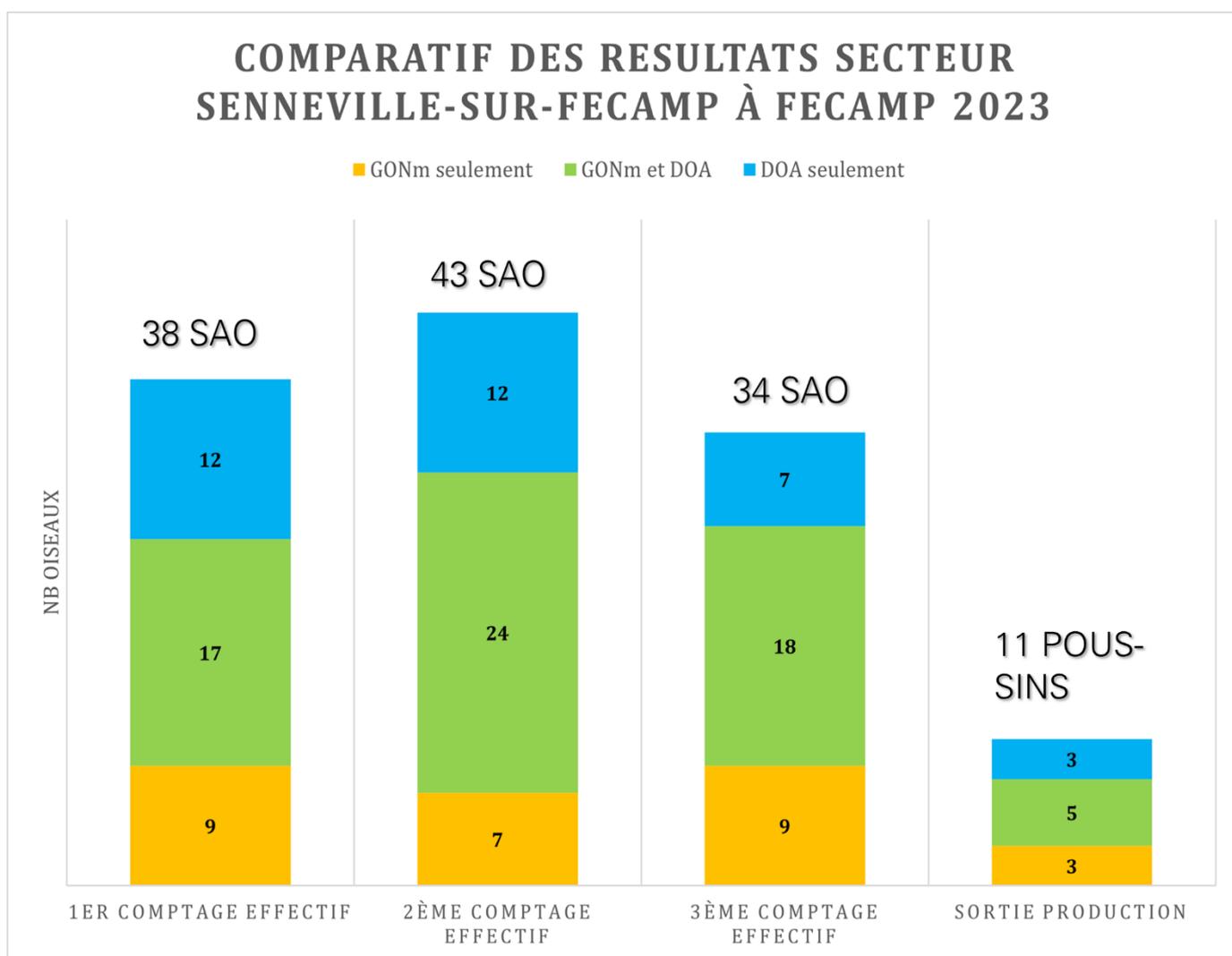


Figure 18 : Graphique comparatif des résultats de comptage des SAO et des poussins – Secteur Senneville 2023.

Les données Effectif par méthode et par sortie du secteur Senneville sont présentées dans le tableau 13.

Tableau 13 : Tableau comparatif des résultats Effectif 2023, secteur Senneville.

	Effectif (Nombre de SAO)			
	1 <sup>ère</sup> sortie (Effectif)	2 <sup>ème</sup> sortie (Effectif)	3 <sup>ème</sup> sortie (Effectif)	Nb de SAO retenus
GONm	26	31	27	28
DOA	29	36	25	30

### 4.3. Résultats bruts secteur Yport 2023

Les résultats bruts des méthodes pédestre et drone sont présentées sous forme d'un graphique (Figure 19). Sur les 3 sorties, un total de 88 SAO a été compté sur la première, 105 pour la deuxième et 98 SAO pour la dernière sortie. 33 poussins ont été comptabilisés sur le secteur de Yport lors de la sortie production.

