



Lignes directrices relatives à la méthodologie de recensement des albatros et des pétrels

Anton Wolfaardt Joint Nature Conservation Committee, Royaume-Uni
&

Richard Phillips Convenor, Population and Conservation Status Working Group) British Antarctic Survey, Royaume-Uni

Janvier 2013, mise à jour janvier 2020

INTRODUCTION

La précision des estimations est fondamentale pour déterminer l'état de conservation et pour identifier les principaux facteurs qui influencent les changements démographiques et l'évolution de la taille de la population des oiseaux marins. Le diagnostic des causes de déclin de population (ou d'autres évolutions dans la population) est beaucoup moins aisé si l'on ne dispose pas d'informations sur les périodes de ces évolutions et sur leur magnitude à différents endroits. Les albatros et les pétrels figurent parmi les espèces d'oiseaux les plus menacées (Brooke 2004, Robertson and Gales 1998). Actuellement, 17 des 22 espèces d'albatros sont répertoriées sur la liste rouge de l'UICN des espèces menacées d'extinction (BirdLife International 2011). Les diminutions actuelles du nombre d'individus dans les populations d'albatros et de pétrels ont mené à la création de l'Accord sur la conservation des albatros et des pétrels (ACAP), entré en vigueur en 2004 et actuellement ratifié par 13 pays (www.acap.aq). L'ACAP et son plan d'action décrivent un certain nombre de mesures de conservation que les parties à l'accord doivent mettre en œuvre pour améliorer l'état de conservation de ces oiseaux marins menacés, dont, notamment, une surveillance de l'état de conservation et des tendances qui caractérisent les espèces répertoriées par l'ACAP (Anon 2006). En matière de suivi des populations des espèces répertoriées par l'ACAP, il convient d'opérer une distinction entre le suivi annuel (ou régulier) des sites/parcelles d'étude et les recensements effectués à bien plus grande échelle mais plus espacés dans le temps portant sur la totalité de certaines îles ou archipels. Les présentes lignes directrices traitent principalement de ces recensements mais aborde également les questions relatives au suivi des populations en termes plus généraux.

Différentes méthodes ont été utilisées pour recenser la nidification en surface des espèces répertoriées par l'ACAP, notamment le comptage au sol, les balayages, un échantillonnage par transect ou par quadrat, qui sont ensuite extrapolés pour des zones plus étendues, des photographies aériennes, et des photographies réalisées à bord de navires (par ex. Prince 1982; Moore 1996; Cuthbert & Sommer 2004; Poncet et al. 2006; Robertson et al. 2007; Huin & Reid 2007; Delord et al. 2008; Robertson et al. 2008; Strange 2008; Ryan et al. 2009; Baker et al. 2009).

Robertson et al. (2008) ont comparé la pertinence et la praticité des cinq différentes méthodes pour le recensement des albatros à sourcils noirs *Thalassarche melanophris* sur l'archipel Idefonso au Chili : 1) photographie aérienne de terrain 2) photographie réalisée à bord de navires, 3) comptage au sol, 4)

échantillonnage par quadrat et 5) échantillonnage systématique. Parmi ces cinq méthodes, la photographie aérienne de terrain était considérée comme la plus précise ; les autres méthodes sous-estimaient la population de 9% (échantillonnage par quadrat) à 55% (photographie réalisée à bord de navires) (Robertson et al. 2008).

L'objectif de ce document est de fournir des lignes directrices pour aider les Etats parties à l'ACAP dans l'élaboration et la mise en œuvre de plans de recensement pour les espèces de l'ACAP. Ce document se concentre principalement sur les espèces dont la nidification se fait en surface mais il inclut également des lignes directrices générales pour la surveillance des espèces dont la nidification se fait dans des terriers. Des lignes directrices spécifiques pour améliorer les estimations de population de pétrels nichant en terriers sont également disponibles sur le site internet de l'ACAP (<https://acap.aq/fr/ressources/directives-de-conservation-d-acap>).

QUELQUES LIGNES DIRECTRICES GÉNÉRALES

- Il est important, pour commencer, de définir les objectifs d'un programme de surveillance des population car ces objectifs vont déterminer en grande mesure la meilleure approche. Concernant les recensements des populations reproductives, il convient de savoir si la priorité est d'obtenir une estimation générale de la taille de la population ou si l'on veut plutôt surveiller l'évolution de la population. Les deux méthodes ne s'excluent pas mutuellement mais si la priorité est de surveiller l'évolution de la population, il n'est pas nécessaire de surveiller la totalité de la population, on peut se contenter de suivre régulièrement un échantillon représentatif de la colonie (voir la section qui suit sur la surveillance à long terme).
- Le programme de surveillance doit se faire à une échelle suffisante. Il faut donc prendre un échantillon suffisamment étendu, afin d'être en mesure de détecter statistiquement les changements significatifs dans la taille de la population. La taille de l'échantillon dépendra de l'erreur d'échantillonnage et du degré de variation annuelle dans les chiffres de la reproduction.
- La méthode doit être faisable et adaptée aux espèces ou colonies concernées. Une méthode qui fonctionne bien dans un certain contexte n'est pas nécessairement adaptée pour tous les autres sites dans lesquels une espèce est présente.
- La méthode doit produire des estimations les plus précises possibles, étant données les contraintes pratiques.
- Quelle que soit la méthode utilisée, il y aura toujours des erreurs dans les estimations. Il est important de reconnaître l'existence de ces erreurs, de minimiser ces erreurs à l'aide d'une planification rigoureuse et de quantifier ces erreurs quand cela est possible afin de réajuster les comptes en fonction.
- La méthode doit être reproductible par différents observateurs sur le long terme, pour que l'on ne puisse pas confondre les évolutions au sein de la population avec des changements méthodologiques.
- La méthode doit déranger le moins possible la vie et les habitats sauvages.

