

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
2022

Groupe Ornithologique Normand (GONm)
Fabrice Gallien et Thomas Domalain

Drone On Air (GONM)
Camille Plançon 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	13
3. Suivi par vecteur drone	15
3.1. Rappel - Cadre réglementaire des vols de drone	15
3.2. Matériel - Comptages des effectifs nicheurs et production (drone)	16
3.2.1. Le drone MATRICE 300RTK	16
3.2.2. Le capteur thermique DJI ZENMUSE H20T	17
3.3. Méthode - Comptages des effectifs nicheurs et production (drone).....	18
3.3.1. Calendrier	18
3.3.2. Méthodologie des comptages - GISOM	18
3.3.3. Méthodologie d'identification de nouveaux SAO	20
3.3.4. Méthodologie de comptage des SAO connus et des POUSSINS	21
3.3.5. Contraintes et ajustement méthodologique.....	22
3.4. Résultats effectif nicheur par drone	24
3.4.1. Effectifs nicheurs et production en jeunes.....	24
3.5. Réalisation de la cartographie et spatialisation.....	32
3.5.1. Spatialisation des données	32
3.5.1. Répertoire photographique.....	34
4. Comparaison méthodologique des résultats GONm et DOA	36
4.1. Méthode.....	36
4.1.1. Comparatif des calendriers	36
4.2. Résultats secteur Senneville-sur-Fécamp 2022	37
4.1. Résultats secteur Yport 2022	38
4.1.1. Comparatif de la productivité	39
4.2. Interprétation des résultats comparatifs	40
4.2.1. Déplacement des individus de fulmars boréal	40
4.2.2. Incidence de la morphologie des cavités sur le relevé des SAO	41
4.3. Limites et axes d'améliorations méthodologiques	46
4.3.1. Limites rencontrées - méthode GONm.....	46
4.3.2. Limite rencontrées et axes d'amélioration – méthode Drone On Air.....	46
4.3.3. De nouveaux protocoles d'étude suggérés	49
5. Conclusion	50
Bibliographie	51
Table des illustrations.....	53

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 d'un parc éolien en mer au large de Fécamp, la société Éoliennes Offshore des Hautes Falaises (EOHF) doit mettre en œuvre des mesures de suivi, dont un suivi de l'avifaune nicheuse des falaises (MSu6).

En 2021, pour la 3ème année consécutive, la population nicheuse de fulmar boréal a été suivie sur les falaises de Senneville-sur-Fécamp à Yport. Le suivi est réalisé depuis l'estran à l'aide de longue vue par les ornithologues du GONm, avec du recul pour les oiseaux nichant dans les falaises et à la vue en pied de falaises pour les nicheurs sur les cordons de galets et/ou sur les chiens. Le suivi est 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 Mr Cadiou (expert en ornithologie, développeur de la méthode GISOM), quelle que soit la configuration des relevés, les campagnes pédestres et aériennes devront être traitées de façon 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.

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

Quels sont les impacts des travaux de construction du parc éolien 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

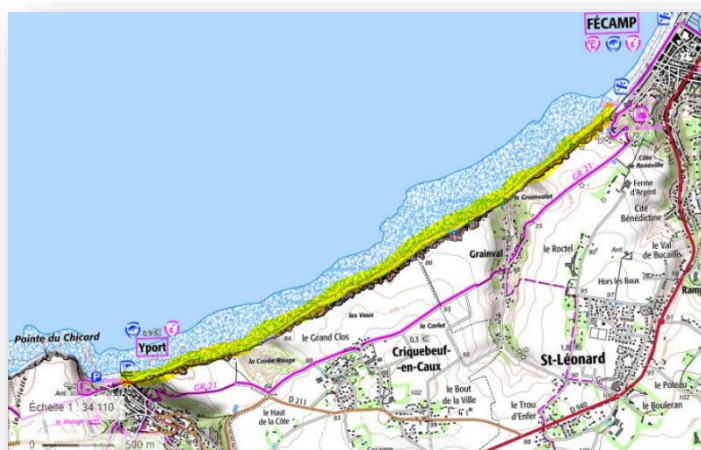


Figure 2 : Secteur de Fécamp à Yport (en jaune)

Photo 2 : Secteur de Fécamp à Yport



Suivi par voie terrestre 2022

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, nous avons appliqué la méthode proposée par le GISOM (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 en position d'incubation.

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 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.

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 a ainsi été réalisé sur les deux secteurs début août pour dénombrer les poussins sur les SAO identifiés au cours des 3 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.

2.2. Résultats observateurs

Les résultats présentés dans cette partie ne tiennent pas compte des acquisitions par drone.

2.2.1. Calendrier

Les suivis sont 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

Secteur	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	Quatrième sortie (Production)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	15 juin	28 juin	13 juillet	12 août
Fécamp à Yport	16 juin	27 juin	12 juillet	11 août

2.2.2. Effectifs nicheurs

Tableau 2 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur

Secteur	Première sortie	Deuxième sortie	Troisième sortie	Effectif 2022 retenu	Densité (nb de SAO/km)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	37	40	29	35	$35/4,5 = 7,78$
Fécamp à Yport	60	82	66	69	$69/3,5 = 19,71$
Total	97	122	95	104	$84/8,0 = 11,13$

Les deux secteurs accueillent un total cumulé de **104 SAO**.

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 2 secteurs suivis au cours de la dernière décennie.

Sur le secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp, les données sont disponibles pour 11 des 14 dernières années (Figure 3). Aucun effectif n'est donc disponible pour les années 2013, 2014 et 2018.

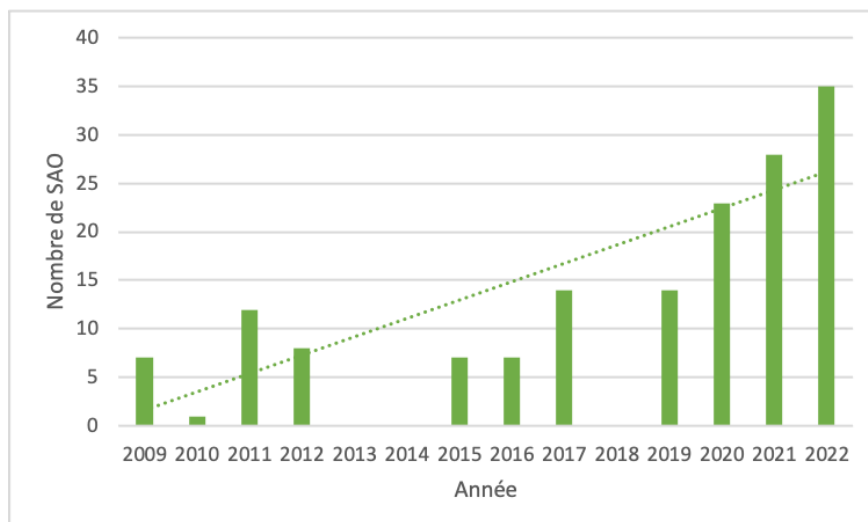


Figure 3 : Tendance d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur le secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp

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

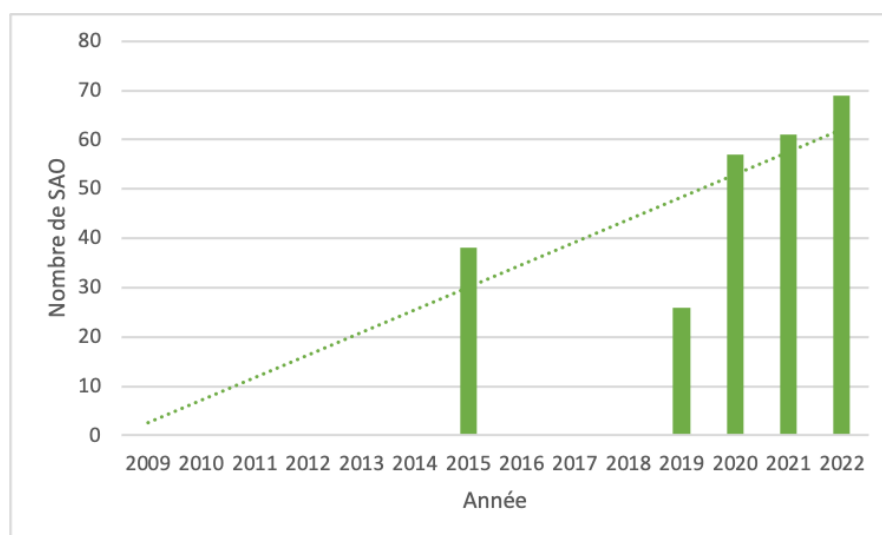


Figure 4 : Tendance d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur le secteur Fécamp à Yport

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.