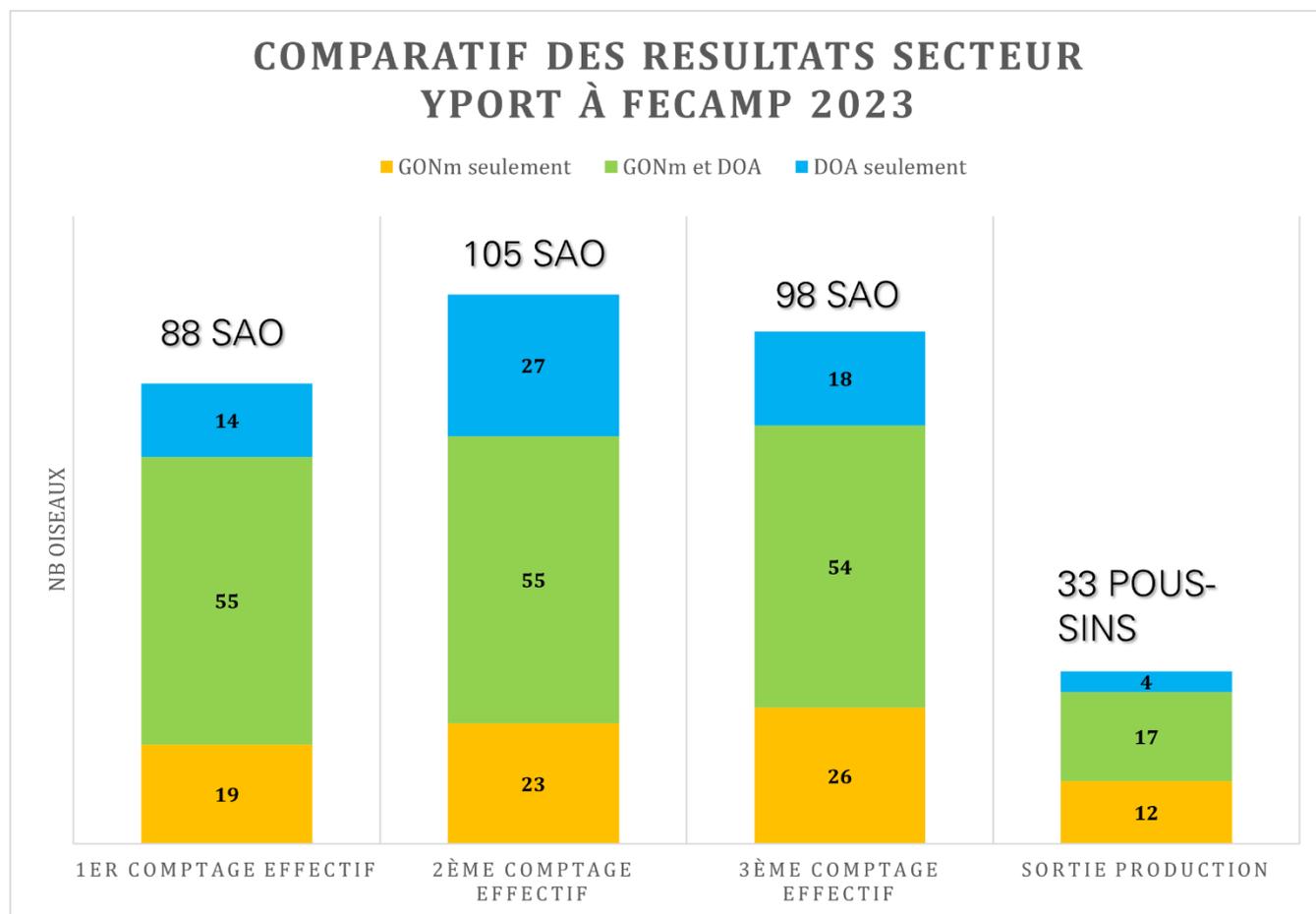


Figure 19 : Graphique comparatif des résultats de comptage des SAO et des poussins – Secteur Yport 2023.

Les données Effectif par méthode et par sortie du secteur Yport sont présentées dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Tableau comparatif des résultats Effectifs 2023, secteur Yport.

	Effectif (Nombre de SAO)			
	1ère sortie (Effectif)	2ème sortie (Effectif)	3ème sortie (Effectif)	Nb de SAO retenus
GONm	74	78	80	77
DOA	69	82	72	74

## 4.4. Comparaison des résultats 2023

### 4.4.1. Comparatif de la productivité<sup>7</sup>

Pour le secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp, la productivité déterminée par le **GONm est de 0.29** (Tableau 3). La productivité déterminée par **DOA** (Tableau 12) **est de 0.27**. Les résultats de productivité obtenus par la méthode pédestre et la méthode drone sont similaires (Tableau 15). La classe de production du Fulmar boréal sur le secteur Senneville est mauvaise en 2023.

Tableau 15 : Tableau comparatif des résultats Production 2023, secteur Senneville.

	Effectif (Nombre de SAO)				Nb de poussins	Produc- tion 2023	Class PROD
	1ère sor- tie (Effectif)	2ème sortie (Effectif)	3ème sortie (Effectif)	Nb de SAO re- tenus			
GONm	26	31	27	28	8	0,29	M
DOA	29	36	25	30	8	0,27	M

Pour le secteur de Yport à Fécamp, la productivité déterminée par le **GONm est de 0.38** (Tableau 3). La productivité déterminée par **DOA** (Tableau 12) **est de 0.28**. Les résultats de productivité obtenus par la méthode pédestre et la méthode drone sont similaires (Tableau 16). La classe de production du Fulmar boréal sur le secteur Yport est moyenne en 2023. Globalement, l'évaluation de la productivité est similaire quelle que soit la méthode utilisée.

<sup>7</sup> Les résultats de productivité sont repris de la page 9 (GONm) et de la page 2 (DOA)

Tableau 16 : Tableau comparatif des résultats Production 2023, secteur Yport.

	Effectif (Nombre de SAO)				Nb de poussins	Produc- tion 2023	Class PROD
	1ère sortie (Effectif)	2ème sortie (Effectif)	3ème sortie (Effectif)	Nb de SAO rete- nus			
GONm	74	78	80	77	29	0,38	Y
DOA	69	82	72	74	21	0,28	M

A l'heure actuelle, il n'existe pas de méthodologie permettant de coupler les résultats provenant du drone et de l'observation pédestre. Ces deux techniques permettent de réaliser des suivis du fulmar boréal et les conclusions qui en découlent sont assez semblables. Il n'est cependant pas possible de les coupler telles quelles, considérant les échelles de temps différentes entre une observation drone et une observation à pied : le risque de biais et de surestimation sont trop importants. Néanmoins, **une étude est à l'œuvre auprès des ornithologues du GONm dans le cadre du développement d'une nouvelle méthode permettant de combiner et affiner les résultats.**

## 5. Comparaison interannuelle des données – GONm et DOA

### 5.1. Comparaison des données Effectifs 2020-2023

Les données obtenues en 2022-2023 sont présentées ici afin d’observer les tendances d’évolution de la population des fulmars sur les falaises de Fécamp. Les données proviennent des campagnes précédentes. Les effectifs retenus correspondent aux moyennes des SAO recensés lors des sorties pour chaque partie.

La Figure 20 ci-dessous représente les effectifs retenus pour les années 2022 et 2023 sur le secteur Yport, pour le GONm et DOA. Il y a eu une augmentation des effectifs recensés pour les deux méthodes.