Principale recommandation

L'approche optimale de surveillance du statut de conservation et des évolutions des espèces ACAP consiste en une surveillance annuelle sur les sites ou parcelles sélectionnées et représentatives, combinée à des recensements moins fréquents (tous les 5 à 10 ans) de tout le site de reproduction ou archipel. Cette approche offrira une meilleure compréhension de la variation annuelle des chiffres de reproduction et permettra de réaliser une évaluation des tendances de la population basée sur un plus grand nombre d'informations.

MÉTHODES DE RECENSEMENT

Un certain nombre de méthodes différentes ont été utilisées pour recenser les espèces de l'ACAP qui se reproduisent en surface. Ces méthodes incluent :

- *Comptage direct* – un comptage au sol de tous les oiseaux en période d'incubation. Chaque nid est inspecté pour vérifier la présence d'un œuf. Le comptage direct a généralement été mené quand les chercheurs ont un accès facile à la colonie, dans des colonies de plusieurs milliers d'individus ou quand l'équipe de comptage a eu suffisamment de temps sur le site de reproduction. Cette approche est souvent utilisée en combinaison avec le comptage par balayage.
- *Comptage par balayage* – un comptage visuel (in situ) des nids occupés ou visiblement occupés réalisé à distance (en dehors de la colonie) soit du fait de la topographie (par ex. la nidification dans les falaises des albatros *Phoebastria*), soit du fait de la surface à couvrir, soit parce que les espèces pourraient être dérangés par la présence humaine (par ex. le pétrel géant dans certains endroits). Le comptage par balayage peut être mené à terre (par ex. Cuthbert & Sommer 2004; Ryan et al. 2009), ou en mer, à bord d'un navire (Poncet et al. 2006).
- *Méthode de la surface et de la densité* – cette méthode a été utilisée dans les très grandes colonies pour lesquelles il est difficile de faire un comptage direct et se base sur la mesure de la surface sur laquelle évoluent les colonies, les densités de nids dans les colonies à l'aide de transects et de quadrats. Ces deux mesures, de surface et de densité, sont ensuite combinées pour estimer le nombre total de nids actifs (Huin & Reid 2007).
- *Photographie prise à terre ou en mer* – cette méthode consiste à prendre des photographies des colonies, à terre ou en mer. Les photographies sont ensuite recoupées pour que l'on effectue le comptage (par ex. Lawton et al. 2003; Poncet et al. 2006).
- *Photographie aérienne* – cette méthode consiste à prendre des photographies des colonies, à partir d'un aéronef à voilure fixe ou d'un hélicoptère. Certaines tentatives pionnières ont utilisé des photographies aériennes verticales à haute altitude (4156 m) afin d'estimer la taille (surface) des colonies de reproduction des albatros à sourcils noirs dans les îles Falkland (Falkland Islands/Islas Malvinas)¹, en combinaison avec les estimations de densité des comptages directs

¹ Il existe un différend entre les gouvernements de l'Argentine et du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord concernant la souveraineté des Îles Falkland (Falkland Islands/Islas Malvinas), de la Géorgie du Sud et îles Sandwich du Sud (South Georgia and the South Sandwich Islands/Islas Georgias del Sur e Islas Sándwich del Sur) et les zones marines environnantes

au sol en quadrats (Prince 1982; Thompson & Rothery 1991). Plus récemment, les estimations aériennes ont été réalisées à partir de circuits à basse altitude au dessus des colonies durant lesquels on prenait des photographies partielles qui se chevauchaient. Ces photographies étaient ensuite montées les unes aux autres à l'aide d'un logiciel de photomontage. Le résultat permettait de compter sur l'écran les nids visiblement occupés (par ex. Arata et al. 2003; Robertson et al. 2007; Strange 2008; Robertson et al. 2008; Baker et al. 2009). Avec les derniers progrès technologiques dans le domaine des caméras et des objectifs mais aussi des logiciels de traitement d'images, la photographie aérienne est devenue une méthode beaucoup plus facile d'utilisation et plus précise pour la surveillance des populations en période de reproduction. Il s'agit d'une méthode de recensement en surface des oiseaux marins en période de nidification de plus en plus utilisée, particulièrement dans les zones isolées, par ex. pour les albatros *Thalassarche chrysostoma* à sourcils noirs et à tête grise du Chili (Arata et al. 2003; Lawton et al. 2003; Robertson et al. 2007; Robertson et al. 2008), les albatros à sourcils noirs des îles Falkland (Falkland Islands/Islas Malvinas)¹ (Strange 2007; 2008), les albatros à cape blanche de Nouvelle-Zélande (Baker et al. 2007; 2008; 2009), les pétrels géants *Macronectes giganteus* des îles Falkland (Falkland Islands/Islas Malvinas)¹ (Reid & Huin 2008) et les fous de Bassan *Morus bassanus* en Grande-Bretagne et en Irlande (Wanless et al. 2005). Grâce aux progrès récents dans les équipements et les logiciels de photographie, la photographie aérienne de haute définition est désormais utilisée pour mener des études sur les oiseaux marins en mer au Royaume-Uni (Thaxter & Burton 2009, I. Mitchell, JNCC, *in litt*).

UNITÉ DE COMPTAGE ET CHOIX DE LA PÉRIODE DE RECENSEMENT

L'objectif d'un recensement d'oiseaux reproducteurs est d'estimer le nombre total de couples qui vont pondre au cours de l'année. Il est important de définir clairement l'unité de comptage et de prévoir le recensement à la période la plus optimale possible pour mesurer ce paramètre. Si le recensement a lieu trop tôt dans la saison de reproduction, le comptage ne va pas inclure tous les oiseaux qui pondront dans l'année mais s'il a lieu trop tard, il n'inclura pas les oiseaux qui ont déjà pondu mais dont les œufs n'ont pas éclos et qui ont quitté la colonie avant le recensement. Dans les deux cas, le résultat du recensement sous-estimera le nombre d'oiseaux en phase de reproduction. Néanmoins, il sera souvent possible d'appliquer des coefficients de correction. Les recensements peuvent également surestimer la taille de la population reproductrice si les oiseaux qui se reposent (les compagnons ou les oiseaux non reproducteurs) sont inclus dans le comptage (voir la partie sur les sources d'erreur).

