

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
2021

Groupe Ornithologique Normand (GONm)
Fabrice Gallien et Thomas Domalain

Drone On Air (DOA)
Camille Plançon et Julien Giocanti





Sommaire

Sommaire.....	2
Introduction.....	3
1. Localisation des sites d'études.....	5
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. Reproduction et juvéniles.....	6
2.2. Résultats observateurs.....	7
2.2.1. Calendrier.....	7
2.2.2. Effectifs nicheurs.....	7
2.2.3. Production en jeunes.....	10
2.3. Conclusion.....	11
3. Suivi par vecteur drone.....	12
3.1. Cadre réglementaire des vols de drone.....	12
3.2. Matériel et méthode - Comptages des effectifs nicheurs et production (drone).....	13
3.2.1. Calendrier.....	13
3.2.2. Méthodologie des comptages Effectif nicheurs (SAO).....	14
3.2.3. Production en jeunes.....	17
3.3. Matériel et méthode – Réalisation de la cartographie.....	18
3.3.1. Captation des images par drone.....	18
3.3.2. Traitement des données et création de l'orthophotographie.....	20
3.4. Résultats effectif nicheur par drone.....	22
3.4.1. Effectifs nicheurs et production en jeunes.....	22
3.5. Réalisation de la cartographie et spatialisation.....	23
3.5.1. Spatialisation des données.....	23
4. Comparaison des résultats GONm et DOA.....	25
4.1. Méthode.....	25
4.1.1. Deuxième sortie - Effectif.....	25
4.1.2. Troisième sortie - Effectif.....	25
4.1.3. Quatrième sortie – Production.....	25
4.1.4. Ajout de SAO à la database.....	28
4.2. Résultats.....	26
4.2.1. Comparatif des taux de productivité.....	26
4.3. Interprétation des résultats comparatifs.....	29
4.3.1. Déplacement des individus de fulmars boréal.....	29
4.3.2. Incidence de la morphologie des cavités sur le relevé des SAO.....	29
4.4. Limites et axes d'améliorations méthodologiques.....	34
4.4.1. Limites rencontrées - méthode GONm.....	34
4.4.2. Limite rencontrées – méthode Drone On Air.....	35
4.4.3. Amélioration méthodologique par drone.....	35
4.4.4. De nouveaux protocoles d'étude.....	36
5. Conclusion.....	38
Bibliographie.....	39
Table des illustrations.....	40

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 doit mettre en œuvre des mesures de suivis, 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'éstran 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.

Pour la première fois dans ce suivi, une acquisition de données a été initiée à l'aide de l'outil drone. Il s'agit d'une méthode innovante dans ce type d'étude et menée en parallèle des acquisitions pédestres. Cette expérimentation a été mise en œuvre dans le cadre d'une collaboration réunissant le GONm et Drone On Air (DOA).

Le présent rapport détaille les protocoles d'acquisition de données, les résultats obtenus et une comparaison méthodologique (pédestre et drone).



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).

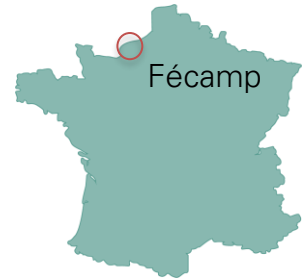


Figure 1 : Secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp (en jaune)

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

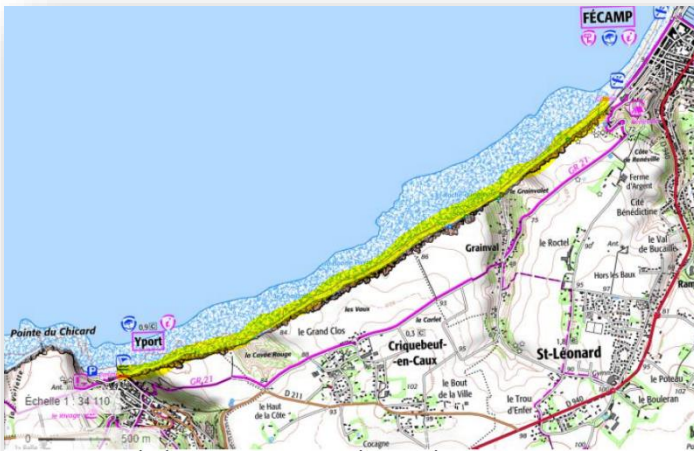


Figure 2 : Secteur de Fécamp à Yport (en jaune)

Photo 2 : Secteur de Fécamp à Yport



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 Apparement 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). 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. Reproduction et juvéniles

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., 2009).



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	11 juin	28 juin	12 juillet	19 août
Fécamp à Yport	11 juin	27 juin	13 juillet	20 août

2.2.2. Effectifs nicheurs

Tableau 2 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	Effectif 2021 retenu	Densité (nb de SAO/km)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	31	30	22	28	28/4,5 = 6,22
Fécamp à Yport	58	59	67	61	61/3,5 = 17,43
Total	89	89	89	89	84/8,0 = 11,13

Les deux secteurs accueillent un total cumulé de **89 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 10 des 13 dernières années (Figure 5).

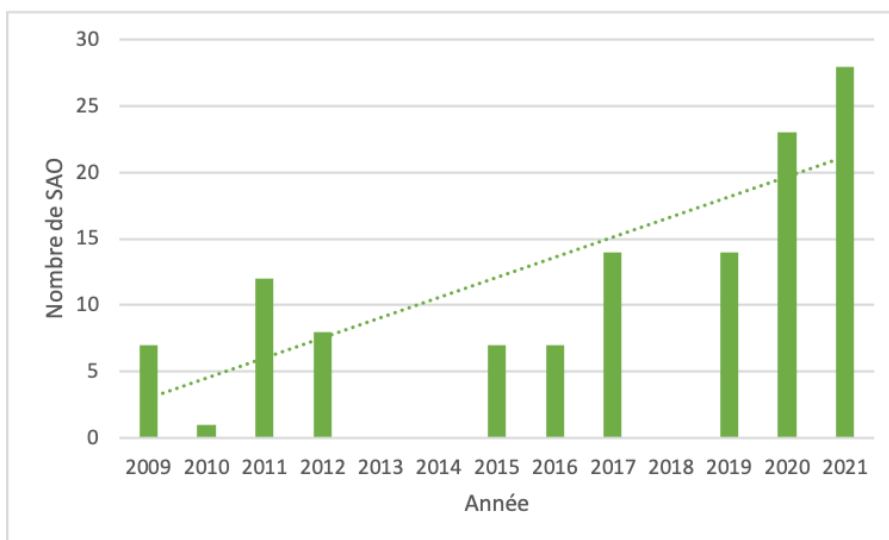


Figure 3 : Tendence d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur le secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp

Sur le secteur de Fécamp à Yport les données sont connues pour quatre années uniquement : 2015, 2019, 2020 et 2021.