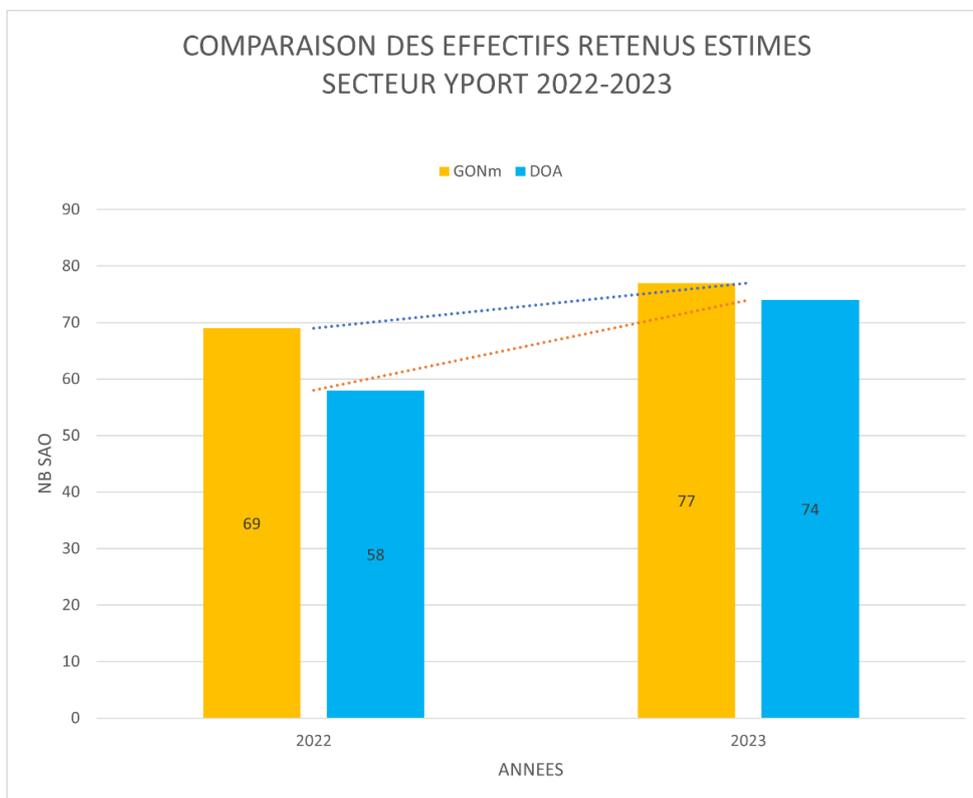


Figure 20 : Présentation des effectifs retenus en 2022-2023 sur le secteur Yport.

La Figure 21 représente les effectifs retenus pour les années 2022 et 2023 sur le secteur Yport, pour le GONm et DOA. Si le comptage est sensiblement le même pour DOA sur les deux années, il y a une diminution nette de SAO retenus pour le GONm.

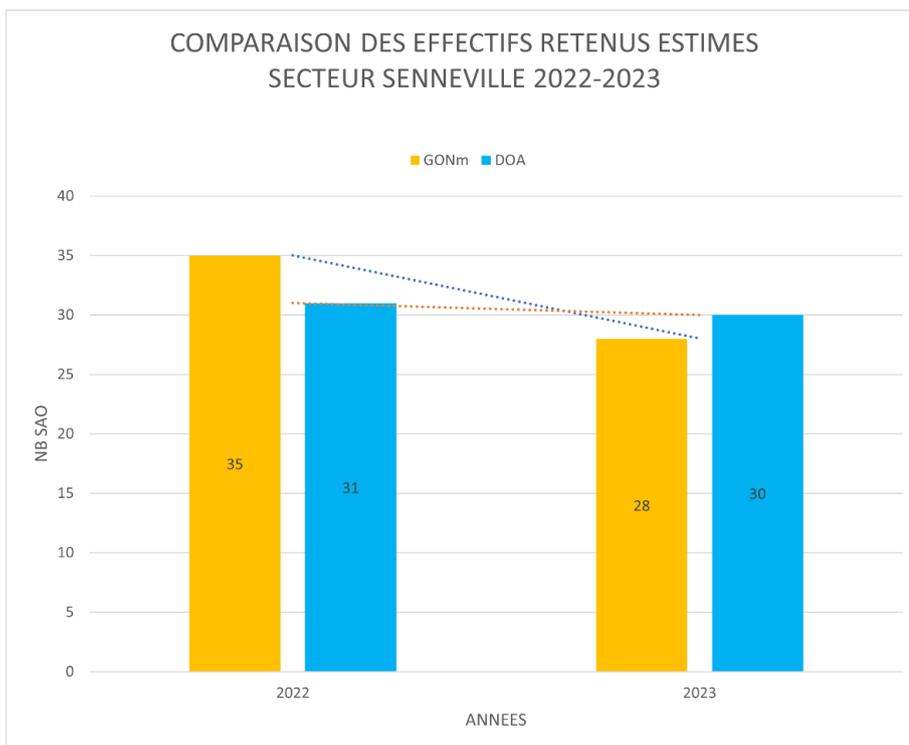


Figure 21 : Présentation des effectifs retenus en 2022-2023 sur le secteur Senneville.

## 5.2. Comparaison des données Poussins 2020-2023

La Figure 22 présente les données concernant les poussins recensés par les vecteurs terrestre et aérien sur le secteur Yport.

Le nombre de poussins captés en 2023 est nettement plus bas qu'en 2022. Par ailleurs, la qualité de production en jeunes sur la zone est également moins bonne pour les deux méthodes (Tableau 18). L'état de santé de la population reste bon, malgré cette diminution qui reste à surveiller.

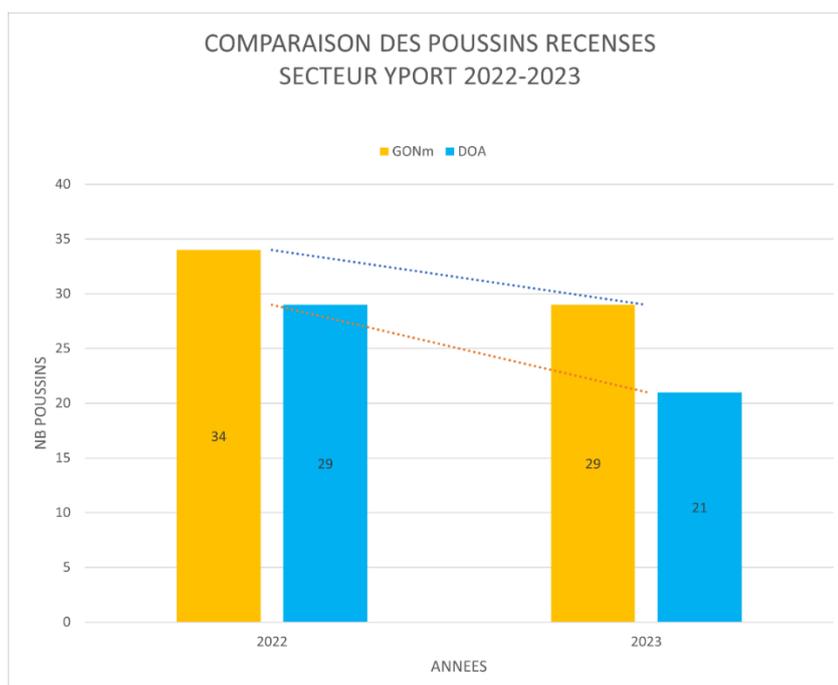


Figure 22 : Présentation des poussins recensés sur le secteur Yport en 2022 et 2023.

Tableau 17 : Alternance des classes de production en jeunes du fulmar boréal sur Yport en 2022-2023.

	Class PROD 2022	Class PROD 2023
GONm	B	Y
DOA	TB	M

La Figure 23 présente les données concernant les poussins recensés par les vecteurs terrestre et aérien sur le secteur Senneville.

Le nombre de poussins captés reste stable. La production en jeunes reste à surveiller. En effet, la classe de productivité du fulmar reste mauvaise (Tableau 18).