Afin de limiter ces erreurs, la meilleure pratique consiste à étudier la population (en comptant le nombre de nids actifs) peu après que la majorité des oiseaux a pondu et de corriger le chiffre obtenu pour tenir compte des œufs non éclos au moment du recensement et, si possible, des erreurs de comptage et de détection (voir plus bas). Il existe également une série de facteurs logistiques ou climatiques qui influenceront la période du recensement mais l'objectif est d'entreprendre le recensement à une période aussi proche que possible de la période optimale, et idéalement de corriger les différences entre le nombre d'oiseaux qui ont réellement pondu et le nombre d'oiseaux comptés au moment du recensement. A mesure que la période de recensement s'éloigne de la période optimale, la précision du comptage diminue et la nécessité d'appliquer des coefficients de correction augmente. Par conséquent, plus la période de recensement s'éloignera de la période optimale, moins l'estimation de la population sera fiable.

Il est bien plus aisé de corriger les erreurs dues à des œufs non éclos que d'estimer le nombre de couples supplémentaires qui pondront après un recensement qui a lieu au milieu de la période de ponte. Ainsi, la période optimale pour le recensement des colonies se situe peu après la ponte de tous ou presque tous les couples.

Il est important de définir clairement et de cartographier les zones de comptages pour qu'elles soient facilement identifiables pour les futurs chercheurs. La normalisation de ces zones facilitera la réalisation du comptage au fil des ans et permettra d'évaluer de façon plus approfondie les évolutions dans le temps des populations. Ce type d'approche permettra également l'utilisation d'un logiciel tel que TRIM (Pannekoek & van Strien 2005) – le logiciel que l'on utilise généralement pour l'étude des espèces de l'ACAP – afin d'attribuer les données manquantes, d'estimer la taille des populations avec des intervalles de fiabilité appropriés et de vérifier les tendances dans les estimations des populations à l'aide de statistiques solides.

SOURCES D'ERREUR

Il existe un certain nombre de sources d'erreurs dans le cas de l'étude des albatros reproducteurs. Certaines de ces erreurs sont des erreurs générales, tandis que d'autres sont liées à des méthodes de recensement particulières. Il est important que ces erreurs potentielles soient reconnues, minimisées grâce à une planification rigoureuse et, idéalement, qu'elles soient corrigées à travers des études de calibrage appropriées.

1. Période du recensement

Voir plus haut. Si le recensement a lieu trop tôt, il ne tiendra pas compte de tous les oiseaux qui pondent dans l'année et s'il a lieu trop tard, il ne tiendra pas compte des œufs qui n'ont pas éclos avant que le recensement ait lieu. Pour souligner la magnitude potentielle de cette erreur, on a trouvé que 20% des albatros à sourcils noirs de l'île aux Oiseaux, Géorgie du Sud (South Georgia /Islas Georgias del Sur)¹, mouraient dans l'œuf à la moitié de la période d'incubation (Poncet et al. 2006; BAS, données non publiées).

2. Incertitude sur l'état des oiseaux (capacité à déterminer l'état des oiseaux)

a) Les oiseaux installés sur des nids vides. Robertson et al. (2008) se sont rendu compte que 7% des nids d'albatros à sourcils noirs inspectés sur l'archipel Ildefonso, au Chili, étaient occupés par des oiseaux qui ne couvaient pas. Néanmoins, ils supposent que ce sont probablement des oiseaux qui ont pondu avant le recensement, dont les œufs n'ont pas éclos, et qui devraient être inclus dans les estimations du nombre d'oiseaux tentant de se reproduire. Cette hypothèse est appuyée par les données de l'île aux oiseaux, Géorgie du Sud (South Georgia /Islas Georgias del Sur)¹, où la plupart des oiseaux non reproducteurs qui occupaient des nids vides au moment du recensement étaient en réalité des oiseaux reproducteurs dont les œufs n'avaient pas éclos (Poncet et al., 2006). Néanmoins, à New Island, dans les îles Falkland (Falkland Islands/Islas Malvinas)¹, les oiseaux non reproducteurs (c'est-à-dire ceux qui n'ont pas pondu du tout) sont souvent observés sur des nids vides (P. Catry *in litt.*), donc on ne peut pas être sûr que tous les oiseaux observés sur des nids sont des oiseaux en phase de reproduction ou des oiseaux dont les œufs n'ont pas éclos.

b) Les oiseaux au repos. On considère que ces oiseaux se situent aux alentours de la colonie et qu'il pourrait s'agir des compagnons des oiseaux installés sur les nids, de reproducteurs dont les œufs n'ont pas éclos ou de non reproducteurs. Cette erreur est plus commune lorsque la méthode de recensement

utilisée est la photographie aérienne ou réalisée en mer. Néanmoins, cette erreur peut également se retrouver dans d'autres méthodes de recensement.

Il est important de noter que le nombre d'oiseaux qui sont installés sur des nids vides/ au repos, et par conséquent le ratio d'oiseaux comptés dans le nombre d'oiseaux reproducteurs, varie au cours de la journée et selon les conditions climatiques (Poncet et al. 2006; Robertson et al. 2008).