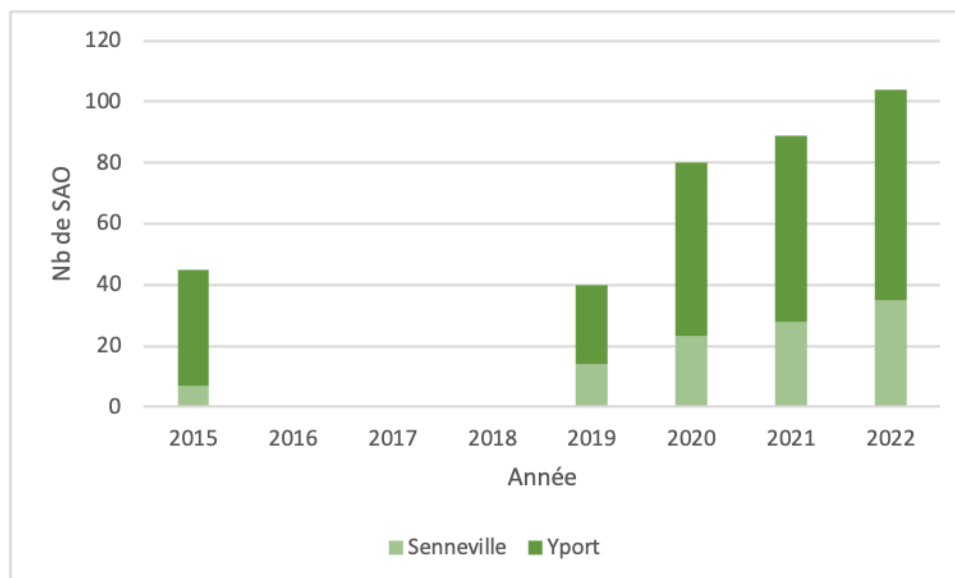


Figure 5 : Tendence d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur les 2 secteurs cumulés

Sur ces deux secteurs et au cours de la dernière décennie, la population de fulmars boréals en reproduction présente une nette tendance à l'augmentation.

Sur la base de la population nationale évaluée lors du 5^{ème} recensement national des oiseaux marins nicheurs 2009-2011 (Cadiou et Coll., 2015), la population de fulmar boréal se reproduisant entre Yport et Senneville-sur-Fécamp représente environ 10 % de la population nationale et environ 25 % de la population régionale.

2.2.3. Production en jeunes

Tableau 3 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur en 2022

Département - Colonie	EFF PROD 2022	Nombre de poussins	PROD 2022	Classe PROD
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	35	7	0,20	M
Fécamp à Yport	69	34	0,49	B

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	...					
Goélands	TM	M	M	M	M	Y	Y	Y	Y	Y	B	B	B	B	B	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	...					
Guillemot de Troil	TM	M	M	M	Y	Y	B	B	TB	TB																
	Niveau de la production en jeunes																									
	TM	Très mauvais ou nul					M	Mauvais (ou Médiocre)					Y	Moyen			B	Bon			TB	Très bon				

* 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 2022, la production en jeunes à l'envol est mauvaise sur le secteur de Senneville-sur-Fécamp et bonne sur le secteur de Yport.

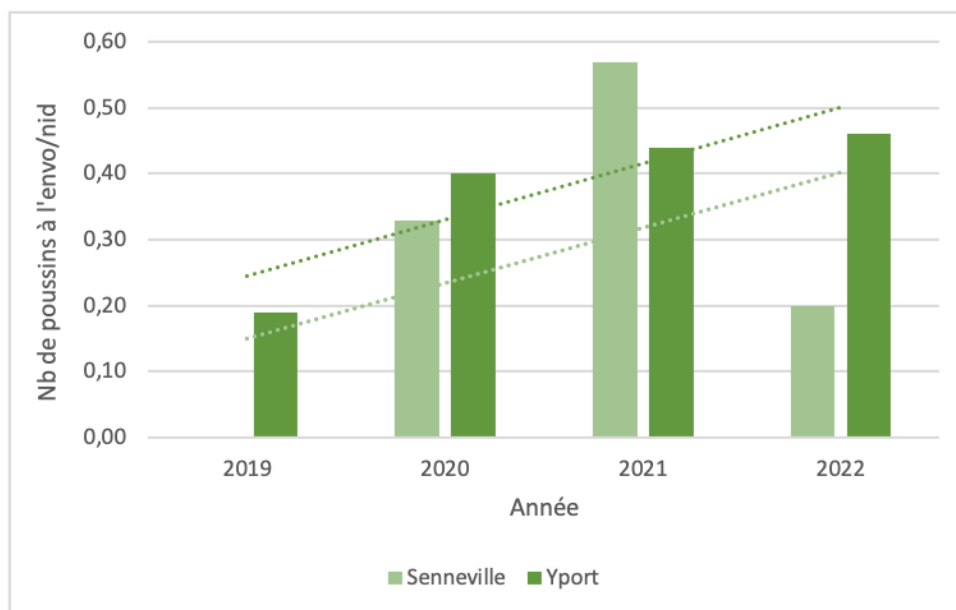


Figure 7 : Évolution de la production en jeunes sur les sites de Senneville-sur-Fécamp et Yport depuis 2019

Si la production en jeunes des 2 secteurs affiche une tendance à la hausse, on note que la production 2022 du secteur de Senneville-sur-Fécamp a fortement baissé entre 2021 et 2022 quand la production sur le secteur d'Yport augmente toujours, sans que nous puissions l'expliquer.



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

Tout 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 vailleuse de Grainval, soit environ 1km 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. La DREAL a donc demandé que soit réalisé un suivi de la reproduction du fulmar boréal sur cette portion de falaises. Le GONm assurant le suivi de l'espèce sur un secteur englobant le secteur de projection pour EDF-Renouvelables (EDF-RE) et la demande d'Olvea intervenant tardivement (à la fin du mois de juin), nous avons proposé qu'Olvea se rapproche d'EDF-RE afin que les données acquises dans le cadre des 2 suivis se complètent, affinant ainsi les résultats afin de nous permettre d'évaluer l'impact potentiel d'un tel événement qui pourrait notamment se traduire par l'abandon de nids et donc l'échec de la reproduction de tout ou partie des couples.

Ce son et lumière pouvant avoir un impact sur les suivis, il nous semble important de faire état de nos observations ici (Gallien & Domalain, 2022).

Les résultats du dénombrement de l'effectif nicheur sont ceux évalués lors du suivi EDF-Renouvelables.

La production en jeunes est évaluée selon la même méthode que pour EDF-RE mais avec des sorties supplémentaires.

Afin de voir quelles étaient les réactions des oiseaux lors de la projection, nous avons réalisé trois suivis à partir de l'extrémité de la digue de Fécamp. À la tombée de la nuit, avant et pendant la projection. Les comportements des oiseaux ont été notés durant la projection.

Résultats

Lors de 3 séances d'observations vespérales (27 juin, 2 juillet et 11 juillet), nous n'avons pas constaté d'envol de fulmar boréal au démarrage de l'illumination. Cependant, celle-ci ayant lieu à la tombée de la nuit, les conditions d'observations ne sont pas forcément faciles. Dans certains cas, nous avons pu observer les poussins qui n'ont pas montré de réactions particulières lors de l'illumination des falaises.

Tableau 4 : Calendrier des sorties Effectifs et Production

Origine du suivi	Sortie Effectif 1	Sortie Effectif 2	Sortie Effectif 3	Sortie Production 1	Sortie Production 2	Sortie Production 3
Suivi EDF-Re Suivi Olvea	16 juin	27 juin	12 juillet	02 août	11 août	27 août

▲
Début des projections



Tableau 5 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur*

Secteur	Première sortie	Deuxième sortie	Troisième sortie	Effectif retenu**
Yport à Fécamp	60	82	66	69
Yport à Grainval	45	58	48	50
Grainval à Fécamp	15	24	18	19

Début des projections

* données EDF Renouvelables

** La méthode pour calculer l'effectif retenu utilise la moyenne des SAO identifiés/sortie

Le secteur Fécamp-Grainval accueille 19 SAO, soit 27,5 % des SAO identifiés sur le secteur Fécamp-Yport. La population de fulmar boréal se reproduisant entre Fécamp et Grainval représente environ 2 % de la population nationale et environ 5 % de la population régionale.

Nous n'avons pas constaté d'évolution notable entre les 2 premières sorties réalisées avant le début des projections et la 3ème, réalisée après le début des projections. Les différences entre les 2 et 3ème sorties pouvant être liées à des variations journalières de l'assiduité des oiseaux ou à un échec de reproduction.

Tableau 6 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur*

Département - Colonie	EFF PROD	Nb de poussins	PROD	Classe PROD
Yport à Fécamp	69	40	0,58	TB
Yport à Grainval	50	32	0,64	TB
Grainval à Fécamp	19	8	0,42	B

* données EDF Renouvelables et Olvéa

Sur le secteur large de Yport à Fécamp, la production en poussin est très bonne (Figure 6). Si l'on compare les 2 sous-secteurs, nous constatons que la production est très bonne de Yport à Grainval et bonne de Grainval à Fécamp. En comparaison, la production est mauvaise sur le secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp (données EDF Renouvelables).

Tableau 7 : Effectif de fulmar boréal par secteur*

Département - Colonie	EFF 2020	EFF 2021	EFF 2022
Yport à Fécamp	57	61	69
Yport à Grainval	38	45	48
Grainval à Fécamp	17	16	19

* D'après Gallien & Coll. 2020 & 2021



L'évolution interannuelle des effectifs ne montre pas de réponse notable au dérangement induit par les projections, les effectifs sur le secteur Fécamp-Grainval présentant une tendance à la hausse.

Tableau 8 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur

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

* D'après Gallien & Coll. 2020 & 2021

L'évolution interannuelle de la production est plus délicate à interpréter car elle peut dépendre de nombreux facteurs tels que la disponibilité en nourriture, les conditions météorologiques ou les dérangements tel que l'illumination des falaises par exemple. Sur l'ensemble du secteur considéré la production présente une tendance à la hausse. Sur le secteur Fécamp-Grainval, elle baisse entre 2021 et 2022, mais en 2022 elle reste plus forte qu'en 2020. Sur le secteur Yport-Fécamp, elle augmente entre 2021 et 2022 mais elle avait baissé entre 2020 et 2021.