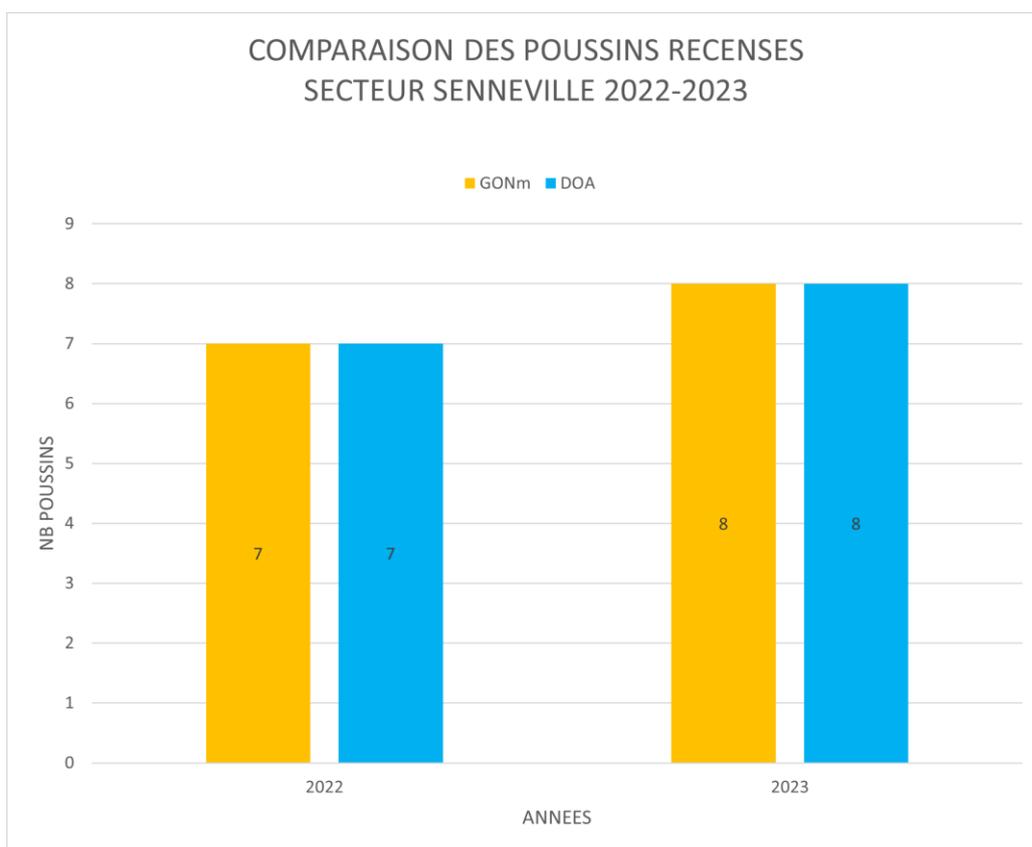


Figure 23 : Présentation des poussins recensés sur le secteur Senneville en 2022 et 2023.

Tableau 18 : Alternance des classes de production en jeunes du fulmar boréal sur Senneville en 2022-2023.

	Class PROD 2022	Class PROD 2023
GONm	M	M
DOA	M	M

### 5.3. Interprétation des résultats interannuels

- Sur le secteur de Senneville, le nombre de SAO recensés a diminué sur les deux années d'étude. La production en poussin est similaire sur la phase construction du parc (Figures 21 et 23).

- Sur le secteur de Yport, les nombres de SAO et de poussins **augmentent** chaque année de manière nette (Figures 21 et 22). La productivité de l'espèce sur cette zone augmente, sauf pour 2023 : on observe en effet **une baisse** de production en jeunes pour cette année.

Sur les 2 secteurs suivis, les variations de productivité peuvent être liées à de nombreux facteurs (maladie, disponibilité en nourriture, conditions météorologiques, prédation, etc. – Tableau ci-dessous). Les populations d'oiseaux connaissant des variations interannuelles, il n'est pas possible de parler de tendance à la hausse ou la baisse de la population, ni de la production de poussins, sur deux années de suivi. Les études ultérieures en phase d'exploitation du parc seront intéressantes pour compléter et comprendre les tendances d'évolution du fulmar boréal.

Facteurs	Impactant les effectifs	Impactant la productivité
Suivi des <b>microplastiques</b> dans les estomacs des fulmars : 100% des oiseaux analysés présentent la présence de plastique. Cadavres de poussins également nécropsiés et présence de plastique observée (Gallien & Le Guillou, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022 & 2023).	<i>Affaiblissement de la santé des oiseaux</i>	<i>Diminution des chances de survie des poussins</i>
<b>Autres oiseaux retrouvés</b> sur les sites de reproduction (goélands, cormorans, faucons, poussins de hiboux grand-duc) (Figure 24)	<i>Dérangement sur les oiseaux qui peuvent se déplacer à la recherche d'un autre site de nidification</i>	<i>Dérangements réguliers pouvant impacter l'incubation. Prédation potentielle sur les jeunes</i>
<b>Fragilisation</b> de la falaise	<i>Perte d'une zone d'installation</i>	<i>Impact potentiel : moins de nidification</i>

## 6. Limites méthodologiques et axes d'amélioration

L'objectif de cette partie est de présenter les limites de chaque méthode pouvant être à l'origine des différences de résultats entre les deux méthodes. Des solutions d'améliorations ont également été proposées et testées sur la période 2021-2023.

### 6.1. Limites rencontrées pour chaque méthode

Les limites majoritairement rencontrées pour chaque méthode sont résumées dans le Tableau 19.

Tableau 19 : Synthèse des contraintes méthodologiques rencontrées

Contraintes rencontrées	GONm	DOA
Stationnement en haut de falaise	Pas de risque particulier.	Risque de chute accidentelle Risque d'effondrement
Déplacement sur l'estran	Plusieurs risques : - Chute accidentelle - Marée montante - Eboulement de falaise	Pas de risque particulier.
Coefficient marée	Nécessaire d'avoir un coefficient de marée bas et important pour avoir suffisamment de recul.	Le drone peut voler quel que soit le coefficient.
Météo	Une pluie fine n'empêche pas le déroulement de la mission.	En cas de pluie, vent fort, brouillard, orage, le vol de drone n'est pas possible.
Délectabilité des sites – Morphologie et emplacement de la cavité	La détection de la cavité peut être bloquée en fonction de sa hauteur sur la falaise, la présence d'un élément masquant. Il peut être nécessaire de multiplier les points de vue (Figure 25). La Figure 25 montre que les emplacements 1 et 2 ne permettent pas d'observer la cavité pour un observateur pédestre. A partir de la position 3, la cavité est visible mais l'angle d'observation ne permet pas de voir en profondeur. Les meilleurs emplacements pour observer l'intérieur de la cavité sont les points 4 et 5, ce dernier ayant l'avantage de permettre une meilleure vision, notamment si des éléments sont présents devant l'entrée.	Le drone permet de contourner les éléments masquant et changer l'angle de l'observation.
Temps alloué à la recherche des SAO	Evolution sur l'estran durant plusieurs heures lors des grandes marées.	Temps sur le terrain limité par l'autonomie des batteries.
Matériel et capteurs	Pas de contrainte matériel.	Usage du capteur thermique limité dans le temps et en température. Il est nécessaire d'avoir un écart de température (min 10°C) et de limiter le rayonnement solaire pour obtenir des résultats.