3. Erreur de détection

a) Perception erronée (erreur d'observation ou de comptage). De nombreux facteurs peuvent entrer en ligne de compte, notamment la difficulté accrue de compter précisément quand les colonies sont importantes, les conditions climatiques au moment du recensement (vitesse du vent, précipitations, brouillard, etc.), la différence des observateurs (et particulièrement les différents niveaux d'expérience), et la capacité à distinguer les oiseaux dans leur environnement (neige, rochers, etc.) et de déterminer l'espèce dans des colonies mixtes. Tous ces facteurs peuvent avoir une influence sur le résultat du comptage. La comparaison de la couleur de la tête, de la forme du bec et de la taille et de la forme du corps suffit généralement à distinguer les albatros des cormorans et des pingouins. Ces erreurs peuvent être minimisées à l'aide de la photographie haute résolution (Robertson et al. 2008). Le comptage sur écran des oiseaux reproducteurs à partir de photographies aériennes est assez facile grâce aux logiciels existants et il peut être réalisé de façon lente et systématique en notant d'un point rouge chaque oiseau compté. Dans ce sens, l'approche peut être plus aisée et elle est probablement plus précise que le comptage sur le terrain mais l'inconvénient est que le montage des photographies peut être très chronophage.

b) Erreur due à la disponibilité. Cette erreur est due à l'incapacité à échantillonner ou à compter tous les habitats disponibles, qui est accrue si les nids ne sont pas visibles du point de vue adopté, du fait des spécificités topographiques. Ces difficultés apparaissent en particulier quand la topographie est complexe ou quand les nids sont très dispersés, tels que dans le cas du pétrel géant subantarctique *Macronectes halli*. Cette erreur n'est pas caractéristique de la photographie aérienne. En effet, dans certains cas, et en particulier sur les terrains hétérogènes ou complexes, il est possible de ne pas voir les petites colonies ou les colonies situées sur des promontoires rocheux lors du comptage sur le terrain, alors que celles-ci seront visibles en photographie aérienne (Robertson et al. 2008). Du fait de leur habitat situé sur des falaises et de leur plumage sombre, l'albatros fuligineux à dos sombre *Phoebetria fusca* ou l'albatros fuligineux à dos clair *Phoebetria palpebrata* peuvent être difficiles à voir de loin, particulièrement quand les conditions climatiques ne sont pas favorables (Ryan et al. 2009). Les recensements des albatros des Galápagos *Phoebastria irrorata* doivent également tenir compte des erreurs de détection dues à la végétation qui cache certains nids. Les taux de détection des nids peuvent être estimés en utilisant des méthodes de ré-échantillonnage, ou à travers une surveillance d'un sous-échantillon de nids marqués dans un cadre de capture des nids marqués (Frederick et al. 2006) afin d'estimer la proportion de la population absente ou non-détectée.

4. Problèmes techniques et statistiques

a) Erreur associée à un mauvais montage des photographies. Cette erreur n'apparaît évidemment que dans le cas des recensements par photographie, qu'elle soit aérienne, maritime ou terrestre. Une fois que les photographies sont réalisées, elles seront collées les unes aux autres à l'aide de logiciels de photomontage (Lawton & Robertson 2006). Il est possible qu'un petit nombre d'albatros situés près des lignes de collage soient omis ou comptés deux fois (Robertson et al. 2008). Cette erreur est due à la parallaxe, c'est-à-dire au déplacement ou à la différence de la position apparente d'un objet vu selon

des angles différents, ce qui se produit quand la photographie est prise sous des angles différents. Cette source d'erreur est considérée comme minimale. Dans l'étude sur les albatros à sourcils noirs de l'archipel d'Ildfonso, 1,3% des oiseaux sur les lignes de collages n'étaient pas comptés et les lignes de collages ne touchaient que 6% de l'habitat de nidification des albatros (Robertson et al. 2008). De même, l'erreur liée aux lignes de collage des photomontages pour l'albatros à cape blanche *Thalassarche steady* concerne moins de 200 individus sur un comptage total de 97 000 individus (Baker et al. 2009). Bien qu'il s'agisse d'une source d'erreur insignifiante, la parallaxe peut être minimisée si l'on veille à ce que toutes les photographies soient prises d'une position qui soit autant que possible à la perpendiculaire de la colonie ou de l'habitat, et en s'assurant que la longueur focale de l'objectif reste aussi constante que possible pour les photographies utilisées pour le montage.

b) Erreur d'extrapolation. Quand on extrapole les chiffres de densités dérivés dans les transects et les quadrats à l'ensemble de la population, il est important de minimiser les erreurs d'échantillonnage. Un GPS à main est probablement l'outil le plus simple et le plus pratique pour mesurer la taille des zones d'échantillonnage et celle de l'ensemble de la colonie. La précision des GPS s'est grandement améliorée mais la marge d'erreur reste de 5 à 10 m. La précision des GPS dépend de nombreux facteurs tels que les positions des satellites, le bruit sur le signal radio, les conditions atmosphériques, et les barrières naturelles qui bloquent le signal (couverture boisée ou obstacles topographiques). L'erreur peut être minimisée par l'utilisation de GPS différentiel ou d'A-GPS (GPS assisté), mais ces technologies sont nettement plus coûteuses. Les mesures de la densité des oiseaux en période de nidification réalisées à partir des quadrats ou des transects doivent être représentatives de la variation de densité de la colonie. Cela dit, même avec un protocole d'échantillonnage bien conçu, les estimations dérivées de ces échantillonnages contiendront des erreurs.

MINIMISER ET CORRIGER LES ERREURS

Afin de dériver des estimations précises de la population reproductrice à partir des données de comptage, il est nécessaire de déployer tous les efforts possibles pour minimiser les erreurs identifiées plus haut à travers une planification rigoureuse des recensements, et de corriger les comptes à travers des études de calibrage appropriées. Les principales recommandations sont :

- Compter les colonies à une période la plus proche possible de la période optimale (voir plus haut).
- Les colonies devraient être divisées en unités de comptage gérables, à l'aide de spécificités topographiques et de points de référence clairement définis et cartographiés.
- Les corrections dues aux échecs de nidification se déroulant entre la ponte et les dates auxquelles les colonies sont recensées peuvent être dérivées des taux d'échecs de nidification obtenus sur les zones d'échantillonnage les plus étudiées. Ces zones doivent être suffisamment petites pour qu'un comptage précis puisse être réalisé quotidiennement (potentiellement jusqu'à 500 nids pour les espèces qui se reproduisent avec une densité suffisante) et doivent idéalement être surveillées quotidiennement depuis l'arrivée des oiseaux jusqu'à la fin de la ponte et au minimum tous les 3 ou 4 jours après la ponte jusqu'à la fin du recensement. Cette surveillance quotidienne devrait idéalement permettre de compter le nombre d'oiseaux des catégories suivantes : 1) reproducteurs actifs sur les nids, 2) compagnons proches des nids, 3) échec de nidification/retards/jeunes adultes sur les nids (sans œuf) et 4) individus au repos (échec de nidification/retards/jeunes adultes) qui restent dans la colonie. Cette surveillance devrait

idéalement être menée sur plus d'une zone d'échantillonnage et de préférence sur plus d'un site de l'île, afin de veiller à ce que les taux d'échec obtenus soient aussi représentatifs que possible de l'ensemble de la population.