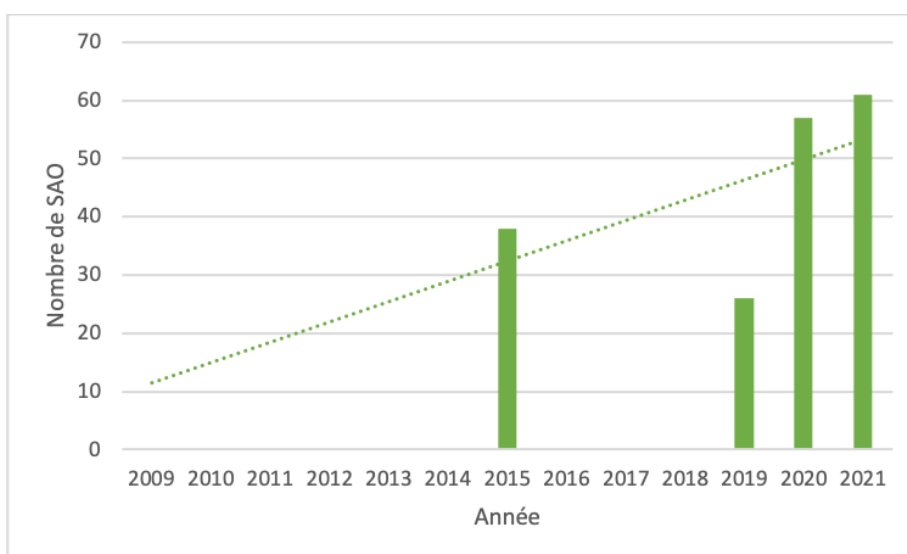


Figure 4 : Tendence d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur le secteur Fécamp à Yport

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 2021

Département - Colonie	EFF PROD 2021	Nombre de poussins	PROD 2021	Classe PROD
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	28	16	0,57	TB
Fécamp à Yport	61	27	0,44	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 5).

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					

Figure 5 : Seuils actuellement considérés pour les cinq classes de la production en jeunes* pour les différentes espèces d'oiseaux marins étudiées (Cadiou et Coll., 2013)

* 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.)

En 2021, la production en jeunes à l'envol est bonne à très bonne.

Ce très bon niveau de production est semblable à ceux mesurés sur deux autres sites du littoral seinomarin, Saint-Valéry-en-Caux et Belleville-sur-Mer, de 2016 à 2020 (Gallien, 2020).



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 d'éoliennes en mer 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.

3. Suivi par vecteur drone

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).

Dans le cadre du projet de suivi de l'avifaune nicheuse, deux types de drones ont été utilisés : le Phantom 4PRO et la Matrice 300RTK avec le capteur H20T de DJI. L'usage de ces deux modèles a permis d'obtenir deux types de données complémentaires :

- L'orthophotographie de l'ensemble du linéaire de falaise qui a servi à réaliser une **cartographie verticale précise** des nids de fulmars sur la paroi ;
- Des photographies précises des lieux de nidifications des fulmars boréals, nécessaire pour le **comptage des SAO¹ et des poussins**.

Les opérateurs n'avaient pas de connaissances précises sur le site d'étude. Un regard neuf a permis de développer cette nouvelle méthodologie par drone, tout en s'épaulant de l'expertise et de la connaissance terrain des observateurs GONm

3.1. 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 du vol. Il a transmis des recommandations de vols visant éviter de déranger l'avifaune. D'après la littérature, une distance minimale de 50 m entre le drone et la paroi a été maintenue. Dans les faits, la distance retenue est de 100 mètres. La distance minimale à maintenir entre le drone et la falaise est variable selon l'espèce et la période.

Pour le besoin de notre étude, nous avons effectué une notification de vol auprès du Ministère des Armées de façon à pouvoir parcourir avec le drone 1km depuis le point de

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

décollage. Un point de décollage nous permet d'effectuer 2km, 1km en partant dans une direction et 1 km dans la direction opposée.

3.2. Matériel et méthode - Comptages des effectifs nicheurs² et production³ (drone)

3.2.1. Calendrier

Tableau 4 : Calendrier des sorties par vecteur drone

Secteur	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)	Quatrième sortie (Production)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	-	28 juin (Secteur cap Fagnet)	16 juillet	19 août
Fécamp à Yport	-	-	-	19 août

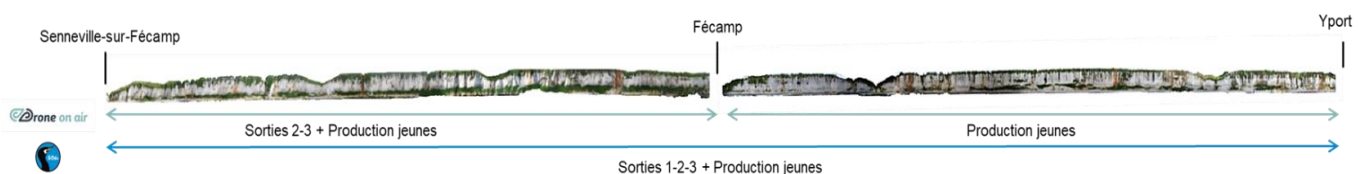
La première sortie « Effectif » a été réalisée par les ornithologues du GONm uniquement.

La deuxième sortie « Effectif » concerne le secteur du Cap Fagnet, soit environ 1.5 km. Il s'agit du premier vol de drone qui a permis de définir la méthode la plus adaptée à l'étude. La méthode retenue est l'identification par imagerie thermique. Le contraste thermique entre la paroi rocheuse et les oiseaux permet de visualiser des « points chauds ». Les captations ont été réalisées dès l'aube afin d'assurer un contraste thermique suffisant. L'espèce est ensuite validée par un contrôle dans le spectre visible, équipé d'un zoom allant jusqu'à x200.