Figure 24 : Panel de photographies de quelques autres oiseaux pouvant être observés : Hibou grand-duc (Yport), Colonie de mouettes tridactyles (Senneville), grands cormorans (Senneville) (© DOA 2023).



Figure 25 : Détectabilité des SAO selon différents angles de vues, depuis l'estran.

## 6.2. Axes d'amélioration proposés et testés

### Géoréférencement des données cartographiques

« La cartographie des SAO est désormais disponible sur les logiciels de SIG. Afin d'améliorer cette cartographie, il est nécessaire de géoréférencer des données. Le géoréférencement permettrait de suivre avec précision les SAO d'année en année et également d'ajouter les jeux de données à la base DEPOBIO. Pour le moment les logiciels de SIG (QGIS et les logiciels standards) ne proposent pas de solution pour un géoréférencement 3D. Les coordonnées X et Y seraient visualisables de façon habituelle et l'attribut Z serait informatif (mentionné dans la table attributaire). »

### > Résultats et amélioration proposée en 2022 :

« La technologie des drones et des capteurs embarqués évolue rapidement. De nouveaux outils sont régulièrement proposés et mis à jour. C'est le cas pour le matériel utilisé, la MATRICE 300RTK. Une nouvelle fonctionnalité permet de déterminer les coordonnées GPS d'un point visé par le télémètre laser (inclus sur le capteur H20T). »

Ainsi, l'outil drone permettrait à terme de relever l'intégralité des coordonnées des sites connus. Les bases de données 2021, 2022 et celle des années à venir pourraient être mises à jour afin d'inclure les coordonnées des SAO.

### Protocole GISOM et drone

*« Il pourrait être pertinent de réfléchir à une méthodologie permettant d'intégrer les données issues des captations par drone au protocole GISOM, ce qui permettrait d'obtenir d'avantages de données et ainsi d'affiner les résultats. »*

En 2022, la méthode GISOM a été appliquée au comptage par drone, ce qui a rendu possible la comparaison méthodologique et permet de suivre la méthode scientifique de comptage de l'avifaune nicheuse. Cette méthodologie est pertinente et a été maintenue lors des comptages 2023 afin de permettre une continuité méthodologique et une étude comparative valable. Cette même méthodologie peut être utilisée dans le cas d'une reconduite du drone sur la phase d'exploitation du parc.



## Conclusion

Depuis 2021, le protocole d'acquisition de données par drone a été amélioré et réalisé sur l'ensemble du linéaire de falaise depuis Senneville-sur-Fécamp jusqu'à Yport. La méthode développée par drone pour le suivi de l'avifaune nicheuse des falaises a été réalisée suivant le protocole scientifique établi par le GISOM et déjà pratiquée par les ornithologues du GONm. La méthodologie de comptage multi-vecteur (terrestre et aérien) est dorénavant fonctionnelle. Les suivis de 2022 et 2023, en phase construction du parc éolien en mer de Fécamp, confirment la complémentarité des méthodes, permettant une approche plus exhaustive du comptage de fulmar boréal.

Des axes d'améliorations ont été soulevés afin d'optimiser les comptages lors des suivis à venir, notamment concernant la méthode de comptage par drone. Dans le futur, l'évolution des technologies embarquées sur drone devraient permettre de cartographier précisément des SAO d'après les coordonnées GPS répertoriées. Une base cartographique robuste pourrait ainsi être créée et pérenniser les données historiques.

**La collaboration entre le GONm et Drone On Air permet de produire des données issues des compétences et du savoir ornithologique accompagné des outils innovants des nouvelles technologies.**



## Bibliographie

- Cadiou B., Pons J.-M., Cadiou B., Barbraud C., Camberlein P., Debout G., Deniau A., Fortin M., Le Nuz M., Sadoul N., Tranchant Y. et Yésou p. (2009). Méthodes de suivi des colonies d'oiseaux marins : dénombrement de l'effectif nicheur et suivi de la production en jeunes. Document de travail GISOM (non publié).
- Debout G. (2013). Oiseaux marins nicheurs de Normandie : bilan d'un demi-siècle de recensement. *Le Cormoran*, 19 (78) : 67-78.
- Fisher, J. 1952 - The fulmar. *New Naturalist*, 496 pages.
- Gallien F. Coord. (2019). Suivi du fulmar boréal en période de reproduction sur des colonies témoins des sous-régions marines Manche - mer du Nord et mers celtiques - Saison 2019. Rapport pour l'Office Français pour la Biodiversité. 9p.
- Gallien F. & Domalain, T. (2022). Son et lumières sur les falaises de Fécamp à Grainval. Suivi du fulmar boréal nicheurs des falaises. Évaluation d'un potentiel impact. Rapport pour le Fonds de Mécénat du groupe Olvea. 9p.
- Gallien F. & Le Guillou G. (2015). Utilisation des oiseaux marins comme indicateurs de la pollution en hydrocarbures et macro-déchets du milieu marin : Enquêtes « Oiseaux échoués » et « Ecological Quality Objectives ». Hiver 2014-2015. 29p.
- Gallien F. & Le Guillou G. (2017). Utilisation des oiseaux marins comme indicateurs de la pollution en hydrocarbures et macro-déchets du milieu marin : Enquêtes « Oiseaux échoués » et « Ecological Quality Objectives ». Hiver 2015-2016. 36p.
- Gallien F. & Le Guillou G. (2017). Utilisation des oiseaux marins comme indicateurs de la pollution en hydrocarbures et macro-déchets du milieu marin : Enquêtes « Oiseaux échoués » et « Ecological Quality Objectives ». Hiver 2016-2017. 28p.
- Gallien F. & Le Guillou G. (2018). Utilisation des oiseaux marins comme indicateurs de la pollution en hydrocarbures et macro-déchets du milieu marin : Enquêtes « Oiseaux échoués » et « Ecological Quality Objectives ». Hiver 2017-2018. 29p.
- Gallien F. & Le Guillou G. (2019). Enquêtes « Ecological Quality Objectives » sur le littoral de Normandie et des Hauts-de-France. Hiver 2018-2019. Utilisation des oiseaux marins comme indicateurs de la pollution par les hydrocarbures et macro déchets du milieu marin.
- Gallien F. & Le Guillou G. (2021). Enquête « Litter Fulmar Ecological Quality Objectives » sur le littoral de Normandie et des Hauts-de-France. Année 2019 - Utilisation du fulmar boréal comme indicateur de la pollution du milieu marin par les macro-déchets retrouvés dans son estomac.
- Gallien F. & Le Guillou G. (2022). Enquête « Litter Fulmar Ecological Quality Objectives » sur le littoral de Normandie et des Hauts-de-France. Année 2020 - Utilisation du fulmar boréal comme indicateur de la pollution du milieu marin par les macro-déchets retrouvés dans son estomac.