- Afin de corriger les variations diurnes du ratio des nids actifs par rapports aux échec de nidification/retards/jeunes adultes (catégories 3 et 4 plus haut), qui est une source particulière d'erreurs lors de l'utilisation de la photographie, des comptages systématiques doivent être réalisés sur les parcelles d'échantillonnage durant la journée pendant la période de recensement. Des études préalables ont réalisé ce type de comptages toutes les deux heures de 8h à 18h (Poncet et al. 2006; Robertson et al. 2008).
- Le comptage sur le terrain des colonies ne servira que comme études de calibrage, ou comme vérification sur le terrain, pour les photographies aériennes si elles se font à la même période que la prise de photographies aériennes.
- Pour avoir une idée de la précision (reproductibilité) des comptages, et de la différence entre les compteurs, des comptages multiples seront réalisés par plus d'un observateur. Cette mesure est conseillée tant pour les comptages sur le terrain que pour les comptages sur écran faites à partir des photographies aériennes.

Il est possible de quantifier l'erreur associée au collage des photographies lors de la réalisation d'un photomontage. On peut notamment comparer le nombre de nids sur le bord d'une ligne de collage avec le nombre de nids recensés au centre des photographies de la même zone prises un peu plus loin sur la même ligne de vol (Robertson et al. 2008). Sur des habitats uniformes, il peut être difficile de définir les bords des lignes de collage pour les montages chevauchants, auquel cas, il sera difficile de quantifier les erreurs de collage. Etant donné que cette erreur a une faible magnitude (Robertson et al. 2008; Baker et al. 2009), elle n'est pas aussi importante que celles qui ont été mentionnées plus haut.

CHOIX DE LA MÉTHODE DE RECENSEMENT

Le choix de la méthode de recensement dépendra d'un ensemble de facteurs, notamment, de l'espèce recensée, du site, des contraintes logistiques et pratiques et du budget disponible. Robertson et al. (2008) ont considéré que la photographie aérienne était la méthode de recensement la plus précise pour les albatros à sourcils noirs de l'archipel Ildfonso. Pour ces espèces et pour les sites qui peuvent être recensés à travers la photographie aérienne, cette méthode a certains avantages sur les autres. Parmi ces avantages :

- L'étude peut être réalisée à un moment où toutes les colonies se trouvent dans la période optimale (peu après la ponte de la majorité des oiseaux). En effet, la prise de photographies aériennes prend nettement moins de temps que les comptages au sol. La partie des recensements par photographie aérienne qui prend le plus de temps est le traitement des photographies, la réalisation des photomontages et le comptage sur écran des images traitées mais cette partie peut être réalisée après la période optimale de recensement de la population. Voir Lawton et Robertson (2006) pour un guide du traitement des photographies d'un recensement d'oiseaux marins.
- Une fois les protocoles établis, cette méthode est assez facile à harmoniser.

- La photographie aérienne dispense les chercheurs sur le terrain de recenser la totalité des colonies au sol, ce qui permet d'éviter de déranger les oiseaux. Il est conseillé de combiner les photographies aériennes avec le comptage des oiseaux sur certaines parcelles. Les photographies aériennes des colonies d'albatros sont généralement prises à une altitude se 120 à 400m, sans qu'aucun signe apparent de dérangement n'ait pu être observé (Robertson *et al.* 2008, Strange 2008).
- Les photographies aériennes fournissent un archivage permanent des recensements. Dans ce sens, il s'agit de la méthode de recensement la plus objective et transparente, et cela permet aux futurs chercheurs de réexaminer les photographies originales, de répéter le processus de photomontage et de recompter les oiseaux reproducteurs. L'objectivité de cet archivage implique également que si la méthodologie changeait à l'avenir, les photographies aériennes pourraient toujours être réutilisées pour évaluer l'évolution des populations. Les protocoles de stockage et d'accès doivent être clairement définis pour que les photographies aériennes et les données associées soient facilement accessibles à toutes les parties.

La photographie aérienne ne se prête pas au recensement de toutes les colonies. Quelle que soit la méthode utilisée, il doit être fait état des différentes sources d'erreur. La méthode choisie doit être utilisée de façon standardisée afin que l'on puisse être sûr que les variations observées dans les estimations sont bien dues à des évolutions de la population plutôt qu'à des changements ou à des différences de méthodologie.

RECENSEMENTS À PLUS GRANDE ÉCHELLE DANS LE CADRE D'UN PROGRAMME DE SURVEILLANCE DE LA POPULATION

L'objectif final d'un recensement d'oiseaux marins est d'obtenir une estimation récente de la population sur un site ou sur un ensemble de sites et d'utiliser cette estimation pour surveiller les évolutions de la population. Idéalement, le programme de surveillance de la population devrait inclure à la fois des recensements ponctuels de grande échelle de tout un site et des surveillances intensives plus régulières du nombre d'individus, du succès de la reproduction, et d'autres paramètres tels que la survie sur des sites d'études de long terme. Du point de vue de la conservation, la surveillance de l'évolution de la population est particulièrement importante.