Il y a donc peut-être eu un impact, mais dans ce cas, il nous est difficile de l'évaluer.

Conclusion

L'évaluation d'un impact des projections sur la reproduction du fulmar boréal est difficilement mesurable. Cette année, les projections sont intervenues à la fin de la période d'installation et de ponte du fulmar boréal, les oiseaux étaient peut-être déjà suffisamment attachés à leur nid pour ne pas l'abandonner. Il conviendra donc d'être vigilant lors de la saison de reproduction 2023 car il est envisageable que la réaction des oiseaux ne soit pas immédiate mais se traduise par un abandon de la colonie l'année suivante.

2.3. Conclusion

Sur la dernière décennie, la population de fulmar boréal autour de Fécamp présente une tendance à l'augmentation et la production de jeunes est 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 10 % de la population nationale.



Suivi par vecteur drone 2022

Drone On Air

Camille Plançon et Julien Giocanti

3. Suivi par vecteur drone

Cette **seconde campagne** d'acquisition de données **par drone** 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 Camille Plançon et Julien Giocanti, géographes et télépilotes, spécialisés dans l'acquisition de données environnementales par drone pour Drone On Air (DOA).

En 2022, le drone utilisé lors des comptages 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 SAO¹ et des poussins**. L'orthophotographie des falaises réalisée avec le drone **Phantom 4Pro** en 2021 n'a pas été reconduite.

Les **opérateurs avaient connaissance** de la cartographie des SAO connus, contrairement à la captation réalisée en 2021.

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 personne 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 et les déclarations de vols sont effectuées sur une plateforme dédiée nommée Alpha Tango. Le gestionnaire de la zone Natura 2000 a été informé des vols. Les protocoles sont détaillés dans le rapport d'étude 2021 et sont similaires à ceux réalisés en 2022.

¹ Site Appareusement Occupé : ce qui correspond à l'observation d'un individu de fulmar boréal posé sur la falaise.

3.2. Matériel- Comptages des effectifs nicheurs² et production³ (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.

² L'Effectif nicheur est déterminé à partir du comptage des SAO

³ La production correspond au comptage des poussins dans les SAO identifiés lors des sorties « Effectif »

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°
- Format R-JPEG
- Bande spectrale : 8 à 14 μm
- Palette : plusieurs palettes de visualisation des couleurs thermique



Figure 9 : Capteurs embarqués H20T

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 9 : 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 nicheurs⁴ et production⁵ (drone)

3.3.1. Calendrier

Tableau 10 : Calendrier des sorties par vecteur drone

Secteur	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	Quatrième sortie (Production)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	15 juin	28 juin	11 juillet	12 août
Fécamp à Yport	14 juin	29 juin	12 juillet	11 août

3.3.2. Méthodologie des comptages - GISOM

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 juvéniles. 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 Poussin

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

- **Identification de nouveaux SAO.** Un vol en relevé thermique aura 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 de nouveaux SAO.

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. On entend par « nouveau SAO » un site de reproduction qui n'était historiquement pas encore connu. La découverte de « nouveau SAO » vient donc compléter la base de données géographiques historique mais n'influence en rien le suivi des effectifs et de la production. La découverte d'un nouveau SAO n'implique pas non plus qu'il soit occupé l'année suivante.

- **Relevés des SAO 2022.** Un vol de relevé des SAO connus et cartographiés sera réalisée dans le spectre visible durant la journée.

⁴ L'Effectif nicheur est déterminé à partir du comptage des SAO

⁵ La production correspond au comptage des poussins dans les SAO identifiés lors des sorties « Effectif »

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.

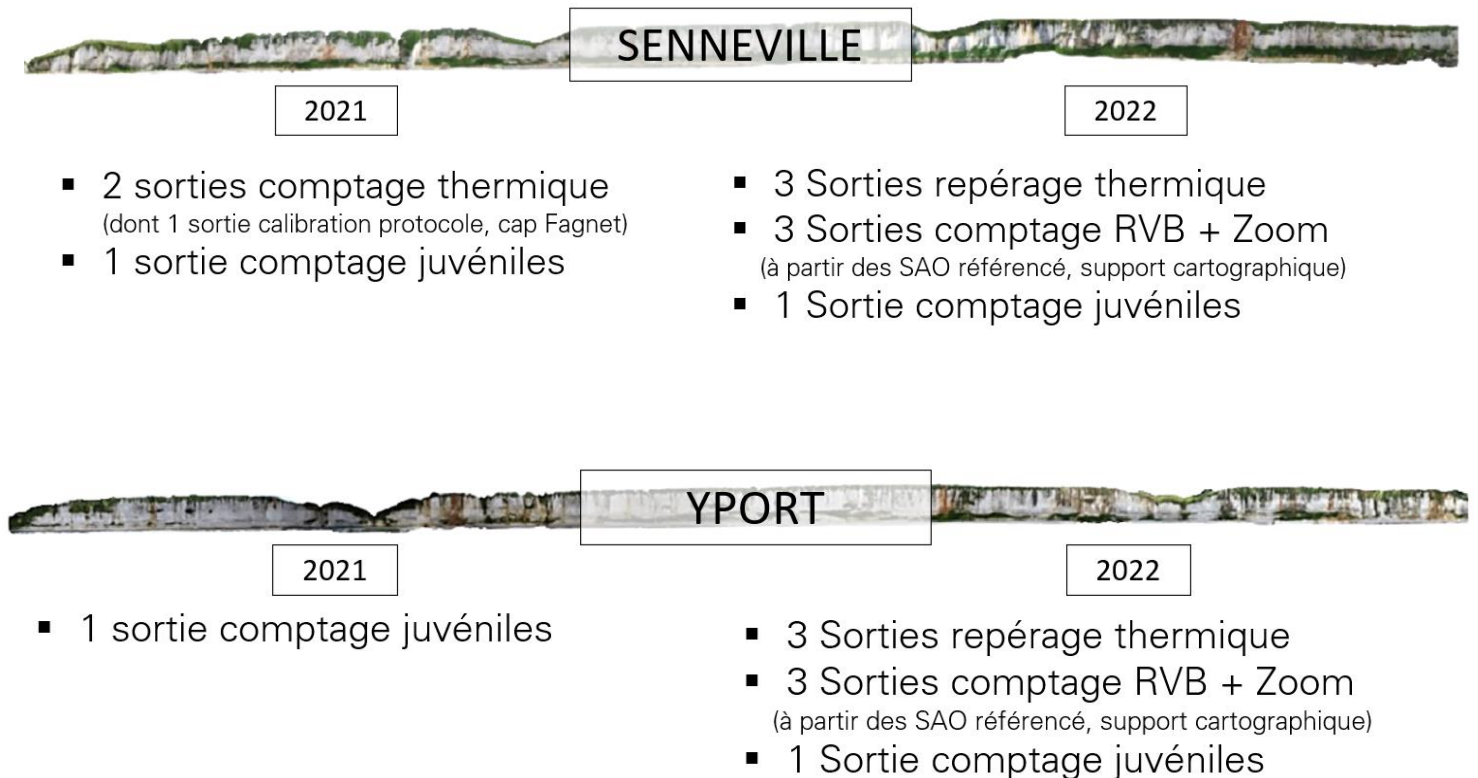


Figure 10 : Synthèse de la méthodologie GISOM 2022 et rappel des captations 2021

3.3.3. Méthodologie d'identification de nouveaux SAO

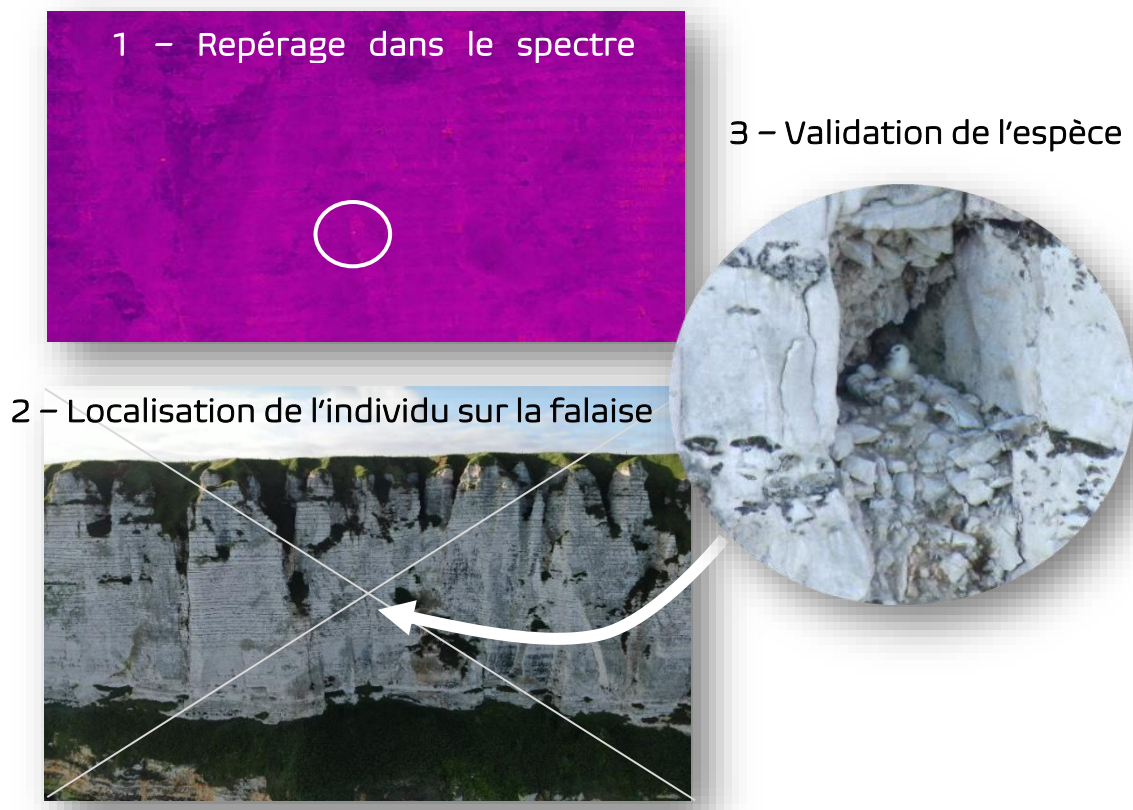


Figure 11 : Méthodologie d'identification des SAO en trois étapes, (1) imagerie thermique, (2) localisation de l'individu sur la falaise, (3) validation de l'espèce