- Gallien F. & Le Guillou G. (2023). Enquête « Litter Fulmar Ecological Quality Objectives » sur le littoral de Normandie et des Hauts-de-France. Année 2021 - Utilisation du fulmar boréal comme indicateur de la pollution du milieu marin par les macro-déchets retrouvés dans son estomac.
- GISOM (2020). Recensement national des oiseaux marins nicheurs en France hexagonale. Enquête 2020-2022. Présentation générale et méthodologie.
- GISOM (2023). Recensement national des oiseaux marins nicheurs en France hexagonale. Enquête 2020-2022. Résultats des suivis. 61p.
- Lang B. (1998). Suivi de la nidification du pétrel fulmar dans le Bessin (1972-1997). *Le Cormoran* 10 (3) : 169-172.
- Le Guillou G. & Debout G. (2012). Les oiseaux marins nicheurs des falaises cauchoises (Seine-Maritime) (1<sup>ère</sup> partie). *Alauda* 80 (1), 2012 : 65-74.
- Bojana Ivošević, Yong-Gu Han, Youngho Cho et Ohseok Kwon (2015). The use of conservation drones in ecology and wildlife research
- Vas E, Lescroël A, Duriez O, Boguszewski G, Gre´millet D. 2015 Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines.



*Fulmar boréal (Gunter De Smet, GONm)*

## Table des illustrations

Photo 1 : Secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp .....	4
Photo 2 : Secteur de Fécamp à Yport .....	4
Tableau 1 : Calendrier des sorties 2023 .....	7
Tableau 2 : Nombre de SAO de fulmar boréal par secteur.....	7
Tableau 3 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur en 2023 .....	9
Tableau 4 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur entre Yport et Fécamp .....	11
Tableau 5 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur .....	11
Tableau 6 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur .....	12
Tableau 7 : Résolution du capteur H20T .....	16
Tableau 8 : Calendrier des sorties 2023 par vecteur drone .....	16
Tableau 9 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur en 2023, vecteur drone.....	22
Tableau 10 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur en 2023, vecteur drone	22
Tableau 11 : Date des passages GONm et DOA et nombres de jours d'écarts - Secteur Senneville.....	29
Tableau 12 : Date des passages GONm et DOA et nombres de jours d'écarts - Secteur Yport .....	30
Tableau 13 : Tableau comparatif des résultats Effectif 2023, secteur Senneville. ....	31
Tableau 14 : Tableau comparatif des résultats Effectifs 2023, secteur Yport. ....	32
Tableau 15 : Tableau comparatif des résultats Production 2023, secteur Senneville.....	32
Tableau 16 : Tableau comparatif des résultats Production 2023, secteur Yport.....	33
Tableau 17 : Alternance des classes de production en jeunes du fulmar boréal sur Yport en 2022-2023.....	36
Tableau 18 : Alternance des classes de production en jeunes du fulmar boréal sur Senneville en 2022-2023.....	36
Tableau 19 : Synthèse des contraintes méthodologiques rencontrées.....	38

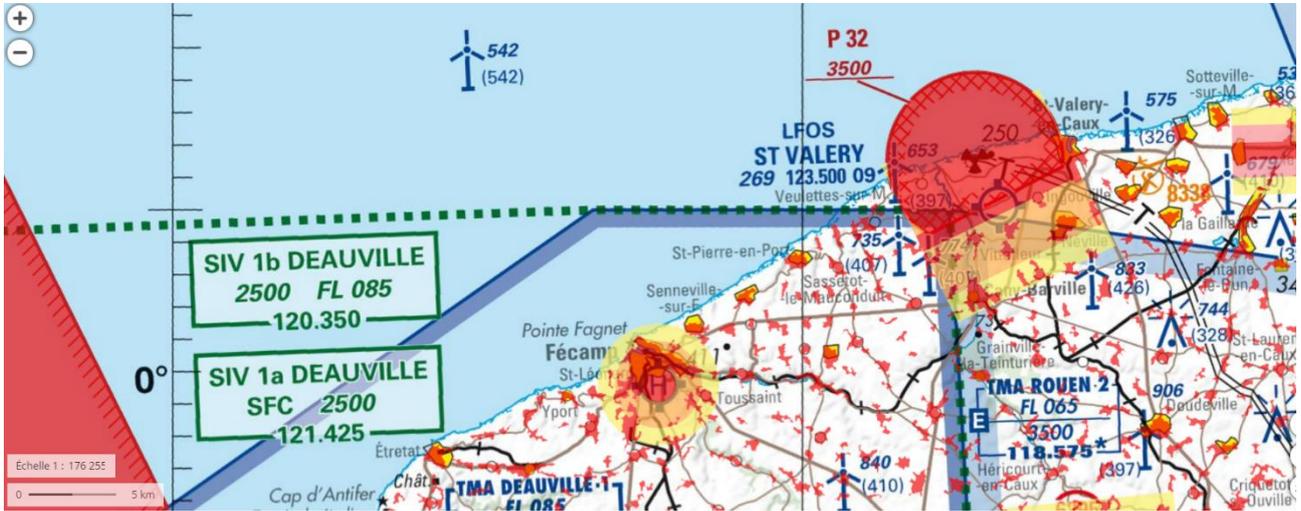
Figure 1 : Secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp .....	4
Figure 2 : Secteur de Fécamp à Yport (en jaune) .....	4
Figure 3 : Tendances d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur le secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp.....	8
Figure 4 : Tendances d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur le secteur Fécamp à Yport .....	8
Figure 5 : Tendances d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur les 2 secteurs cumulés	9
Figure 6 : Seuils actuellement considérés pour les cinq classes de la production en jeunes* pour les différentes espèces d'oiseaux marins étudiées (Cadiou et Coll., 2013).	10
Figure 7 : Évolution de la production en jeunes sur les sites de Senneville-sur-Fécamp et Yport depuis 2019.....	10
Figure 8 : Drone M300 et son capteur H20T DJI .....	15
Figure 9 : Capteurs embarqués H20T .....	15
Figure 10 : Synthèse de la méthodologie GISOM 2022-2023 et rappel des captations 2021 .....	18
Figure 11 : Méthodologie d'identification des SAO en trois étapes, (1) imagerie thermique, (2) localisation de l'individu sur la falaise, (3) validation de l'espèce.....	19
Figure 12 : Méthodologie d'identification des SAO en trois étapes, (1) repérage cartographique à partir d'une vue ortho rectifiée de la falaise sur tablette (2) localisation de l'individu sur la falaise grâce au retour vidéo du drone, (3) validation de l'espèce.....	20
Figure 13 : Incidence du changement d'angle de vue et de paramétrage du capteur sur le comptage des poussins (cavité 51, secteur Yport) 2021.....	21
Figure 14 : Incidence du changement d'angle de vue, comptage SAO (cavité 96, secteur Yport) 2022 .....	21
Figure 15 : Graphique de comparaison des résultats des données captées par drone sur le secteur Senneville 2022-2023.....	23
Figure 16 : Graphique de comparaison des résultats des données captées par drone sur le secteur Yport 2022-2023.....	24
Figure 17 : Extrait de la cartographie des SAO.....	26
Figure 18 : Graphique comparatif des résultats de comptage des SAO et des poussins –	30
Figure 19 : Graphique comparatif des résultats de comptage des SAO et des poussins –	31
Figure 20 : Présentation des effectifs retenus en 2022-2023 sur le secteur Yport. ....	34
Figure 21 : Présentation des effectifs retenus en 2022-2023 sur le secteur Senneville. ...	35
Figure 22 : Présentation des poussins recensés sur le secteur Yport en 2022 et 2023. ...	35
Figure 23 : Présentation des poussins recensés sur le secteur Senneville en 2022 et 2023. ....	36
Figure 24 : Panel de photographies de quelques autres oiseaux pouvant être observés : Hibou Grand-Duc (Yport), Colonie de mouettes tridactyles (Senneville), Grands Cormorans (Senneville). Photos DOA 2023.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 25 : Détectabilité des SAO selon différents angles de vues, depuis l'estran .....	39