L'utilisation de recensements de grande échelle pour la surveillance de l'évolution de la population implique de nombreuses difficultés. La grande variabilité annuelle des chiffres de reproduction de certaines espèces, en particulier dans le cas des reproducteurs bisannuels (Croxall *et al.* 1998; Nel *et al.* 2002; Delord *et al.* 2008), rend l'analyse de l'évolution sur le long terme plus difficile, surtout quand l'analyse est basée sur quelques données issues de recensements ponctuels. L'analyse se complique encore dans le cas de différences selon les sites. Par exemple, bien qu'en moyenne 75% des albatros à sourcils noirs qui se reproduisent avec succès à Géorgie du Sud (South Georgia /Islas Georgias del Sur)¹ et 67% des albatros qui échouent dans leur reproduction retournent se reproduire l'année suivante, le pourcentage de retard dans la reproduction des oiseaux établis est bien plus élevé dans les années où les ressources alimentaires sont limitées (Croxall *et al.* 1998). En comparaison, l'incidence du retard de reproduction des albatros à sourcils noirs à New Island, sur l'archipel des îles Falkland (Falkland Islands/Islas Malvinas)¹, est étonnamment basse pour l'espèce des albatros *Thalassarche* (Catry *et al.* 2011). Les taux d'échecs peuvent également être très variables selon les années (*cf.* Prince *et al.* 1994),

et il est important de tenir compte de cette variation annuelle dans les probabilités de reproduction quand on interprète l'évolution de la population à partir d'un nombre limité de points de données.

RECENSEMENT DES ESPÈCES NICHANT EN TERRIER

Bien que les paragraphes qui précèdent se soient concentrés sur les espèces dont la nidification se fait en surface, la plupart des principes et lignes directrices s'appliquent aux espèces qui nichent en terriers. Néanmoins, étant donné que les méthodes de recensement utilisées pour ces deux groupes d'oiseaux sont assez différentes, le paragraphe qui suit fournit quelques lignes directrices complémentaires pour le recensement des pétrels nichant en terriers. Cette restriction, ainsi que d'autres, sont étudiées plus en détails dans les lignes directrices de l'ACAP spécialement établies pour les espèces nichant en terriers (<https://acap.aq/fr/ressources/directives-de-conservation-d-acap>).

Le recensement des colonies de pétrels nichant en terriers implique inévitablement de prendre un échantillon d'une partie de la population et d'extrapoler les chiffres de densité, de surface et d'occupation afin de déterminer le nombre de terriers 'occupés' ou 'actifs' sur le site de reproduction. Il est important que l'unité de comptage soit clairement définie. Les terriers 'actifs', peuvent, par exemple, faire référence au nombre de nids qui contiennent des oiseaux, reproducteurs ou non, alors que les terriers 'occupés' peuvent faire référence à des nids dans lesquels la reproduction a été confirmée (cf. Cuthbert and Davis 2002). Dans de nombreux cas, il sera difficile, voire intrusif, de confirmer la reproduction. Par conséquent, les estimations de population sont souvent basées sur les nids visiblement occupés.

Les estimations de la population d'oiseaux marins nichant en terriers sont généralement basées sur le nombre ou sur la densité de nids d'un habitat ou d'une zone spécifique, sur la proportion de ces nids qui sont considérés comme étant occupés par des oiseaux reproducteurs, et sur la surface totale des différents habitats étudiés sur le site de reproduction (dans le cas où l'on est parti d'un échantillon). La densité de nids va généralement varier entre les types d'habitat et de végétation (cf. Lawton et al. 2006) et l'occupation des terriers peut varier d'un point de vue spatial et temporel. Par conséquent, il est important de dériver les estimations de densité spécifiques aux différents habitats afin de veiller à ce que les transects et les quadrats soient représentatifs de la variété d'habitats sur le site de reproduction et pour estimer précisément le niveau d'occupation des terriers et les zones occupées de chaque type d'habitat ou de colonie.

PRINCIPES DIRECTEURS ET DIFFICULTÉS À PRENDRE EN COMPTE POUR LE RECENSEMENT DES PÉTRELS NICHANT DANS DES TERRIERS

- Lorsque l'on mène un comptage par balayage des terriers, un certain nombre de terriers ne seront pas détectés, particulièrement dans les zones où la végétation est dense. Même des observateurs expérimentés peuvent sous-estimer de 15 à 20% le nombre de terriers sur une zone donnée (Ryan & Moloney 2000, Ryan & Dorse 2006). Cette donnée souligne l'importance de la réalisation d'inspections plus intensive sur des zones représentatives qui permettront de corriger ce taux d'erreur.