Méthodologie	L'opérateur en charge du capteur guide le pilote selon ses observations : 1. Déplacement du drone parallèlement à la paroi ; 2. Arrêt et vol stationnaire avec orientation du capteur dans plusieurs directions à la recherche de point chaud (thermique) ; 3. Validation d'une SAO par zoom dans le spectre visible. Si présence de fulmar boréal, une photographie est prise.
Fréquence de vol	Un passage par campagne de comptage. 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).
Distance de vol :	Vol à environ 50 mètres de hauteur depuis l'estran et distance de 100 à 150 mètres depuis la falaise.

3.3.4. Méthodologie de comptage des SAO connus et des POUSSINS

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



3 – Validation de l'espèce



2 – Identification visuelle sur la falaise

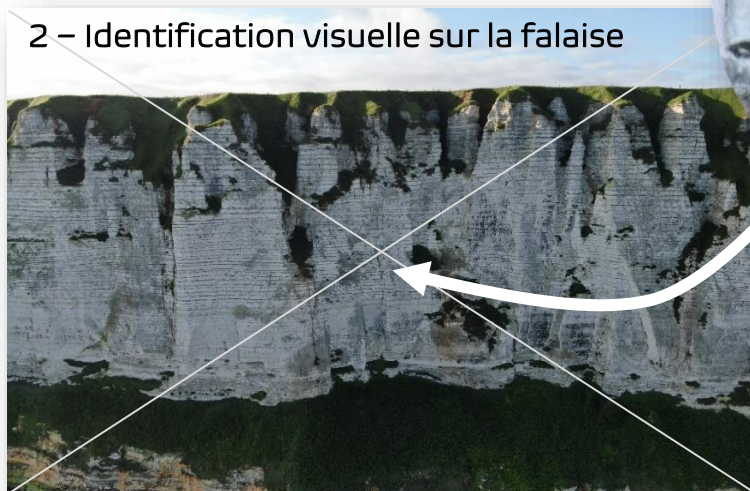


Figure 12 : Méthodologie d'identification des SAO en trois étapes, (1) repérage cartographique à partir d'une vue ortho rectifiée de la falaise sur tablette (2) localisation de l'individu sur la falaise grâce au retour vidéo du drone, (3) validation de l'espèce

Méthodologie	L'opérateur en charge du capteur guide le pilote selon la cartographie des SAO (format numérique, tablette Ipad). Utilisation du spectre visible uniquement. 1. Déplacement du drone parallèlement à la paroi ; 2. Arrêt et vol stationnaire avec orientation du capteur en direction des SAO connus. 3. Observation, ou non, d'un fulmar boréal. Si observation, une photographie est prise
Fréquence de vol	Un passage par campagne de comptage. Réalizable tout au long de la journée.
Distance de vol :	Vol à environ 50 mètres de hauteur depuis l'estran et distance de 100 à 150 mètres depuis la falaise.

3.3.5. Contraintes et ajustement méthodologique

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. Le créneau horaire était plus tôt qu'en 2021 afin de limiter le rayonnement solaire sur la paroi.

En périodes de forte chaleur, le contraste thermique entre la paroi rocheuse et les oiseaux est moins marqué. L'été 2022 a été particulièrement sujet à des périodes de fortes chaleurs ce qui explique un repérage difficile des « points chauds ».

3.4. Résultats effectif nicheur par drone

3.4.1. Effectifs nicheurs et production en jeunes

Seuls les **SAO relevés par drone** sont présentés dans les résultats « Effectif » ci-dessous.

Sur le terrain, le comptage des poussins a été réalisé à partir de l'ensemble des SAO cartographiés (143 sites référencés sur le secteur Yport et 88 sur le secteur Senneville).

Lors du traitement des données, seuls les poussins repérés dans un SAO relevé en 2022 par drone ont été comptabilisés. Ce qui représente la totalité des poussins observés sur le secteur d'Yport (Tableau 11). Sur le secteur de Senneville, 1 poussin a été observé par drone dans une cavité non relevée lors des sorties « effectif » (SAO n°21, Tableau 13). Ce poussin n'a pas été comptabilisé dans les calculs.

Afin de ne pas produire de biais, les SAO comptabilisés lors des sorties « effectif » et ayant produit un « œuf », sans détection d'un poussin, lors du comptage des poussins **ne seront pas comptabilisés** lors du calcul de l'effectif production 2022. En effet, le comptage d'un « œuf » ne permet pas de définir si le site produira tardivement un poussin ou n'en produira pas cette année.

Tableau 11 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur en 2022, vecteur drone

Secteur	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	EFFECTIF 2022	Densité (nb de SAO/km)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	32	35	22	30⁶	30/4,5 = 6,6
Yport à Fécamp	60	52	55	56	56/3,5 = 16

Tableau 12 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur en 2022, vecteur drone

Département - Colonie	EFF PROD 2022	Nombre de Poussins	PROD 2022	Classe PROD
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	30	6	0,2	M
Yport à Fécamp	56	29	0,5	TB

⁶ Cette valeur correspond à la moyenne du nombre de SAO des trois sorties « effectif »

Secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp : on obtient 6 poussins identifiés sur les 30 SAO relevés par drone. La production est donc de : $6 / 30 = 0,2$.

D'après l'indicateur de l'état de santé des oiseaux marins nicheurs élaboré par Cadiou & Coll (2013) (Figure 5), une production de 0.20 correspond à un **état médiocre (M)** de santé de la population de Fulmar boréal.

Sur le secteur de Senneville, 2 œufs ont été observés et non comptabilisé (SAO n° 31 et n°32 Tableau 13).

Secteur Yport à Fécamp : on obtient 29 poussins sur les 56 SAO relevés par drone. La production est donc de : $29 / 56 = 0,5$.

D'après l'indicateur de l'état de santé des oiseaux marins nicheurs élaboré par Cadiou & Coll (*op. cit.*) (Figure 5), une production de 0.5 correspond à un **très bon (TB)** état de santé de la population de Fulmar boréal.

Sur le secteur de Yport, 2 œufs ont été observés et non comptabilisé (SAO n° 45.1 et n°65 Tableau 14).

Comparaison interannuelle Drone

La comparaison interannuelle pour les résultats vecteur drone n'est pas réalisable pour cette année. La comparaison nécessite au moins une autre campagne de comptage suivant le protocole établi en 2022. En effet, le nombre de passage, la méthodologie et les secteurs inspectés en 2021 sont différents de ceux de 2022.

Résultats identification de nouveaux SAO

Sur le site de Senneville sur Fécamp, **3 nouveaux SAO** ont été référencés dans la base de données, par acquisition drone.

Il s'agit des SAO numéro : 20.2, 23.4 et 25.1.

Seul le SAO 25.1 a été identifié par spectre thermique. Les deux autres SAO ont été repérés dans le spectre visuel lors des campagnes de comptage.

Sur le site de Yport, **6 nouveaux SAO** ont été référencés dans la base de données, par acquisition drone.

Il s'agit des SAO numéro : 24.1, 27.1, 31.1, 48.1, 67.1 et 74.1.

Trois SAO ont été identifiés par spectre thermique et 3 dans le spectre visuel lors des campagnes de comptage.

La captation par imagerie thermique s'est avérée moins pertinente dans l'identification de nouveaux SAO que lors de l'année 2021. Ce qui s'explique en partie par les conditions météorologique particulièrement chaudes lors de l'été 2022 et l'absence de couverture nuageuse lors des captations.