Annexe 1 : Extrait de la carte OACI sur le secteur de Fécamp (Source : Géoportail). ....	47
--	----

Annexe 2 : Exemple de déclaration de vol de drone sur le secteur de Senneville sur le site Alpha Tango. ....	47
Annexe 3 : Réponse automatique lors de la notification de vol par drone .....	48
Annexe 4 : Cartographie QGIS comptage avifaune Senneville.....	49
Annexe 5 : Cartographie QGIS comptage avifaune Yport .....	52
Annexe 6 : Extrait de photos de SAO 2022 et 2023 – Secteur Yport.....	55
Annexe 7 : Extrait de photos de SAO 2022 et 2023 – Secteur Senneville-sur-Fécamp ....	56

# Annexes

Annexe 1 : Extrait de la carte OACI sur le secteur de Fécamp (Source : Géoportail).



Annexe 2 : Exemple de déclaration de vol de drone sur le secteur de Senneville sur le site Alpha Tango.

ALPHATANGO
DRONE ON AIR

MES NOTIFICATIONS DE VOL / VOL DU 05/07/2023

**Général**

Date de début des vols: 05/07/2023  
 Régime de vol: Boissons standard national  
 Environnement: Hors zone peuplée  
 Pilotage de l'aéronef: Hors vue du pilote  
 Destinataire: Ministère des Armées

**Opérations prévues**

Date et heures de vol

Rappel: Les vols de nuit hors espace dérogé nécessitent une dérogation préalable à demander séparément.

Rappel: la plage horaire notifiée ne peut dépasser 12 heures. Si la plage horaire des vols prévus dépasse 12 heures, réaliser plusieurs notifications de vol.

Date de début	05/07/2023
Heure de début de vol (heure locale, au format HH)	05 h 25 min
Date de fin	05/07/2023
Heure de fin de vol (heure locale, au format HH)	17 h 25 min

Scénario opérationnel

Scénario opérationnel: S-2

**Zone de vol**

Plan

Commune de: FÉCAMP  
 Code postal: 76400  
 Latitude + (nord): 49.775673  
 Longitude + (est): 0.306523

Rauteur maximal de vol

Rauteur maximale de vol (m): 75

**Autres informations utiles**

Indiquer si toute information permettant au titulaire des aéronefs de mieux appréhender la nature des opérations prévues (par exemple : nombre de vols prévus et durée moyenne du vol, répartition des vols au sein de la plage horaire déclarée).

Autres informations utiles

**Aéronefs susceptibles d'être utilisés**

UAS-FR-240607 (valable jusqu'au 29/12/2027) OU - MATRICE 200 RTA-np-NTE-120N000010000 - Multicopters	ID signalé: 181E12N0485011600 - 01 02 03
UAS-FR-210220 (valable jusqu'au 05/11/2026) OU - MATRICE 200 RTA-np-NTE-120N000004457 - Multicopters	ID signalé: 181E12N0485011604457 - 01 02 03
UAS-FR-210220 (valable jusqu'au 05/11/2026) OU - MATRICE 200 RTA-np-PAR-120N000004457 - Multicopters	ID signalé: 181E12N0485011604457 - 01 02 03

**Exploitant réalisant les vols**

Nom: DRONE ON AIR  
 N° d'exploitant déclaré: ED005

### Annexe 3 : Réponse automatique lors de la notification de vol par drone

DRONE ON AIR  
support@droneonair.com

Bonjour,

Une notification de vol vous concernant a bien été enregistrée.

Elle sera adressée au ministère des Armées, parce qu'il a été indiqué qu'il s'agit de vols d'un aéronef de plus de 900g dans une zone de manoeuvre ou d'entraînement militaire ou de vols hors vue du télépilote.

ATTENTION : l'enregistrement de cette notification ne signifie pas que les vols décrits sont réglementairement possibles. La zone de vol déclarée peut être interdite aux aéronefs télépilotes ou d'autres démarches peuvent être nécessaires :

- Vols en zone peuplée : notification avec un préavis de 5 jours ouvrables à la préfecture territorialement compétente

- Vols de nuit hors espace aérien ségrégué : dérogation préfectorale

- Vols à proximité d'un aérodrome ou dans un espace aérien contrôlé ou réglementé : autorisation du gestionnaire de la zone

Ces démarches sont à réaliser **séparément** et peuvent requérir des préavis incompatibles avec la date de début de vols déclarée.

Pour plus d'information, consulter les guides sur les pages web de la DGAC relatives aux aéronefs télépilotes (voir les liens utiles dans le pied de page du portail AlphaTango).

Résumé des informations déclarées :