Ce vol a été réalisé en simultané par les équipes pédestres et drone.

La troisième sortie « Effectif » a été menée sur l'ensemble du site de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp, soit 3.7 km. Pour des raisons météorologiques défavorables, cette mission a été réalisée avec 4 jours d'écarts entre les équipes pédestre et drone.

La quatrième sortie « Production », a été réalisé par drone sur l'ensemble du linéaire de l'étude, de Yport jusqu'à Senneville-sur-Fécamp.



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. Méthodologie des comptages Effectif nicheurs (SAO)

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 6 : Drone M300 et son capteur H20T DJI

Type de vol : Vol manuel à double commande :

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

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.

Fréquence de vol Un passage par campagne de comptage.

Distance de vol : Vol à environ 50 mètres de hauteur depuis l'estran et distance de 100 à 150 mètres depuis la falaise.

Données brutes :

1 fulmar boréal

=

1 Photographie thermique + 1 grand angle + 1 photo zoomée

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.

Contraintes :

L'identification par imagerie thermique est limitée dans le temps. Les captations ont été réalisées entre 6h30 et 11h. A partir de 9h30, l'identification des SAO par thermique devenait compliquée sur les pans de falaises orientés nord-est.

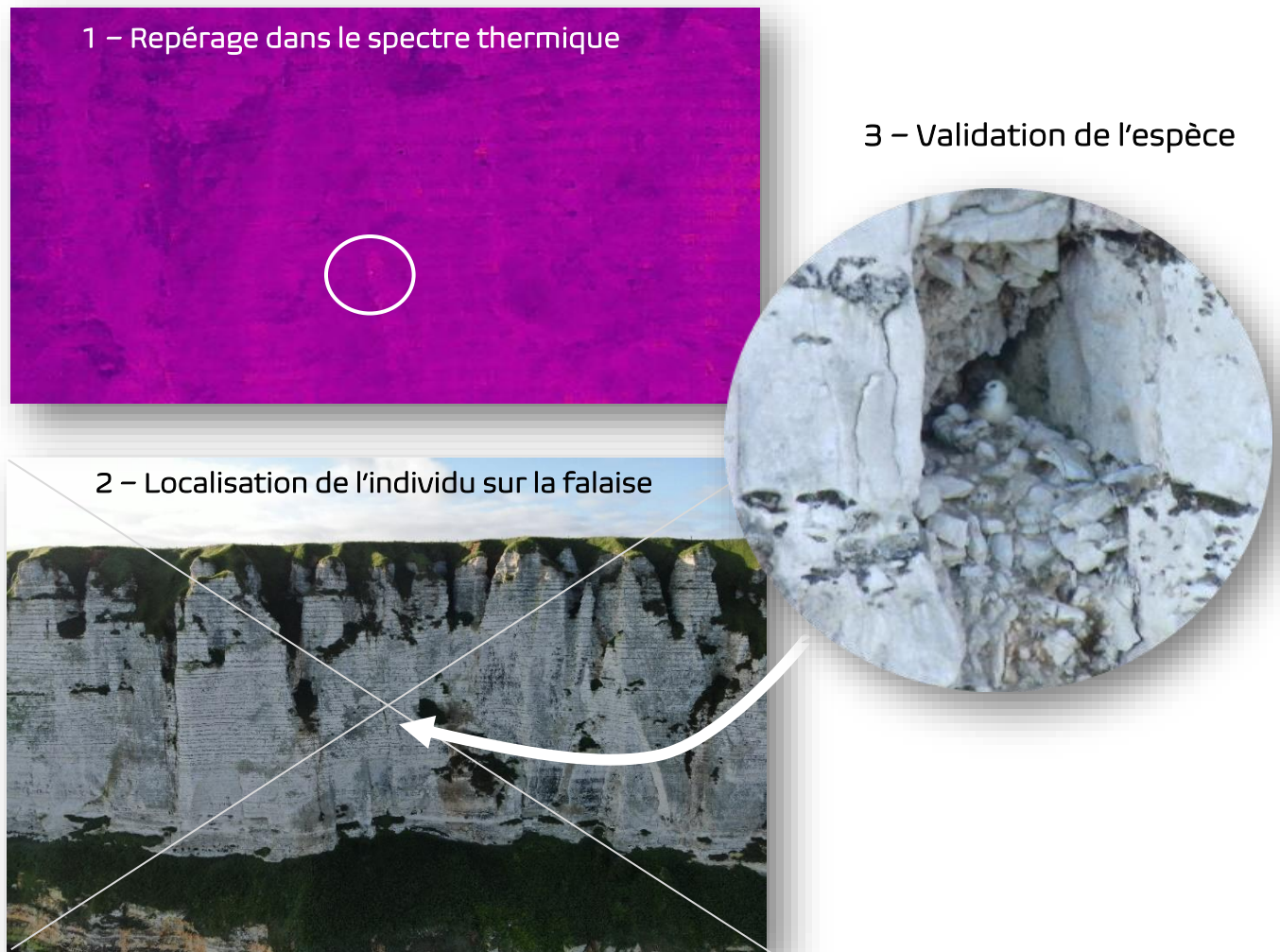


Figure 7 : Méthodologie d'identification des SAO en trois étapes, (1) imagerie thermique, (2) localisation de l'individu sur la falaise, (3) validation de l'espèce

3.2.3. Méthodologie de relevé de la production en jeunes

Cette captation a été réalisée pour les deux secteurs (Senneville à Fécamp et Fécamp à Yport) et suis le protocole de la méthode GISOM.

Lors de la campagne de comptage des poussins, tous les SAO préalablement identifiés lors des campagne (drone et pédestre) en 2021 ont été contrôlés visuellement, et repérés à l'aide de la cartographie produite. Cette inspection visuelle permet d'identifier les sites ayant produit, ou non, un poussin.

Sur le secteur de Yport à Fécamp, les télépilotes ont été accompagnés par un ornithologue. Cette collaboration a permis aux ornithologues de suivre le protocole d'acquisition de données par drone. Les télépilotes ont bénéficié de la connaissance des ornithologues en ce qui concerne les localisations de SAO.

Captation

La méthode utilisée est semblable à celle présentée au 3.1.2. La captation par imagerie thermique n'a pas été nécessaire, seul le capteur grand angle et zoom ont été utilisés.