- Des terriers multiples peuvent partager une même entrée, et un même terrier peut avoir plusieurs entrées. Une évaluation détaillée de l'occupation des terriers (vois plus bas) est nécessaire pour corriger cette source d'erreur.
- L'entrée des terriers des espèces recensées peut être confondue avec l'entrée de terriers d'autres espèces d'oiseaux marins. Dans ce cas, il est important d'établir des critères objectifs permettant de distinguer les nids des différentes espèces.
- Les terriers peuvent être occupés par des oiseaux non reproducteurs ; la proportion de terriers occupés par des oiseaux non reproducteurs peut être influencée par les conditions climatiques durant la période du recensement (Ryan et al. 2006).
- Sauf si ce critère est pris en compte, l'hétérogénéité spatio-temporelle du taux d'occupation des terriers réduit la précision des estimations de recensement.
- Le taux d'occupation des terriers peut être évalué à travers différentes méthodes qui peuvent être utilisées conjointement. Pour de nombreuses espèces, l'utilisation d'un enregistrement du cri des oiseaux de l'espèce recensée à l'entrée du terrier est une méthode considérée comme relativement objective et précise. Cette méthode semble être plus efficace durant la période d'incubation (Berrow 2000, Ryan et al. 2006, Ryan & Ronconi 2011). Les taux de réponse aux enregistrements des espèces nichant en terriers peuvent varier annuellement selon les conditions climatiques (Berrow 2000). Les oiseaux installés dans des nids peu profonds peuvent ne pas répondre aux enregistrements (Ryan et al. 2006). Etant donné qu'un certain nombre d'oiseaux reproducteurs ne répondent pas aux enregistrements, les entrées des terriers peuvent être inspectées pour détecter des signes d'une activité récente, notamment la présence de matériaux servant à construire les nids, des signes de déplacement de terre à l'entrée ou à l'intérieur des terriers. Cette approche peut être subjective et il est donc préférable d'utiliser des critères standardisés pour évaluer l'activité récente d'un terrier. Par ailleurs, l'utilisation des signes d'activité peut conduire à surestimer l'occupation réelle des terriers (Rexer-Huber et al. 2014). Il est également possible d'introduire un bras dans le terrier pour évaluer son occupation, soit parce que l'on sentira l'oiseau, soit parce que l'on sollicitera une réponse de sa part. Cette méthode peut également être utilisée pour détecter la présence d'un œuf et donc le statut de reproduction. Cependant, il ne sera pas toujours possible de confirmer le statut de reproduction (si le terrier est trop profond), auquel cas le terrier devra être classé comme indéterminé. Des inspections intensives de nids témoins peuvent être réalisées pour déterminer combien de ces nids indéterminés sont réellement occupés. Cela impliquera une ouverture des terriers et/ou un élargissement de l'ouverture, des méthodes intrusives qui doivent être limitées au maximum. Pour terminer, un outil infra-rouge peut être utilisé pour fournir une évaluation précise de l'occupation du terrier (Dyer & Hill 1992), mais cette méthode n'est pas faisable et précise pour toutes les espèces et pour tous les sites (Hamilton 2000, Cuthbert & Davis 2002, Ryan et al. 2006). La précision des méthodes de recensement doit être évaluée, signalée et prise en compte pour la dérivation des estimations de population.
- Il est important de vérifier que les quadrats et les transects sont représentatifs de la variété d'habitats disponibles sur le site de reproduction.

- Cette étude ainsi que d'autres, sont étudiées plus en détails dans les lignes directrices de l'ACAP pour l'étude des pétrels nichant en terriers (<https://acap.aq/fr/ressources/directives-de-conservation-d-acap>).

REMERCIEMENTS

Nous remercions Graham Robertson, Barry Baker, Mark Tasker, Ian Mitchell, Rosemary Gales, Paulo Catry et Kate Huyvaert pour les conseils et commentaires qu'ils ont apportés à la lecture des versions précédentes de ce document.

CITATION RECOMMANDÉE

Wolfaardt, A. and Phillips, R. 2020. *Lignes directrices pour la méthodologie de recensement des albatros et des pétrels*. Accord sur la conservation des albatros et des pétrels. <https://www.acap.aq/fr/ressources/directives-de-conservation-de-l-acap/3300-lignes-directrices-relatives-a-la-methodologie-de-recensement-des-albatros-et-des-petrels/file>Date de téléchargement.

RÉFÉRENCES

- Anon. 2006. Agreement on the Conservation of Albatrosses and Petrels. ACAP2 Agreement: Final. Ammended, Second Meeting of Parties, Christchurch, New Zealand, 13-17 November. www.acap.aq. 25pp.
- Arata, J., Robertson, G., Valencia, J. & Lawton, K. 2003: The Evangelistas Islets, Chile: a new breeding site for Black-browed Albatrosses. *Polar Biology* **26**: 687-690.
- Baker, B.G., Jenz, K., & Cunningham, R. 2009. Data collection of demographic, distributional and trophic information on the White-capped Albatross to allow estimation of effects of fishing on population viability - 2008 field season. Report prepared for the New Zealand Ministry of Fisheries, PRO2006-01H, June 2009 (unpublished). Latitude 42 Environmental Consultants (www.latitude42.com.au), Kettering Australia.
- Baker, B.G., Jenz, K., Double, M.C., & Cunningham, R. 2007. Data collection of demographic, distributional and trophic information on selected seabird species to allow estimation of effects of fishing on population viability. Report prepared for the New Zealand Ministry of Fisheries, PRO2006-01F, April 2007 (unpublished). Latitude 42 Environmental Consultants (www.latitude42.com.au), Kettering Australia.
- Baker, B.G., Jenz, K., Double, M.C., & Cunningham, R. 2008. Data collection of demographic, distributional and trophic information on selected seabird species to allow estimation of effects of fishing on population viability. Report prepared for the New Zealand Ministry of Fisheries, PRO2006-01G, July 2008 (unpublished). Latitude 42 Environmental Consultants (www.latitude42.com.au), Kettering Australia.
- Berrow, S.D. 2000. The use of acoustics to monitor burrow-nesting White-chinned Petrels *Procellaria aequinoctialis* at Bird Island, South Georgia. *Polar Biology* **23**: 575-579.
- BirdLife International. 2011. Albatross species factsheets. Downloaded from <http://www.birdlife.org/datazone> on 16 July 2011.
- Catry, P., Forcada, J. & Almeida, A. 2011: Demographic parameters of Black-browed Albatrosses *Thalassarche melanophris* from the Falkland Islands. *Polar Biology* **34**: 1221-1229.
- Croxall, J.P., Prince, P.A., Rothery, P. & Wood, A.G. 1998: Population changes in albatrosses at South Georgia. In: *Albatross biology and conservation* (Robertson, G. & Gales, R., eds). Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton, pp. 69-83.
- Cuthbert, R.J. & Davis, L.S. 2002. Adult survival and productivity of Hutton's Shearwater. *Ibis* **244**: 423-432.