Tableau 13 : Résultats Drone On Air 2022 - Secteur Senneville

ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA	ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA	ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA	ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA
1	2	0	20	0	0	29	1	0	46	0	0
1.1	2	0	20.1	3	0	30	0	0	47	0	0
2	3	0	20.2	1	0	31	2	0	47.1	0	0
3	3	0	21	0	1	32	1	0	48	3	0
4	2	1	22	1	0	32.1	0	0	49	2	0
5	0	0	23	0	0	33	1	0	49.1	1	0
6	0	0	23.1	1	0	34	0	0	50	3	0
7	1	0	23.2	0	0	34.1	2	0	51	0	0
8	0	0	23.3	1	0	35	2	0	52	3	1
9	1	0	23.4	1	0	35.1	0	0	52.1	2	0
9.1	0	0	24	1	0	36	1	0	52.2	0	0
10	2	1	24.1	2	0	36.1	1	0	53	1	0
10.1	0	0	24.3	2	0	37	0	0	54	1	0
11	0	0	24.4	1	0	38	1	0	54.1	1	0
11.1	2	0	24.5	0	0	39	0	0	55	1	0
12	1	0	24.6	0	0	40	2	0	56	3	0
12.1	0	0	24.7	0	0	40.1	0	0			
13	3	0	25	1	1	40.2	1	0			
14	0	0	25.1	1	0	41	0	0			
15	0	0	26	0	0	42	1	0			
16	3	0	26.1	2	0	42.1	0	0			
17	3	1	26.2	2	0	43	3	0			
18	2	1	27	0	0	44	1	0			
19	1	0	28	0	0	45	0	0			

Tableau 14 : Résultats GONm 2022 - Secteur Senneville

ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm	ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm	ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm	ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm
1	2	0	20	0	0	29	3	1	46	0	0
1,1	2	0	20,1	2	0	30	0	0	47	3	0
2	3	0	20,2	0	0	31	1	0	47,1	1	0
3	3	0	21	1	1	32	3	0	48	3	0
4	1	1	22	1	0	32,1	0	0	49	3	0
5	0	0	23	0	0	33	3	0	49,1	2	0
6	0	0	23,1	2	0	34	0	0	50	0	0
7	0	0	23,2	1	0	34,1	0	0	51	0	0
8	3	0	23,3	2	0	35	1	0	52	3	1
9	0	0	23,4	0	0	35,1	0	0	52,1	0	0
9,1	1	0	24	1	0	36	2	0	52,2	1	0
10	3	1	24,1	3	0	36,1	1	0	53	2	0
10,1	1	0	24,3	3	0	37	0	0	54	0	0
11	0	0	24,4	2	0	38	1	0	54,1	1	0
11,1	0	0	24,5	2	0	39	0	0	55	0	0
12	1	0	24,6	2	0	40	1	0	56	0	0
12,1	0	0	24,7	1	0	40,1	1	0			
13	3	0	25	3	0	40,2	2	0			
14	0	0	25,1	0	0	41	0	0			
15	0	0	26	0	0	42	2	0			
16	3	0	26,1	1	0	42,1	1	0			
17	2	1	26,2	1	0	43	3	0			
18	3	1	27	0	0	44	2	0			
19	0	0	28	1	0	45	0	0			

Tableau 15 : Résultats Drone On Air 2022 - Secteur Yport

ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA	ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA	ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA	ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA
1	0	0	20	0	0	34	3	1	49	1	0
2	0	0	21	1	0	34.1	2	0	49.1	0	0
3	1	0	21.1	0	0	35	0	0	50	0	0
3.1	2	1	22	2	0	36	3	0	51	1	1
4	0	0	22.1	1	1	37	3	1	52	0	0
4.1	3	0	22.2	0	0	38	0	0	53	2	1
5	0	0	23	0	0	39	1	0	54	1	0
6	0	0	23.1	0	0	39.1	0	0	55	0	0
7	3	1	23.2	0	0	40	0	0	56	3	1
7.1	2	1	24	0	0	41	3	0	56.1	1	0
8	0	0	24.1	1	1	41.1	2	1	57	0	0
8.1	0	0	25	1	0	41.2	2	0	58	0	0
9	0	0	25.1	2	1	41.3	2	0	58.1	0	0
10	1	0	26	1	0	42	3	0	59	0	0
11	0	0	27	1	1	42.2	1	0	59.1	0	0
12	0	0	27.1	1	0	43	3	1	60	2	1
13	1	1	28	3	1	44	1	1	61	1	0
14	2	0	29	1	0	45	3	0	61.1	1	0
15	3	1	30	0	0	45.1	3	0	62	0	0
16	0	0	31	3	1	46	2	0	62.2	2	0
17	0	0	31.1	3	0	47	2	1	63	2	0
18	0	0	32	1	0	48	2	1	64	3	1
19	0	0	33	0	0	48.1	2	0	65	3	0

ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA	ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA	ID_SITE	SAO 2022 DOA	POUSSIN 2022 DOA
66	0	0	83	2	0	101.1	0	0
67	1	0	84	1	0	102	2	0
67.1	1	0	84.1	0	0	103	1	0
68	0	0	84.2	1	0			
68.1	1	0	85	1	0			
69	3	0	86	3	1			
69.1	0	0	87	0	0			
70	0	0	88	1	0			
71	1	1	89	3	0			
72	2	0	90	1	0			
73	1	0	91	3	1			
74	3	1	91.1	3	0			
74.1	3	0	92	3	0			
75	1	0	92.1	0	0			
75.1	0	0	93	3	1			
76	2	0	94	3	0			
77	0	0	94.1	2	0			
78	0	0	95	0	0			
79	0	0	96	3	0			
79.1	0	0	97	0	0			
79.2	0	0	98	2	0			
80	0	0	99	2	0			
81	1	0	100	2	1			
82	3	0	101	2	0			

Tableau 16 : Résultats GONm 2022 - Secteur Yport

ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm	ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm	ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm	ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm
1	1	0	20	0	0	34	3	1	49	0	0
2	0	0	21	0	0	34.1	1	0	49.1	0	0
3	0	0	21.1	0	0	35	0	0	50	0	0
3.1	3	1	22	3	1	36	3	0	51	2	0
4	1	1	22.1	3	1	37	3	1	52	0	0
4.1	3	1	22.2	1	0	38	1	0	53	3	1
5	0	0	23	0	0	39	3	0	54	0	0
6	0	0	23.1	1	0	39.1	1	0	55	0	0
7	3	1	23.2	1	0	40	0	0	56	3	1
7.1	3	1	24	0	0	41	3	1	56.1	2	0
8	0	0	24.1	0	0	41.1	0	0	57	2	0
8.1	1	0	25	0	0	41.2	0	0	58	0	0
9	3	1	25.1	3	0	41.3	0	0	58.1	1	0
10	2	0	26	1	0	42	3	0	59	0	0
11	3	1	27	3	1	42.2	0	0	59.1	1	0
12	0	0	27.1	0	1	43	3	1	60	3	1
13	0	0	28	3	1	44	1	0	61	1	0
14	3	1	29	0	0	45	3	0	61.1	2	0
15	1	1	30	0	0	45.1	3	0	62	0	0
16	0	0	31	2	1	46	2	1	62.2	0	0
17	0	0	31.1	0	0	47	1	0	63	3	0
18	1	0	32	1	0	48	3	0	64	3	1
19	0	0	33	0	0	48.1	0	0	65	3	0

ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm	ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm	ID_SITE	SAO 2022 GONm	POUSSIN 2022 GONm
66	0	0	83	2	0	101.1	0	0
67	1	0	84	1	0	102	2	0
67.1	1	0	84.1	0	0	103	1	0
68	0	0	84.2	1	0			
68.1	1	0	85	1	0			
69	3	0	86	3	1			
69.1	0	0	87	0	0			
70	0	0	88	1	0			
71	1	1	89	3	0			
72	2	0	90	1	0			
73	1	0	91	3	1			
74	3	1	91.1	3	0			
74.1	3	0	92	3	0			
75	1	0	92.1	0	0			
75.1	0	0	93	3	1			
76	2	0	94	3	0			
77	0	0	94.1	2	0			
78	0	0	95	0	0			
79	0	0	96	3	0			
79.1	0	0	97	0	0			
79.2	0	0	98	2	0			
80	0	0	99	2	0			
81	1	0	100	2	1			
82	3	0	101	2	0			

3.5. Réalisation de la cartographie et spatialisation

3.5.1. Spatialisation des données

Les données issues du recensement 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).

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.

Suite à la campagne 2022, la cartographie a été mise à jour afin de tenir compte des nouveaux sites identifiés.

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 pourra être utilisée lors des campagnes de comptage 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).