La recherche de poussins concerne uniquement les SAO identifiés lors des campagne précédentes. Afin d'éviter un biais méthodologique, les SAO non relevés lors des campagnes « Effectif nicheur » ne sont pas pris en compte. Le calcul de la productivité correspond au [Nombre de poussin/ Nombre de SAO]. Un relevé de poussin sans SAO associé fausserait le résultat de productivité.

Contraintes et ajustement méthodologique

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 un poussin (Figure 8).

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 au sein des cavités.



Figure 8 : Incidence du changement d'angle de vue et de paramétrage du capteur sur le comptage des poussins (cavité 51, secteur Yport)

3.3. Matériel et méthode – Réalisation de la cartographie

3.3.1. Captation des images par drone

Lors du vol expérimental, la captation a été réalisée à 50/70 m de distance à la falaise. Cette distance, souvent recommandée dans la littérature ornithologique, n'était pas suffisante et a généré de nombreux vols de goélands. Les goélands constituent la seule espèce ayant eu une réaction causée par le vol de drone. A 50 m de distance à la paroi, des nombreux vols ont été constaté ainsi que des cris.

Les vols suivants ont été réalisés à environ 100 mètres de distance depuis la falaise. A cette distance seuls quelques individus se sont ponctuellement approchés du drone.

La captation d'images pour la cartographie du linéaire d'étude a été réalisé pour les deux secteurs (Senneville-sur-Fécamp à Fécamp et Fécamp à Yport).

L'orthophotographie est une image de l'ensemble du linéaire de falaise dont la précision est centimétrique. Elle est obtenue par un processus photogrammétrique à partir des photographies acquises par le drone **Phantom 4Pro** (Figure 9).



Figure 9 : Phantom 4Pro

Les caractéristiques de cette captation cartographique sont détaillées ci-dessous :

Matériel :

Phantom 4PRO DJI
Excellent capteur
Facilité de déploiement
Envergure : 35 cm
Poids : 1.4 kg

Type de vol :

Vol linéaire et continu, parallèle à la falaise, vitesse de vol limité à 2 m/s et prise de photographies avec un taux de recouvrement très élevé.

Fréquence de vol :

Un seul passage nécessaire dans le cadre de l'étude, même pluriannuelle.

Distance de vol :

Vol à 50 mètres de hauteur environ depuis l'estran et distance de 100 mètres depuis la falaise.

Données brutes :

1606 Photographies (secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp)
1106 Photographies (Secteur Yport à Fécamp)

Usage des données :

Réalisation de l'orthophotographie de la falaise et création du fond de carte permettant la localisation des comptages.

Contraintes :

Déterminer les sites de décollages accessibles sur place, depuis le sommet de falaise.
Appareil très sensible à la pluie, la météo étant un facteur déterminant dans la réalisation de la mission.

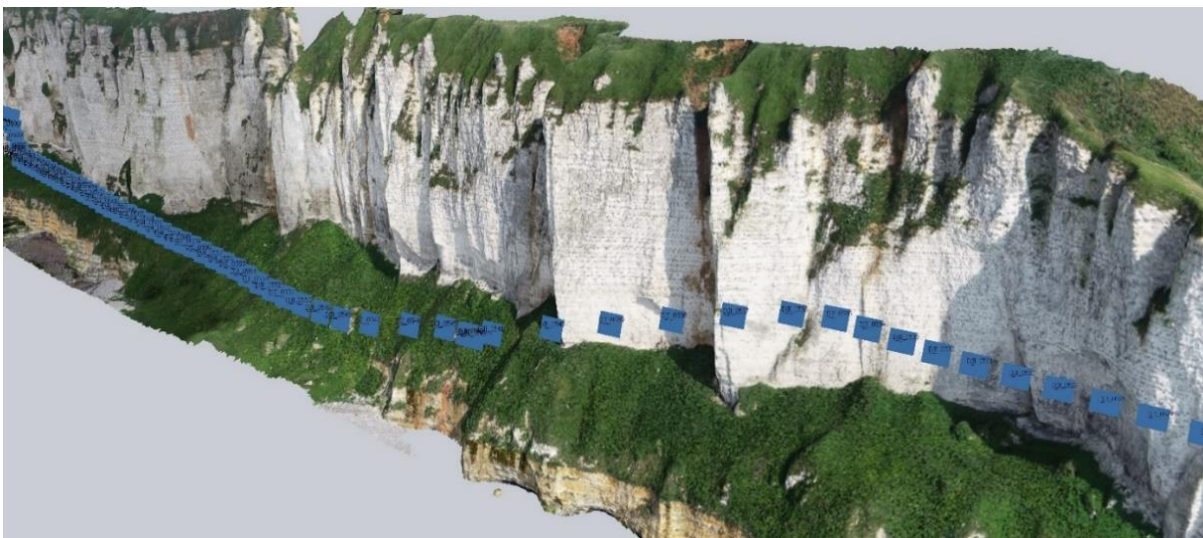


Figure 10 : Localisation du drone à chacune des captations destinées à l'orthophotographie (en bleu)

3.3.2. Traitement des données et création de l'orthophotographie

L'orthophotographie est obtenue suite d'un traitement photogrammétrique. L'ensembles des 1606 photos (en exemple à droite) permettent d'obtenir un nuage de point dense. Un processus de maillage puis l'ajout de la texture permet de générer le modèle 3D de l'ensemble du tronçon de falaise.