**Exploitant qui réalisera les vols:**

DRONE ON AIR  
support@droneonair.com

**Date des vols :**

Début : le 18/08/2023 à 08h00

Fin : le 18/08/2023 à 20h00

**Type de vol :**

Scénarios standard nationaux

Scénario : S2

**Hauteur maximale :** 79 m

**Lieu des vols :**

Lieu : 76400 SAINT-LEONARD

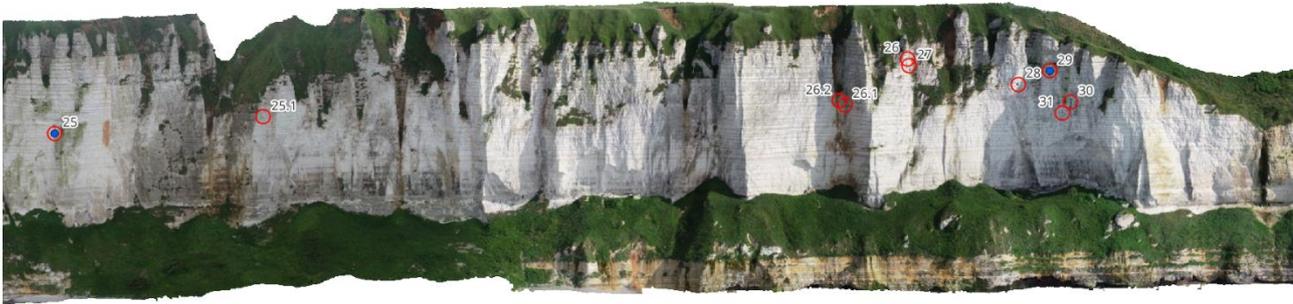
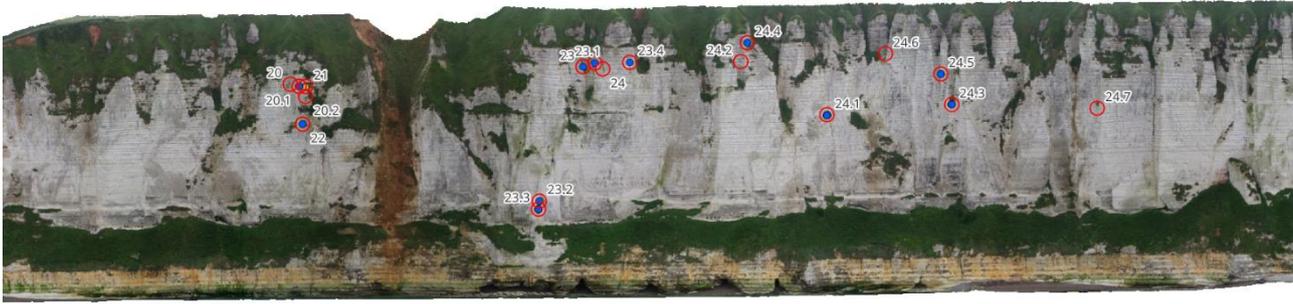
Centre de la zone de vol : longitude : 0,335, latitude : 49,748, rayon : 2 000m

Vous pouvez consulter, modifier ou supprimer cette notification depuis votre compte sur le portail AlphaTango.

Cordialement,  
L'équipe AlphaTango

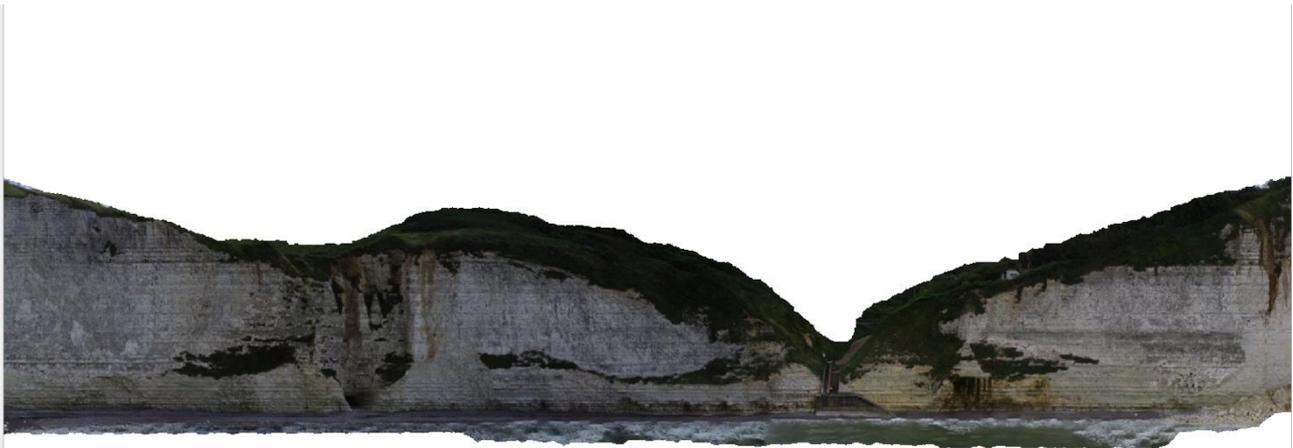
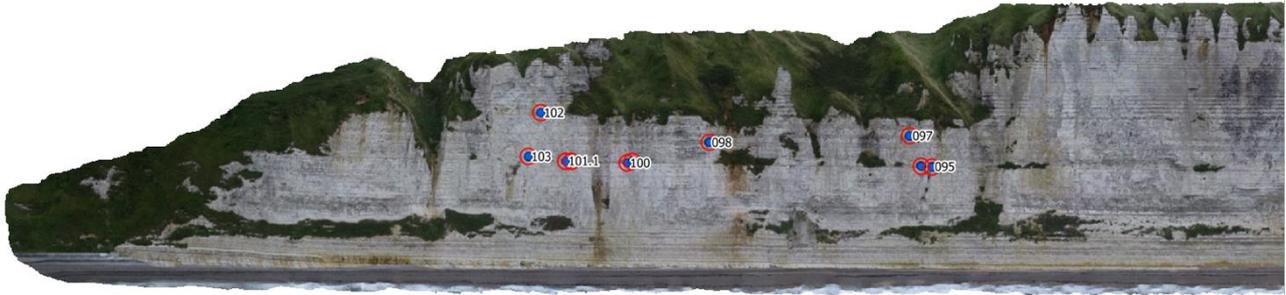
Annexe 4 : Cartographie QGIS comptage avifaune Senneville







Annexe 5 : Cartographie QGIS comptage avifaune Yport







Annexe 6 : Extrait de photos de SAO 2022 et 2023 – Secteur Yport

	PHOTO SAO	PHOTO POUSSIN
SAO N°53 GONm 3/3 DOA 2/3  POUSSIN GONm 1 DOA 1		
SAO 22.1 GONm 3/3 DOA 1/3  POUSSIN GONm 1 DOA 1		
SAO N° 103 GONm 3/3 DOA 2/3  POUSSIN GONm 1 DOA 0		NON OBS PAR DRONE
SAO N°24.1 GONm 0/3 DOA 1/3  POUSSIN GONm 0 DOA 1		

Annexe 7 : Extrait de photos de SAO 2022 et 2023 – Secteur Senneville-sur-Fécamp

	PHOTO SAO	PHOTO POUSSIN
SAO N°52 GONm 3/3 DOA 3/3  POUSSIN GONm 1 DOA 1		
SAO N°10 GONm 3/3 DOA 2/3  POUSSIN GONm 1 DOA 1		
SAO N°25 GONm 3/3 DOA 2/3  POUSSIN GONm 1 DOA 0		NON OBS PAR DRONE
SAO N°25 GONm 3/3 DOA 1/3  POUSSIN GONm 0 DOA 1		

**Parc éolien**   
**en mer de Fécamp**  


Groupe Ornithologique Normand

Fabrice Gallien

Thomas Domalain

Drone On Air

Alexandra Baron

Julien Giocanti