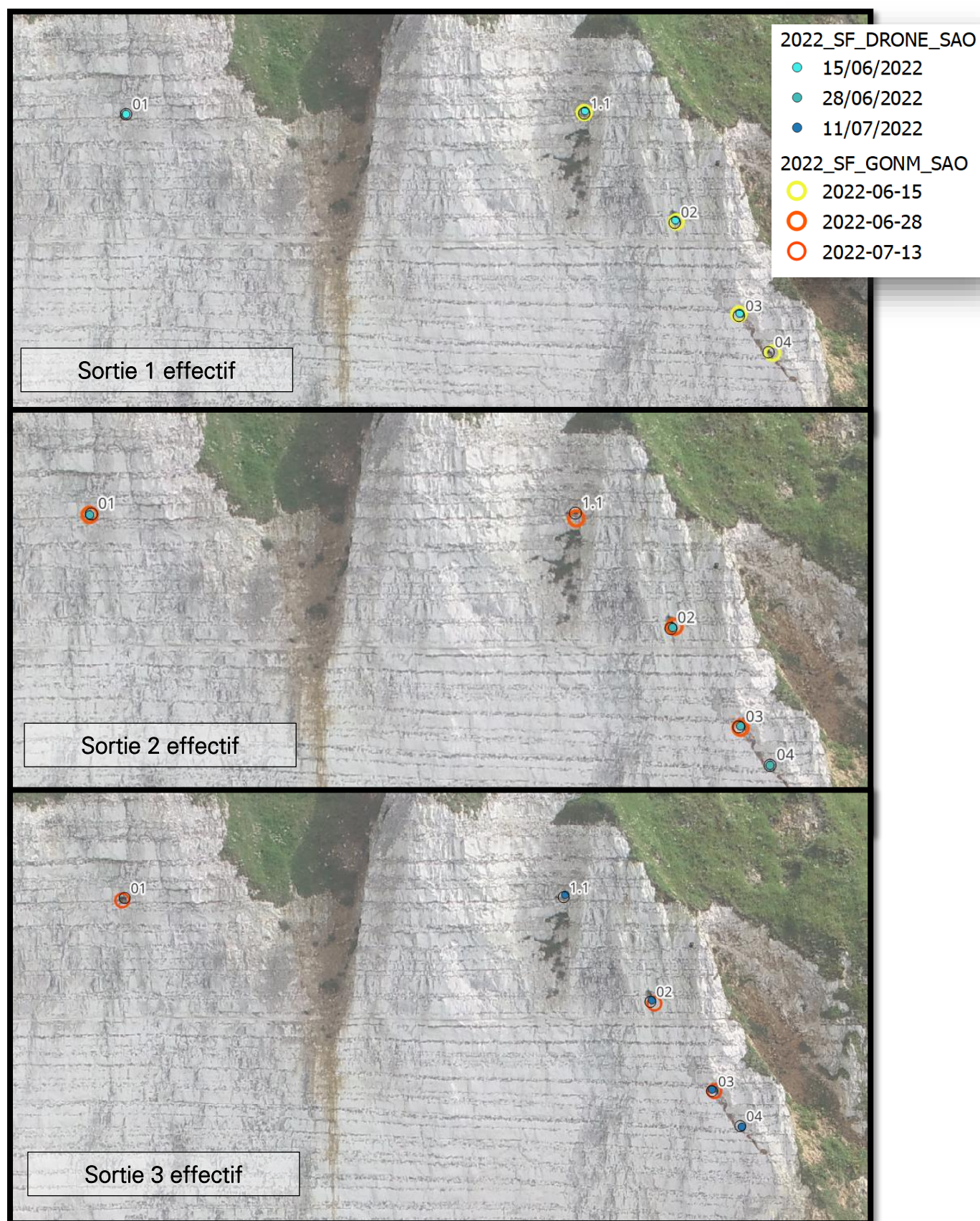


Figure 15 : Extrait de la cartographie des SAO

3.5.1. Répertoire photographique

Les campagnes de captation par drone sont basées sur la prise de photographies. 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

2022_SF_PHOTO

2022_SF_PHOTO-PROD

2022_SF_PHOTO-SAO

2022_SF_1

2022_SF_1_MATIN

2022_SF_1_APREM

2022 = 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 prises lors de la sortie « identification de nouveaux SAO »

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



Comparaison méthodologique des résultats 2022

GONm et Drone On Air



4. Comparaison méthodologique des résultats

GONm et DOA

La comparaison des résultats obtenus par méthode pedestre 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 2022, l'intégralité des 2 sites d'études ont fait l'objet de 3 comptages SAO et 1 comptage de poussin. 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 (par rapport à 2021).

4.1.1. Comparatif des calendriers

Les dates des campagnes ont été définies par les ornithologues du GONm. Les dates et les écarts de passages sont mentionnés dans les tableaux 17 et 18.

Les 3 sorties « effectif » et la sortie « production », sur les deux sites représentent 8 campagnes.

- 5 campagnes sur les 8 ont été réalisées le **même jour** par le GONm et DOA.
- 3 campagnes sur les 8 ont été réalisées avec **2 jours** d'intervalles entre les passages du GONm et de DOA.

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 17 : 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	15 juin	28 juin	13 juillet	12 août
Drone On Air	15 juin	28 juin	11 juillet	12 août
Nombre de jour d'écart	0	0	2	0



Tableau 18 : Date des passages GONm et DOA et nombres de jours d'écarts - Secteur Yport

Secteur Yport	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	Quatrième sortie (Production)
GONm	16 juin	27 juin	12 juillet	11 août
Drone On Air	14 juin	29 juin	12 juillet	11 août
Nombre de jour d'écart	2	2	0	0

4.2. Résultats secteur Senneville-sur-Fécamp 2022

Les Figures 16 et 17 représentent une synthèse des SAO et de l'origine de leur découverte. Certains SAO sont visibles par drone mais pas depuis l'estran et inversement pour plusieurs raisons : en raison de la localisation du site (trop haut pour les observateurs terrestres par exemple) ; de l'assiduité des oiseaux aux SAO (les prospections ne sont pas forcément faites en même temps, les oiseaux peuvent donc être hors du SAO lors du passage de l'un ou l'autre des vecteurs de prospection) ; d'expertise (les observateurs du GONm sont habitués à l'identification en falaises, l'identification est peut-être plus compliquée à partir du drone (hors captation thermique)).

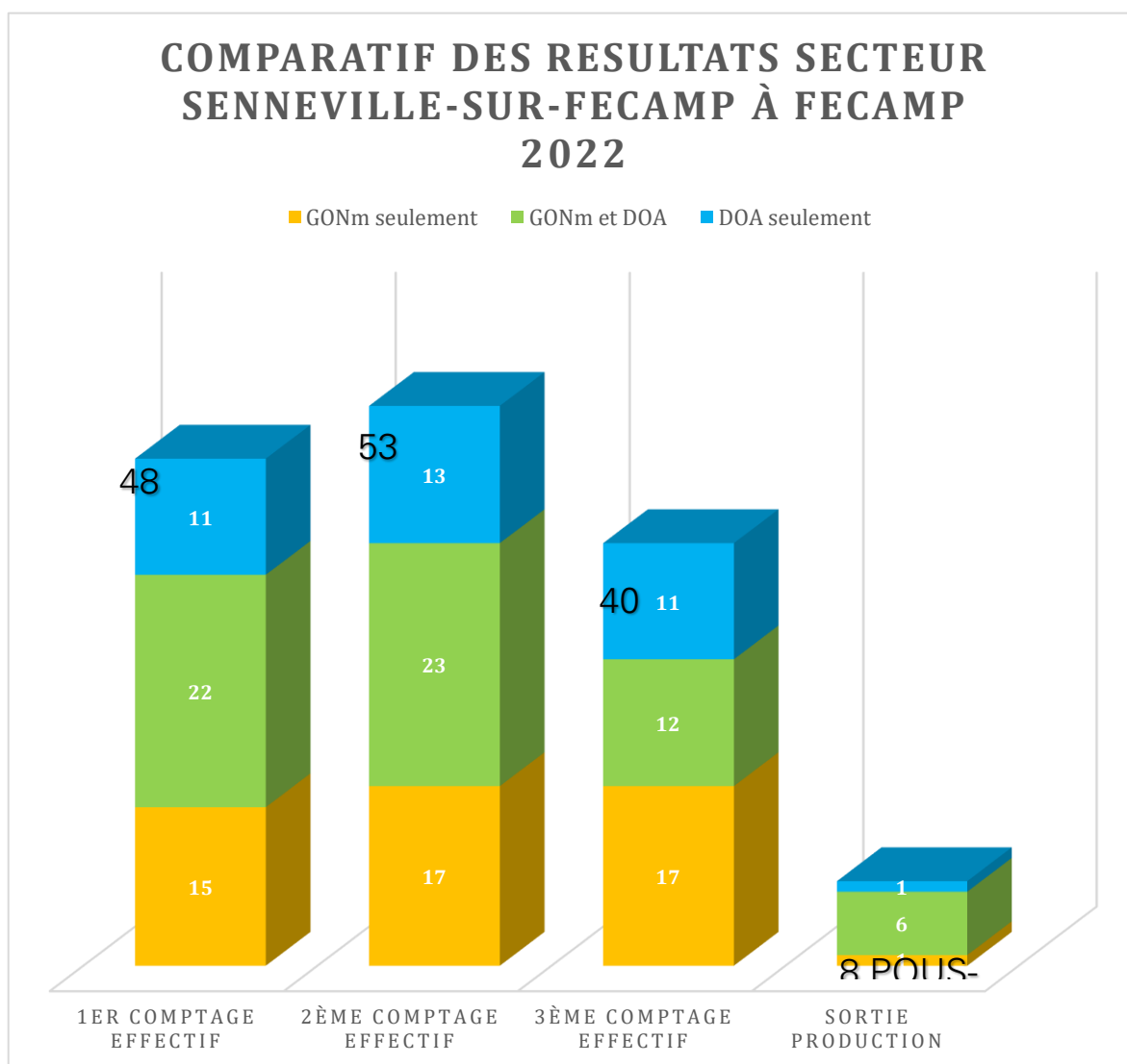


Figure 16 : Graphique comparatif des résultats de comptage des SAO et des poussins – Secteur Senneville 2022