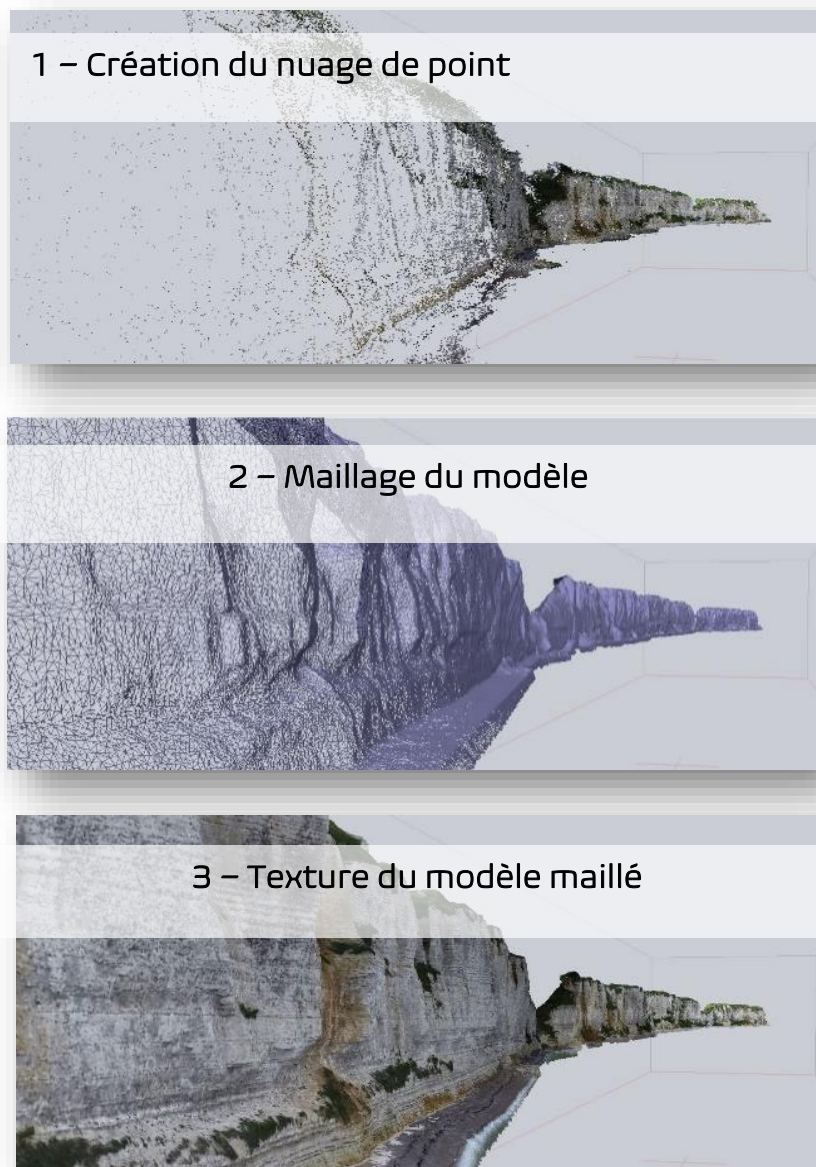


Figure 11 : Processus photogrammétrique et création de l'orthophotographie des falaises

A partir de ce modèle, l'orthophotographie au format .TIFF est extraite.

Les deux tronçons de 4km de falaise sont représentés sur un fichier unique dont la résolution est d'environ 3 cm/pixel.



Figure 12 : Exemple de la résolution obtenue sur un secteur de



l'orthophotographie finale

Les orthophotographies complètes des deux secteurs sont présentées dans la Figure 13.

(A)



(B)



Figure 13 : Orthophotographie de la falaise de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp (A) et de Fécamp à Yport (B)

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.

Le comptage des poussins, sortie « Production », a été réalisé à partir des relevés de SAO des ornithologues et par drone.

Tableau 5 : Effectif nicheur de fulmar boréal par secteur, vecteur drone

Secteur	Première sortie (Effectif)	Deuxième sortie (Effectif)	Troisième sortie (Effectif)
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	-	9 (Secteur Cap Fagnet)	18

Tableau 6 : Production en jeunes de fulmar boréal par secteur en 2021, vecteur drone

Département - Colonie	EFF PROD 2021	Nombre de Poussins	PROD 2021	Classe PROD
Senneville-sur-Fécamp à Fécamp	18 ⁴	10	0,55	TB

Afin de calculer la productivité issue des captations drone, les poussins relevés dans les cavités identifiées par le GONm ont été exclus. Ainsi on obtient 10 poussins identifiés sur les 18 SAO relevés par drone. La production est donc de : $10 / 18 = 0.55$.

D'après l'indicateur de l'état de santé des oiseaux marins nicheurs élaboré par Cadiou & Coll (2013) (Figure 5), une production de 0.55 correspond à un très bon état (TB) de santé de la population de Fulmar boréal.

⁴ Nombre de SAO relevés uniquement par drone lors de la troisième sortie effectif. Seule une sortie a été retenue, il ne s'agit pas d'une moyenne de SAO.

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. 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.

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.

Data Base et Table attributaire

Les acquisitions du GONM et de Drone On Air ont été organisé selon 4 tables attributaires (figure 14). 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.

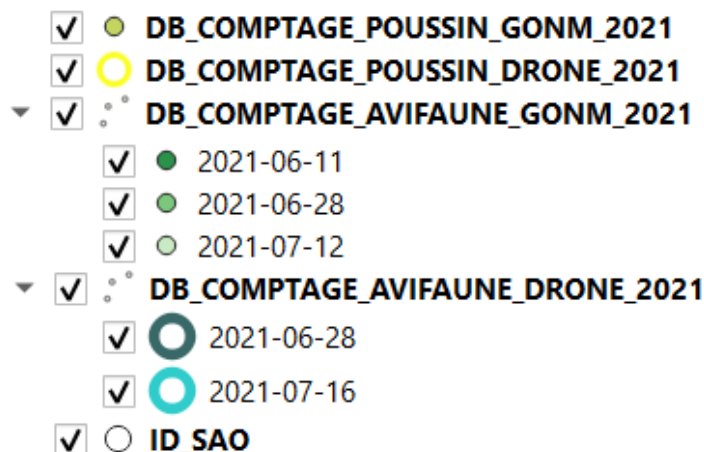


Figure 14 : Affichage des tables attributaires dans le logiciel QGIS

Visualisation des données

Le logiciel QGIS offre la possibilité d'afficher ou non les données selon les opérateurs et/ou selon les dates. Ces possibilités d'affichage permettent une comparaison spatio-temporelle du comptage.

Une comparaison statistique a été réalisée à partir du logiciel Excel et permet la comparaison entre les deux techniques.

La Figure 15 illustre, à titre d'exemple, la cartographie d'un tronçon de falaise lors de la sortie du 28 juin.