- Cuthbert, R.J. & Sommer, E.S. 2004: Population size and trends of four globally threatened seabirds at Gough Island, South Atlantic Ocean. *Marine Ornithology* **32**: 97-103.
- Delord, K., Besson, D., Barbraud, C. & Weimerskirch, H. 2008: Population trends in a community of large Procellariiforms of Indian Ocean: potential effects of environment and fisheries interactions. *Biological Conservation* **141**: 1840-1856.
- Dyer, P.K. & Hill, G.J.E. 1991. A solution to the problem of determining the occupancy status of Wedge-tailed Shearwater burrows. *Emu* **91**: 20-25.
- Frederick, P.C., Heath, J.A., Bennetts, R. & Hafner, H. 2006. Estimating nests not present at the time of breeding surveys: an important consideration in assessing nesting populations. *Journal of Field Ornithology* **77**: 212–219.
- Hamilton, S. 2000. How precise and accurate are data obtained using an infra-red scope on burrow-nesting Sooty Shearwaters *Puffinus griseus*? *Marine Ornithology* **28**: 1-6.
- Huin, N. and Reid, T. 2007. Census of the Black-browed albatross population of the Falkland Islands: 2000 and 2005. Falklands Conservation, Stanley, Falkland Islands.
- Lawton, K. & Robertson, G. 2006: Instructions for processing aerial photographs for a seabird census. *Unpublished Manuscript*.
- Lawton, K., Robertson, G., Valencia, J., Wienecke, B. & Kirkwood, R. 2003: The status of Black-browed Albatrosses *Thalassarche melanophrys* at Diego de Almagro Island, Chile. *Ibis* **145**: 502-505.
- Lawton, K., Robertson, G., Kirkwood, R., Valencia, J., Schlatter, R. & Smith, D. 2006: An estimate of population sizes of burrowing seabirds at the Diego Ramirez archipelago, Chile, using distance sampling and burrow-scoping. *Polar Biology* **29**: 229-238.
- Moore, P.J. 1996: Light-mantled sooty albatross on Campbell Island, 1995-96: a pilot investigation. *New Zealand Dept. of Conservation Science for Conservation Series* **43**: 1-23.
- Nel, D.C., Ryan, P.G., Crawford, R.J.M., Cooper, J. & Huyser, O.A.W. 2002: Population trends of albatrosses and petrels at sub-Antarctic Marion Island. *Polar Biology* **25**: 81-89.
- Pannekoek, E. and van Strien, A. 2005. TRIM 3 manual (TRends and Indices for Monitoring data). Statistics Netherlands, Voorburg.
- Poncet, S., Robertson, G., Phillips, R.A., Lawton, K., Phalan, B., Trathan, P.N. & Croxall, J.P. 2006: Status and distribution of Wandering, Black-browed and Grey-headed albatrosses breeding at South Georgia. *Polar Biology* **29**: 772-781.
- Prince, P.A. 1982: The Black-browed Albatross *Diomedea melanophrys* population at Beauchêne Island, Falkland Islands. *Comité National Français des Recherches Antarctiques* **51**: 111-117.
- Prince, P.A., Rothery, P., Croxall, J.P. & Wood, A.G. 1994: Population dynamics of Black-browed and Grey-headed albatrosses *Diomedea melanophrys* and *D. chrysostoma* at Bird Island, South Georgia. *Ibis* **136**: 50-71.
- Reid, T.A. & Huin, N. 2008: Census of Southern Giant Petrel population of the Falkland Islands 2004/2005. *Bird Conservation International* **18**: 118-128.
- Rexer-Huber, K., Parker, G.C., Ryan, P.G. & Cuthbert, R.J. 2014. Burrow occupancy and population size in the Atlantic Petrel *Pterodroma incerta*: a comparison of methods. *Marine Ornithology* **42**: 137–141.
- Robertson, G., Moreno, C.A., Lawton, K., Arata, J., Valencia, J. & Kirkwood, D. 2007: An estimate of the population sizes of Black-browed (*Thalassarche melanophrys*) and Grey-headed (*T. chrysostoma*) Albatrosses breeding in the Diego Ramirez Archipelago, Chile. *Emu* **107**: 239-244.
- Robertson, G., Moreno, C.A., Lawton, K., Kirkwood, D. & Valencia, J. 2008: Comparison of census methods for Black-browed Albatrosses breeding at Ildefonso Archipelago, Chile. *Polar Biology* **31**: 153-162.
- Ryan, P.G. & Moloney, C.L. 2000. The status of Spectacled Petrels *Procellaria conspicillata* and other seabirds at Inaccessible Island. *Marine Ornithology* **28**: 93-100.
- Ryan, P.G. & Ronconi, R.A. 2011. Continued increase in numbers of Spectacled Petrels *Procellaria conspicillata*. *Antarctic Science* **23**: 332-336.

- Ryan, P.G., Dorse, C. & Hilton, G.M. 2006. The conservation status of the Spectacled Petrel *Procellaria conspicillata*. *Biological Conservation* **131**: 575-583.
- Ryan, P.G., Jones, M.G.W., Dyer, B.M., Upfold, L. & Crawford, R.J.M. 2009: Recent population estimates and trends in numbers of albatrosses and giant petrels breeding at the sub-Antarctic Prince Edward Islands. *African Journal of Marine Science* **31**: 409-417.
- Strange, I. J. 2007: New Island, Falkland Islands. A South Atlantic Wildlife Sanctuary for Conservation Management. Design in Nature, Falkland Islands.
- Strange, I.J. 2008. Aerial surveys of Black-browed Albatross *Thalassarche melanophrys* breeding colonies in the Falkland Islands: the methodology employed and comparisons with surveys carried out in 1986-2005-2006 and 2007. Design in Nature & Falkland Islands Wildlife, Stanley, Falkland Islands.
- Thaxter, C.B. & Burton, N.H.K. 2009: High definition imagery for surveying seabirds and marine mammals: A review of recent trials and development of protocols.
- Thompson, K.R. & Rothery, P. 1991: A census of Black-browed Albatross *Diomedea melanophrys* population on Steeple Jason Islands, Falkland Islands. *Biological Conservation* **56**: 39-48.
- Wanless, S., Murray, M. & Harris, M.P. 2005: The status of Northern Gannet in Britain & Ireland in 2003/04. *British Birds* **98**: 280-294.