4.1. Résultats secteur Yport 2022

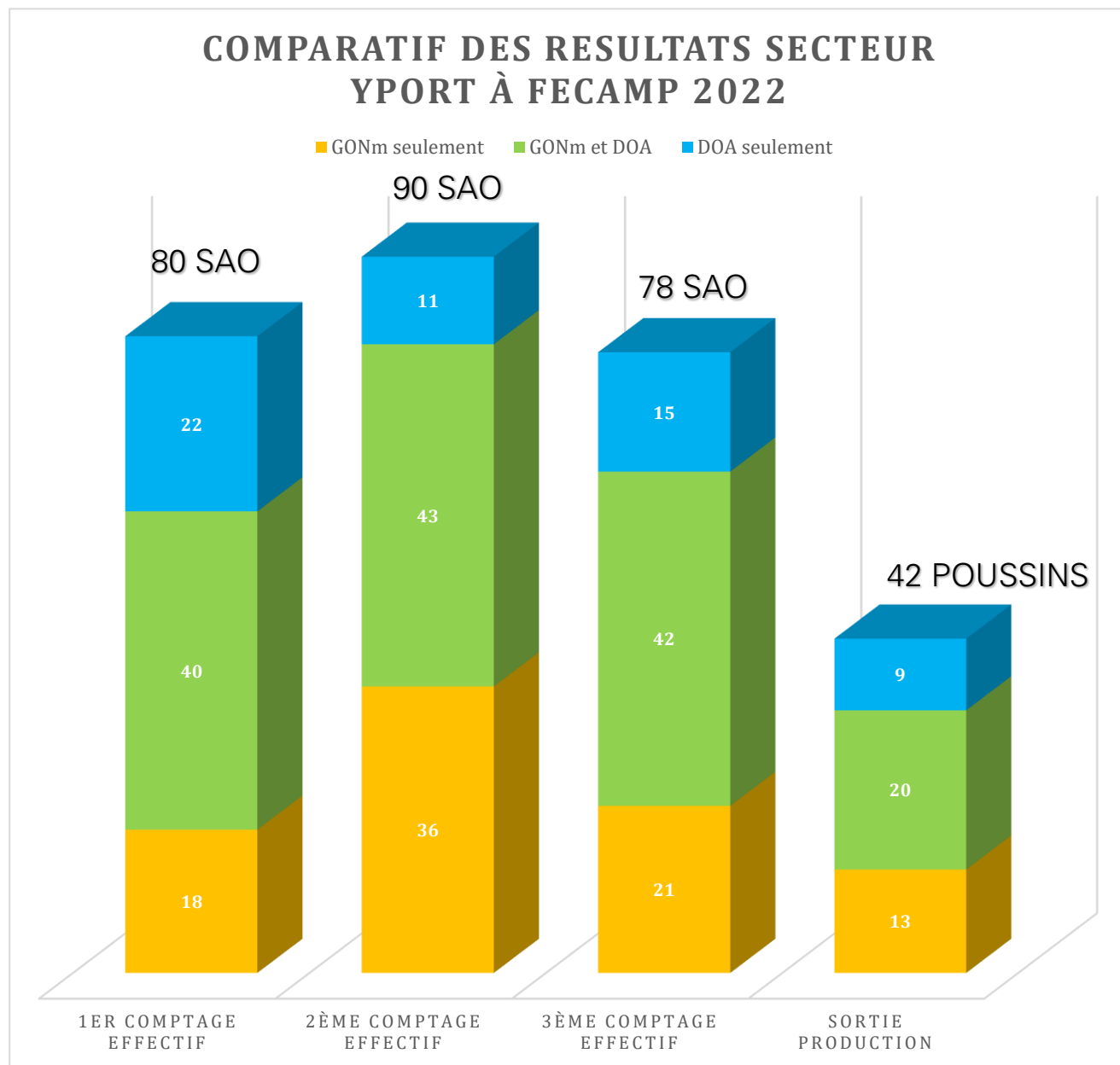


Figure 17 : Graphique comparatif des résultats de comptage des SAO et des poussins – Secteur Yport 2022



4.1.1. Comparatif de la productivité⁷

Tableau 19 : Tableau comparatif des résultats, secteur Senneville-sur-Fécamp

	Effectif (Nombre de SAO)				Nb de poussins	Production 2022	Class PROD
	1ère sortie (Effectif)	2ème sortie (Effectif)	3ème sortie (Effectif)	Nb de SAO re- tenu			
GONm	37	40	29	35	7	0,20	M
DOA	33	36	23	31	6	0,19	M
Méthodes couplées ⁸	48	53	40	47	8	0,17	M

Pour le secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp, la productivité déterminée par le **GONm est de 0.20** (Tableau 3). La productivité déterminée par **DOA** (Tableau 12) **est de 0.19**. Les résultats de productivité obtenus par la méthode pedestre et la méthode drone sont similaires.

Tableau 20 : Tableau comparatif des résultats, secteur Yport

	Effectif (Nombre de SAO)				Nb de poussins	Produc- tion 2022	Class PROD
	1ère sortie (Effectif)	2ème sortie (Effectif)	3ème sortie (Effectif)	Nb de SAO re- tenu			
GONm	60	82	66	69	34	0,49	B
DOA	62	54	57	58	29	0,50	TB
Méthodes couplées ⁹	80	90	78	83	42	0,50	TB

Pour le secteur de Yport à Fécamp. la productivité déterminée par le **GONm est de 0.49** (tableau 3). La productivité déterminée par **DOA** (Tableau 12) **est de 0.50**. Les résultats de productivité obtenus par la méthode pedestre et la méthode drone sont similaires.

Globalement, l'évaluation de la productivité est similaire quelle que soit la méthode utilisée. L'utilisation simultanée des 2 méthodes permet tout de même d'affiner les résultats. De même, les sorties complémentaires réalisées à l'occasion du suivi de l'éventuel impact du son et lumière permettent elles aussi d'affiner les résultats en améliorant la détection de SAO en succès.

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

⁸ Nombre total de SAO (les doublons DOA + GONm ont été soustraits)

⁹ Nombre total de SAO (les doublons DOA + GONm ont été soustraits)



4.2. Interprétation des résultats comparatifs

L'objectif de cette partie est de déterminer les facteurs et biais pouvant être à l'origine des différences de résultats entre les deux méthodes. Le constat réalisé en 2022 est similaire à celui de l'année 2021.

4.2.1. Déplacement des individus de fulmars boréal

Les SAO référencés sont les sites occupés par un fulmar boréal au moment du comptage. L'occupation du site peut être de deux types :

- Nidification : présence de fulmar plus pérenne et prolongée. L'absence de l'individu est possible.
- Oiseau posé : l'emplacement est aléatoire et son occupation peut varier d'un instant à l'autre.¹⁰

Cette typologie des sites est déterminée lors de la sortie Production.

- 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 ;
 - que le SAO est un nid en échec ;
 - 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.¹¹

¹⁰ Cette variable a une forte répercussion sur les résultats

¹¹ Cette variable a une forte répercussion sur les résultats



4.2.2. Incidence de la morphologie des cavités sur le relevé des SAO

La détectabilité des fulmars est influencée par différents paramètres physiques propres à chaque site :

- La hauteur du SAO sur la falaise,
- La disposition du site par rapport aux microreliefs,
- L'angle d'ouverture, selon l'axe vertical, de la cavité,
- La profondeur de la cavité,
- La présence de végétation ou de roche à l'entrée de cavité masquant tout ou partie de celle-ci.

En fonction de la méthode utilisée, la détectabilité des sites varie. En effet, par voie terrestre, les cavités avec une ouverture dirigée vers le bas seront plus facilement visibles. De même, l'observateur étant capable de multiplier les angles de vue, il augmente ses chances de détecter les fulmars, notamment lorsque des microreliefs sont présents (Figure 18).

Ainsi, les emplacements 1 et 2 ne permettent pas d'observer la cavité pour un observateur pédestre. A partir du point numéro 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.



Figure 18 : Détectabilité des SAO selon différents angles de vues, depuis l'estran

Par voie aérienne, il est aussi possible de multiplier les angles de vue. Cependant, des contraintes techniques, et notamment l'autonomie des batteries et la durée de la période favorable à la détection, réduisent le temps alloué à la recherche de ces SAO.

Néanmoins, le drone a l'avantage de pouvoir observer par-dessus les éléments masquants (voir photos ci-après). De plus, les cavités les plus hautes et celles avec un angle d'ouverture vers le haut sont plus facilement visibles depuis les airs. L'angle d'observation depuis le pied des falaises ne permet pas de voir l'intérieur de ces cavités, il faut que le fulmar soit posé à l'entrée pour être détecté.



Tableau 21 : Extrait de photos de SAO 2022 – 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° 67 GONm 3/3 DOA 1/3 POUSSIN GONm 1 DOA 0		NON OBS PAR DRONE
NOUVEAU SAO N°24.1 GONm 0/3 DOA 1/3 POUSSIN GONm 0 DOA 1		



Tableau 22 : Extrait de photos de SAO 2022 – 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°29 GONm 3/3 DOA 1/3 POUSSIN GONm 1 DOA 0		<i>NON OBS PAR DRONE</i>
SAO N°25 GONm 3/3 DOA 1/3 POUSSIN GONm 0 DOA 1		



Les SAO relevés uniquement par drone présentent soit des éléments masquant l'entrée de la cavité, soit une morphologie particulièrement profonde.

Il est important de souligner que les fulmars peuvent s'envoler ou rentrer dans le fond d'une cavité ou inversement entre le passage du drone et celui de l'observateur. Afin de réduire ce biais, les relevés drone et pedestre doivent être réalisés de façon simultanée, autant que possible. Cependant, des contraintes techniques (temps de marche en pied de falaise, période de la journée optimale pour la détection thermique) empêchent de réduire ce biais à partir d'un certain point.



4.3. Limites et axes d'améliorations méthodologiques

4.3.1. Limites rencontrées - méthode GONm

Contraintes déplacement sur l'estran

Le déplacement des ornithologues sur l'estran présente plusieurs risques :

- la chute accidentelle, notamment sur les rochers couverts d'algues (risque élevé);
- la marée montante, pouvant coincer les ornithologues au pied de falaise (risque faible) ;
- l'éboulement d'un pan de falaise (risque très faible).