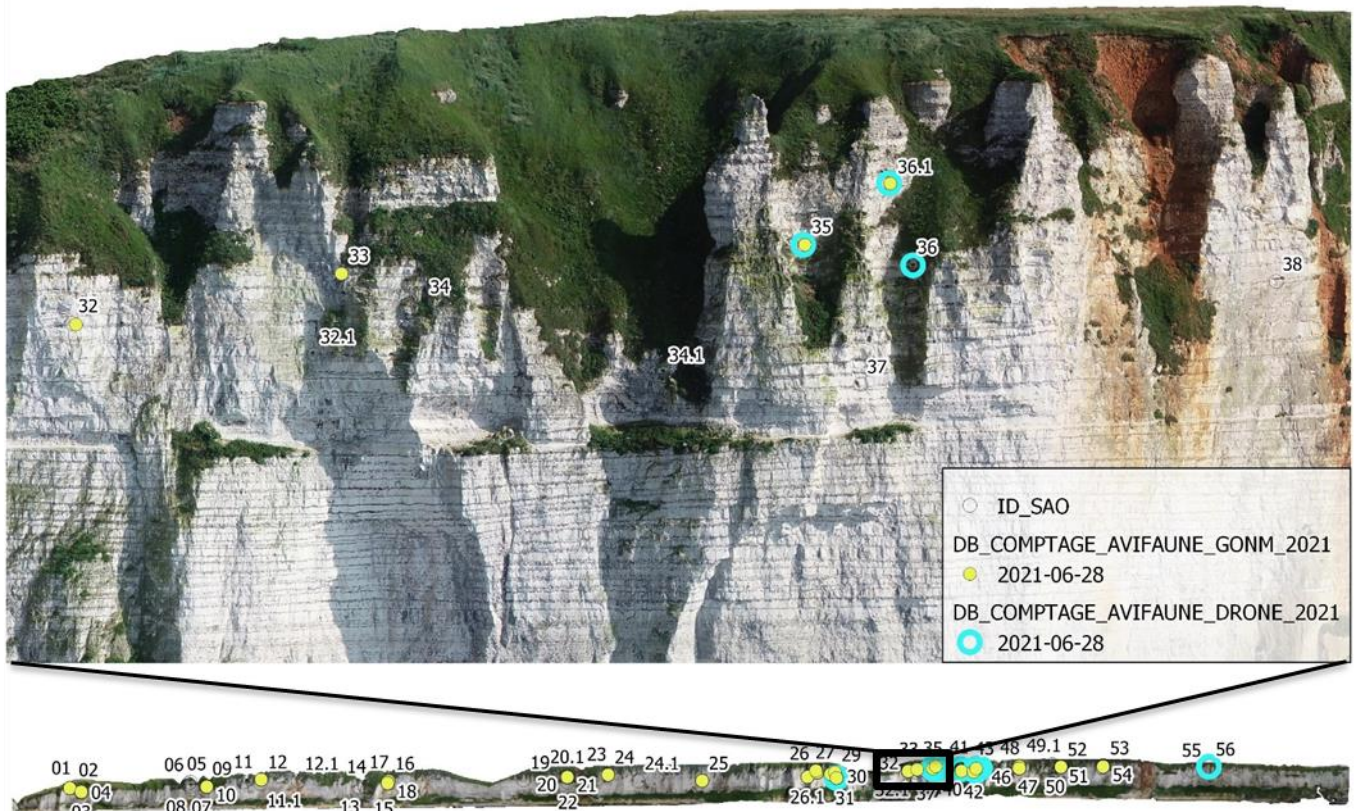


Figure 15 : Extrait de la cartographie du secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp, sortie du 28/06/21



4. Comparaison des résultats GONm et DOA

La comparaison des résultats obtenus par méthode pedestre et par méthode aérienne est abordée dans cette partie. D'après ces résultats, une interprétation permet de définir les différences méthodologiques pouvant être à l'origine des écarts observés entre les résultats.

4.1. Méthode

La comparaison méthodologique du comptage des SAO concerne uniquement le secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp. La première sortie « Effectif », réalisée seulement par le GONm, ne sera pas traitée ci-après.

4.1.1. Deuxième sortie - Effectif

La deuxième sortie Effectif permet une comparaison méthodologique assez fine du comptage des SAO. Elle concerne uniquement le secteur du cap Fagnet, qui a été inspecté simultanément par drone et par voir pedestre. Toutefois, une variation de quelques heures est à prendre en considération. Ce décalage horaire est lié à la vitesse d'avancement plus élevée du relevé par drone.

4.1.2. Troisième sortie - Effectif

Lors de cette campagne de terrain, les relevés ont été effectués avec 4 jours d'écart. Les conditions météorologiques étaient défavorables au vol du drone lors des coefficient de marée correspondant aux relevés pedestres.

4.1.3. Quatrième sortie – Production

Les résultats présentés dans cette partie peuvent différer de ceux présentés précédemment dans la partie Résultats du GONm. Les chiffres présentés ci-après correspondent à l'ensemble des SAO (GONm et DOA) relevés en 2021.