Contraintes coefficient marées

La réalisation d'une campagne ornithologique nécessite des coefficients de marée important, permettant aux ornithologues de se déplacer sur l'estran avec assez de recul à la falaise. Les coefficients de marée élevés permettent également d'évoluer sur l'estran durant plusieurs heures. Une pluie fine n'empêche pas le bon déroulement de la mission.

4.3.2. Limite rencontrées et axes d'amélioration – méthode Drone On Air

Contraintes et améliorations - captation thermique 2021 et 2022

L'identification thermique des SAO de fulmars boréal est réalisable sur un créneau horaire assez restreint. En effet, la météo est déterminante et une matinée ensoleillée, ou de fortes chaleurs sur des journées répétées, comme la canicule 2022, diminue considérablement le temps et la qualité des captations en imagerie thermique.

Le capteur et le drone doivent être positionnés face à l'ouverture de la cavité afin d'obtenir une signature thermique élevée. Compte tenu de la variation d'orientation de la falaise et des orientations de cavités, l'identification thermique ne peut être exhaustive.



Amélioration proposée en 2021

« Afin de gagner du temps lors de la captation thermique, un paramétrage de visualisation des températures hautes pourra être testé. Les températures les plus basses seront grisées, mettant en évidence les points chauds colorés. »

> Résultats et amélioration proposée en 2022 :

Le paramétrage permettant de cibler les individus d'après leur température n'a pas été concluant. Les points chauds étaient moins perceptibles. La solution n'a pas été retenue.

La captation thermique visant à identifier des individus de fulmars boréaux en falaise nécessite des conditions météorologiques très strictes et incompatibles avec la planification des campagnes simultanées (pédestre et drone). En effet, la planification simultanée est basée sur le calendrier ornithologique ainsi que sur les coefficients de marées, visant à assurer la sécurité des ornithologues.

L'usage du capteur thermique est ouvert à discussion concernant les sites d'étude de Senneville-sur-Fécamp et Yport, dans le cas d'une reconduite du comptage par drone en 2023.

Dissocier 2 types de captations

*« Après cette première étude et à la suite de nos retours d'expériences, il semblerait judicieux de **dissocier l'identification de nouveaux SAO et le comptage des SAO déjà référencés**. Cet ajustement méthodologique permettrait d'effectuer des captations thermiques dès l'aube, à la recherche de nouveaux SAO. »*

> Résultats et amélioration proposée en 2022 :

La captation thermique n'a pas permis d'identifier de nombreux sites supplémentaires. Les périodes de fortes chaleurs rencontrées en 2022 n'ont pas été favorables à cette méthode de captation. (*Contraintes et amélioration - captation thermique 2021 et 2022, voir page 40*).

La captation dans le spectre visible, réalisée à partir de la cartographie des SAO a montré de très bons résultats. Cette méthode est fonctionnelle et met en évidence la complémentarité multi-vecteur des comptages de l'avifaune nicheuse des falaises.

Captation drone accompagné d'un expert du GONm

« Dans le cas où les ornithologues accompagneraient le télépilote lors d'une campagne, un écran déporté serait mis à disposition, voire la radiocommande liée au capteur pourrait être à disposition de l'ornithologue, selon les objectifs de la mission. Ce protocole pourrait être pertinent lors des comptages de poussins où l'expertise des ornithologues permet de cibler les SAO occupés. »



> Résultats et amélioration proposée en 2022 :

Les photos réalisées par drone sont communiquées aux ornithologues, ce qui assure une validation scientifique des données acquises par drone.

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 géoréférencé 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.

Le géoréférencement de ces informations pourrait être réalisé sur des logiciels de DAO. Néanmoins, ce type de logiciel est très peu utilisé dans le domaine de l'environnement et ne serait pas exploitable par la majorité des utilisateurs. Il est donc envisagé d'associer les SAO à des coordonnées (X, Y, Z). 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).

Cet outil permettra de relever l'intégralité des coordonnées des sites connus. Les bases de données 2021, 2022 et celle des années à venir pourront être mise 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. »

> Résultats et amélioration proposée en 2022 :

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 pourra être maintenue lors de prochains comptages afin de permettre une continuité méthodologique et une étude comparative valable



4.3.3. De nouveaux protocoles d'étude suggérés

Pour le suivi de l'avifaune nicheuse en 2023, il conviendra d'affiner le protocole et de s'interroger sur les points suivants :

- Faut-il augmenter le nombre de passages pour le comptage des juvéniles ?
- La thermographie aéroportée par drone a montré ses limites au cours de l'année 2022, année de canicule. Les conditions de température importante ne nous permettaient pas d'avoir les conditions d'utilisation correcte pour ce type de capteur. Toutefois c'est une méthode qui permet de détecter de nouveaux sites d'occupation, comme nous avons pu le voir en 2021, qu'il convient de ne pas écarter complètement.
- Lors du comptage des SAO, les coordonnées GPS des sites référencés sur la falaise seront calculés, via le télémètre laser intégré. Le géoréférencement des SAO sera ainsi connu et corrigé pour les années 2021 et 2022.





5. Conclusion

Lors de cette seconde année d'étude comparative de l'avifaune nicheuse des falaises de Fécamp, 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 de comptage par drone a été réalisée suivant le protocole scientifique établi par le GISOM et déjà pratiqué par les ornithologues du GONm depuis plusieurs années. La méthodologie de comptage multi-vecteur (terrestre et aérien) est dorénavant fonctionnelle.

Concernant les résultats, le constat réalisé en 2022 est similaire à celui de 2021. Il met en évidence une complémentarité des méthodes permettant une approche plus exhaustive du comptage de fulmar boréal.

Quelques axes d'améliorations ont été soulevés afin d'améliorer et d'optimiser les comptages lors des suivis à venir, notamment concernant la méthode de comptage par drone. L'innovation des technologies embarquées sur drone devraient permettre de cartographier précisément des SAO d'après les coordonnées GPS.

La collaboration entre le GONm et Drone On Air, permet de produire des données issues des compétences et du savoir ornithologique accompagné des outils innovant 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).
- Cadiou B. et les coordinateurs régionaux, coordinateurs départementaux et coordinateurs-espèce. (2015). Cinquième recensement national des oiseaux marins nicheurs en France métropolitaine 2009-2012. GISOM. Ornithos 22-5 : 233-257.
- Debout G. (2013). Oiseaux marins nicheurs de Normandie : bilan d'un demi-siècle de recensement. Le Cormoran, 19 (78) : 67-78.
- 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.
- Le Guillou G. & Debout G. (2012). Les oiseaux marins nicheurs des falaises cachoises (Seine-Maritime) (1^{ère} 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, Lescroë I A, Duriez O, Boguszewski G, Grémillet 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.....	7
Tableau 2 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur	7
Tableau 3 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur en 2022	9
Tableau 4 : Calendrier des sorties Effectifs et Production	11
Tableau 5 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur*	12
Tableau 6 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur*	12
Tableau 7 : Effectif de fulmar boréal par secteur*	12
Tableau 8 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur	13
Tableau 9 : Résolution du capteur H20T	17
Tableau 10 : Calendrier des sorties par vecteur drone.....	18
Tableau 11 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur en 2022, vecteur drone.....	24
Tableau 12 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur en 2022, vecteur drone	24
Tableau 13 : Résultats Drone On Air 2022 - Secteur Senneville	26
Tableau 14 : Résultats GONm 2022 - Secteur Senneville.....	27
Tableau 15 : Résultats Drone On Air 2022 - Secteur Yport.....	28
Tableau 16 : Résultats GONm 2022 - Secteur Yport	30
Tableau 17 : Date des passages GONm et DOA et nombres de jours d'écarts - Secteur Senneville	36
Tableau 18 : Date des passages GONm et DOA et nombres de jours d'écarts - Secteur Yport.....	37
Tableau 19 : Tableau comparatif des résultats, secteur Senneville-sur-Fécamp	39
Tableau 20 : Tableau comparatif des résultats, secteur Yport.....	39
Tableau 21 : Extrait de photos de SAO 2022 – Secteur Yport.....	43
Tableau 22 : Extrait de photos de SAO 2022 – Secteur Senneville-sur-Fécamp	44



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	16
Figure 9 : Capteurs embarqués H20T	17
Figure 10 : Synthèse de la méthodologie GISOM 2022 et rappel des captations 2021	19
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.....	20
Figure 12 : Méthodologie d'identification des SAO en trois étapes, (1) repérage cartographique (2) localisation de l'individu sur la falaise, (3) validation de l'espèce.....	21
Figure 13 : Incidence du changement d'angle de vue et de paramétrage du capteur sur le comptage des poussins (cavité 51, secteur Yport) 2021	22
Figure 14 : Incidence du changement d'angle de vue, comptage SAO (cavité 96, secteur Yport) 2022	22
Figure 15 : Extrait de la cartographie des SAO	33
Figure 16 : Graphique comparatif des résultats de comptage des SAO et des poussins – Secteur Senneville 2022	37
Figure 17 : Graphique comparatif des résultats de comptage des SAO et des poussins – Secteur Yport 2022	38
Figure 18 : Détectabilité des SAO selon différents angles de vues, depuis l'estran	42



Groupe Ornithologique Normand
Fabrice Gallien
Thomas Domalain

Drone On Air
Camille Plançon
Julien Giocanti