4.2. Résultats

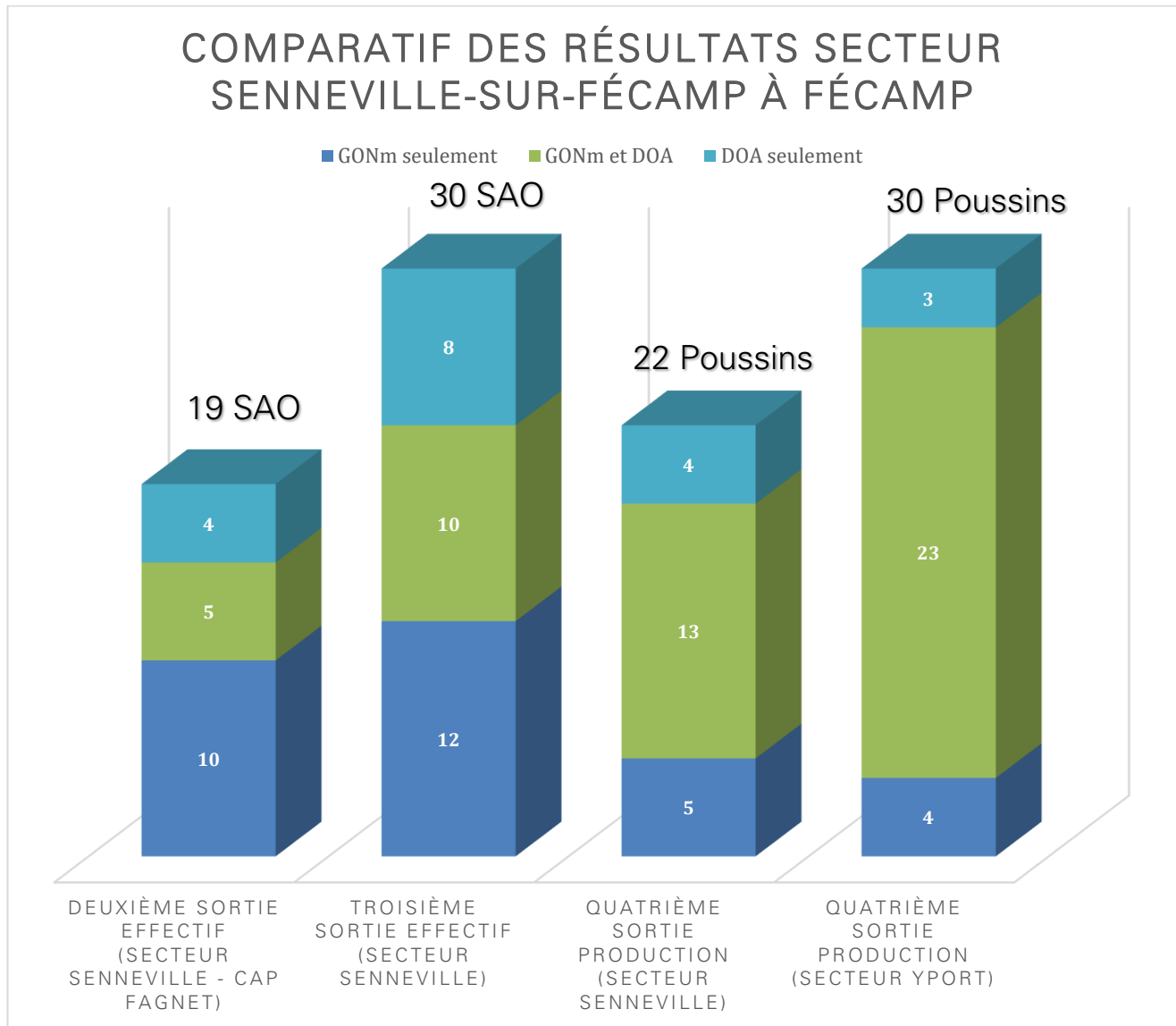


Figure 16 : Graphique comparatif des résultats de comptage des SAO et des poussins

Concernant l'identification des SAO, la part de relevés GONm + DOA est bien plus faible que lors du comptage des poussins. De nombreux sites ont été relevés uniquement par l'un ou l'autre outil. Cette remarque est valable pour les deux vols « Effectif » (le premier en simultanément, le second avec 4 jours d'écart).

4.2.1. Comparatif des taux de productivité⁵

⁵ Les taux de productivité sont repris de la page 8 (GONm) et de la page 15 (DOA)



Le taux de productivité déterminée par le **GONm est de 0.57** (tableau 3). Le taux de productivité déterminée par **DOA (tableau 6) est de 0.55**. Les taux de productivité obtenus par la méthode pedestre et la méthode drone sont similaires pour le secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp.

Comparatif secteur Cap Fagnet – 2 sorties

Afin de comparer les taux de productivité par méthode individuelle et par méthodes couplées, un échantillonnage a été réalisé pour le secteur du cap Fagnet. La deuxième sortie et la troisième sortie « Effectif » ont permis d'établir le comparatif, présenté dans le tableau 7.

Tableau 7 : Tableau comparatif des résultats, secteur Cap Fagnet

	Effectif (Nombre de SAO)			Nb de poussins	Production
	Sortie 2	Sortie 3	Nb de SAO retenu		
Depuis l'estran	15	13	14	5	0,36
Par drone	9	9	9	4	0.44
Méthodes couplées ⁶	19	17	18	8	0.44

Une légère différence entre la méthode terrestre et le drone est visible pour ce secteur. Il est à noter que le recul est de plus en plus limité lorsque l'observateur se rapproche du Cap. La détectabilité est alors limitée alors que le drone ne rencontre pas ce problème.

Comparatif secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp – 1 sortie

La même méthodologie que présentée précédemment a été appliquée à l'ensemble du linéaire de falaise allant de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp. Les données sont issues de la troisième sortie effective.

Tableau 8 : Tableau comparatif des résultats, secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp

	Effectif (Nombre de SAO)		Nb de poussins	Production
	Sortie 3	Nb de SAO retenu		
Depuis l'estran	22	22	10	0,45
Par drone	18	18	10	0.55
Méthodes couplées ⁷	30	30	16	0.53

Comme précédemment, la méthode terrestre a un résultat inférieur. Le décalage lié au recul sur une partie de la falaise peut, de même, l'expliquer.

⁶ Nombre total de SAO (les doublons DOA + GONm ont été soustraits)

⁷ Nombre total de SAO (les doublons DOA + GONm ont été soustraits)



4.2.2. Ajout de SAO à la database

A l'issue des deux sorties « Effectif », 11 SAO ont été ajoutés à l'inventaire :

- 7 par captation thermique au drone ;
- 2 par observations à la longue vue ;
- 2 identifiés par drone et longue vue.

La captation par imagerie thermique est particulièrement pertinente dans l'identification de nouveaux SAO.



4.3. 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.

4.3.1. 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.⁸

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 poussin ne peut être observé car la morphologie et la profondeur de la cavité ne permet pas de voir de poussin au moment de l'observation.⁹

4.3.2. 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 en 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

⁸ Cette variable a une forte répercussion sur les résultats

⁹ Cette variable a une forte répercussion sur les résultats



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 17).

Ainsi, les emplacements 1 et 2 ne permettent pas d'observer la cavité. 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 17 : 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 masquant (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.



Photographies des SAO identifiés par les deux méthodes

SAO n°31



SAO n°35



SAO n°36





SAO n°36.1
Nouveau SAO



SAO n°43



D'après les photographies ci-dessus, il apparaît quelques points communs entre les SAO identifiés par drone et par longue vue. Les individus sont à proximité de l'ouverture de la cavité et celle-ci n'est pas obstruée par de la végétation ou d'autres éléments. Les deux méthodes permettent d'observer les individus.



Photographies des SAO identifiés seulement par drone

SAO n°40



SAO n°42.1

Nouveau
SAO



SAO n°44





SAO n°56

Nouveau
SAO



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. Il est important d'essayer de parcourir les portions de falaise à peu près en même temps afin de réduire ce biais. 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.

4.4. Limites et axes d'améliorations méthodologiques

4.4.1. 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.



4.4.2. Limite rencontrées – méthode Drone On Air

Contraintes météorologiques

La météo est un élément déterminant dans la réalisation d'une captation par drone. Le drone Phantom 4 Pro, utilisé pour produire les orthophotographies ne peut être utilisé en cas de précipitations, même faible. La matrice 300 dispose d'un indice IP 44 qui lui permet de voler en cas de pluie fine (sauf captation thermique).

> Amélioration

Le Phantom 4 pro a été utilisée afin de produire l'orthophotographie et ne sera plus nécessaire lors d'éventuelles missions à venir. Même en cas de pluie fine/discontinues, les vols de drone à la matrice 300 pourront être maintenus.

Contraintes captation thermique

L'identification thermique des nids de fulmars boréal devenait compliquée sur certains pans de falaise à partir de 9h30. Les captations en imagerie thermique peuvent être réalisées sur un créneau horaire assez restreint. La météo est également déterminante, une matinée ensoleillée diminue considérablement le temps et la qualité des captations en imagerie thermique.

La position du capteur et du drone doit être face à l'ouverture de la cavité afin d'obtenir un signature thermique élevé, ce qui peut être difficile lorsque les cavités sont étroites.

> Amélioration

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.

4.4.3. Amélioration méthodologique par drone

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 nouvelles 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.

L'observation de SAO déjà connues sera réalisée à partir des cartographies réalisées cette année, seulement dans le spectre visible. Cette captation peut être réalisée tout au long de la journée.



D'autre part, la base de données drone sera identique à celle du GONm. De nouvelles comparaisons pourront être menées à partir des résultats obtenus.

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 pleins

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).

Protocole GISOM et drone

Afin de ne pas générer de biais, 18 poussins ont pu être comptabilisé dans le taux de productivité du GONm, pour 22 relevés au total (par méthode pédestre 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.

4.4.4. De nouveaux protocoles d'étude

Dans le cas où l'étude serait reconduite pour le suivi de l'avifaune nicheuse 2022, il conviendra d'affiner le protocole 2021 et de s'interroger sur les points suivants :

- Faut-il organiser des vols en simultanés des sorties GONm ?
- Faut-il dissocier les acquisitions visuelle et par drone ?
- Faut-il augmenter le nombre de passages ? A quelle période le cas échéant ?



- Comment calculer le taux de recolonisation des nids d'une année à l'autre avec les deux méthodes ?

En première approche, dissocier les sorties augmenterait l'acquisition des SAO, permettant d'affiner le calcul de production des jeunes. Néanmoins, les résultats obtenus seraient difficilement comparables aux résultats historiques. En effet, la comparaison doit être faite à effort d'échantillonnage équivalent.

Ces questions et réponses associées nécessitent d'être approfondies avec les futures sorties qui éprouveront la méthode drone et la comparaison des méthodes.





5. Conclusion

Le protocole d'acquisition de données par drone été mis en place au cours de la première sortie. D'après les premiers résultats, ce protocole s'est avéré d'emblée efficace et pertinent. Cette étude par drone a été rendue possible par l'usage d'un multi-capteur (zoom, grand angle et thermique) fixé sur un porteur précis et fiable.

Les données obtenues par les ornithologues du GONm, complétées par les données du drone, permettent une approche plus exhaustive du comptage de fulmar boréal. L'apport de l'outil drone dans le suivi des populations de fulmars boréals a permis une nouvelle approche d'observation de la falaise. Ce point de vue inédit est un atout pour l'expertise naturaliste. Tout comme le télépilote bénéficie de l'expertise terrain de l'ornithologue pour cibler la donnée intéressante. Cette complémentarité méthodologique est innovante.

Un protocole incluant les données issues des captations par drone dans la méthode GISOM permettra d'obtenir des comptages plus précis. Il s'agit d'un axe d'amélioration majeur qui pourrait être approfondi dans le cadre de futures études.

Les données ont été cartographiées en implantant les métadonnées (année, campagne, opérateur, localisation, source). Les travaux d'harmonisation et de référencement des SAO, menés en collaboration entre le GONm et Drone On Air, constituent une base de données initiale, qui permettra à l'avenir d'élaborer la cartographie géoréférencée (X, Y, Z).





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.
- Le Guillou G. & Debout G. (2012). Les oiseaux marins nicheurs des falaises cauchoises (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, Lescroëil 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

Figure 1 : Secteur de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp (en jaune)	5
Figure 2 : Secteur de Fécamp à Yport (en jaune)	5
Figure 3 : Tendance d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur le secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp.....	8
Figure 4 : Tendance d'évolution des effectifs de fulmar boréal sur le secteur Fécamp à Yport	8
Figure 5 : 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 6 : Drone M300 et son capteur H20T DJI	14
Figure 7 : Méthodologie d'identification des SAO en trois étapes, (1) imagerie thermique, (2) localisation de l'individu sur la falaise, (3) validation de l'espèce	16
Figure 8 : Incidence du changement d'angle de vue et de paramétrage du capteur sur le comptage des poussins (cavité 51, secteur Yport)	18
Figure 9 : Phantom 4Pro.....	18
Figure 10 : Localisation du drone à chacune des captations destinées à l'orthophotographie (en bleu).....	19
Figure 11 : Processus photogrammétrique et création de l'orthophotographie des falaises.....	20
Figure 12 : Exemple de la résolution obtenue sur un secteur de l'orthophotographie finale	21
Figure 13 : Orthophotographie de la falaise de Senneville-sur-Fécamp à Fécamp (A) et de Fécamp à Yport (B).....	21
Figure 14 : Affichage des tables attributaires dans le logiciel QGIS.....	23
Figure 15 : Extrait de la cartographie du secteur Senneville-sur-Fécamp à Fécamp, sortie du 28/06/21	24
Figure 16 : Graphique comparatif des résultats de comptage des SAO et des poussins	26
Figure 17 : Détectabilité des SAO selon différents angles de vues, depuis l'estran.....	30

Parc éolien
en mer de Fécamp

Groupe Ornithologique Normand
Fabrice Gallien
Thomas Domalain

Drone On Air
Camille Plançon
Julien Giocanti



 **Drone on air**