

Écologie de la reproduction du harfang des neiges dans l'Arctique canadien

Jean-François Therrien, Gilles Gauthier, Audrey Robillard, Nicolas Lecomte et Joël Bêty

Résumé

Nous avons étudié l'écologie estivale du harfang des neiges à l'île Bylot, au Nunavut, pendant plus de 20 ans. Nous avons examiné l'influence de la phénologie de la fonte de la neige au printemps et de la densité de lemmings sur le nombre de nids, la date et la taille moyenne de ponte ainsi que le succès de nidification des harfangs. Nous avons également mesuré la croissance des jeunes et évalué le régime alimentaire estival des harfangs. Le nombre de nids et le succès de nidification ont varié annuellement, en lien avec la densité de lemmings. Ces proies ont composé plus de 95 % du régime alimentaire estival. La date et la taille de ponte moyenne ont démontré des variations annuelles, mais ne semblaient pas affectées par la phénologie de la fonte de la neige ou la densité de lemmings. La densité de lemmings au site de nidification semble être le principal élément qui détermine la décision de nicher à l'île Bylot, malgré le fait qu'une forte densité de petits rongeurs ne garantit pas toujours la présence de harfangs nicheurs.

MOTS CLÉS : fonte de la neige, harfang des neiges, île Bylot, lemmings, reproduction

Abstract

We studied the summer ecology of snowy owls on Bylot Island (Nunavut) for over 20 years. Using data on growth rate of chicks and summer diet, we investigated the effects of the date of snowmelt and lemming density on the number of nests, egg laying date, clutch size and nesting success. Lemmings comprised more than 95% of the summer diet of snowy owls, and the number of nests and nesting success varied annually with lemming density. Mean egg laying date and clutch size varied annually, but were not affected by the timing of snowmelt or lemming density. While the density of lemmings appears to be the key factor triggering snowy owls to establish breeding territories on Bylot Island, the presence of a high density of lemmings in a given year was no guarantee that pairs would settle and breed.

KEYWORDS: Bylot Island, lemmings, reproductive success, snowmelt, snowy owl

Introduction

Bien que le harfang des neiges (*Bubo scandiacus*) soit un oiseau charismatique et connu par les naturalistes et le public en général, peu d'études empiriques ont examiné son cycle vital en détail dans le cadre d'étude écologique à long terme (mais voir Pitelka et collab., 1955; Watson, 1957; Taylor 1974; Menyushina, 1997; Potapov et Sale, 2012). En effet, puisqu'il niche dans des régions peu accessibles situées au nord de la limite des arbres, plusieurs aspects de sa biologie sont inférés à partir d'un nombre limité d'observations empiriques (Parmelee, 1992). Ce manque d'informations de base au sujet du harfang des neiges est malheureux car il limite énormément notre capacité à prévoir les effets potentiels des changements environnementaux et à orienter les efforts de conservation. Une meilleure connaissance des variations annuelles et régionales des principaux traits biodémographiques (tels que la croissance, la survie et la reproduction) de l'espèce apparaît donc essentielle dans ce contexte.

Des connaissances générales issues d'études antérieures suggèrent que le harfang des neiges est un prédateur spécialiste dont le régime alimentaire est presque exclusivement constitué de petits mammifères (Parmelee, 1992; Detienne et collab., 2008). En effet, les principaux petits mammifères de la toundra, les lemmings, semblent constituer la proie principale du

harfang des neiges pendant la saison de reproduction, de mai à octobre. On suspecte également que lorsque la neige vient recouvrir la toundra, l'automne venu, la majorité des harfangs se déplacent alors vers le sud du Canada afin de s'alimenter des rongeurs présents à plus basses latitudes (Kerlinger et collab., 1985). Par contre, des résultats récents apportent des nuances en suggérant qu'une partie importante de la population adulte pourrait demeurer à des latitudes plus élevées pendant l'hiver et même se nourrir d'oiseaux marins, tels que des eiders (*Somateria* spp.), sur la glace de mer (Therrien et collab., 2011).

Les lemmings démontrent d'impressionnantes fluctuations d'abondance sur une base interannuelle (par ex. Gauthier et collab., 2013) et ces oscillations peuvent fortement influencer

JEAN-FRANÇOIS THERRIEN est chercheur au Hawk Mountain Sanctuary (Pennsylvanie). GILLES GAUTHIER est professeur au Département de biologie de l'Université Laval alors qu'AUDREY ROBILLARD y est étudiante au doctorat. NICOLAS LECOMTE est titulaire de la chaire de recherche du Canada en écologie polaire et boréale et professeur au Département de biologie à l'Université de Moncton. JOËL BÊTY est professeur au Département de biologie, chimie et géographie de l'Université du Québec à Rimouski. Tous les auteurs sont membres du Centre d'études nordiques.

therrien@hawkmtn.org

sur la population de harfangs (Parmelee, 1992; Gilg et collab., 2006; Potapov et Sale, 2012; Therrien et collab., 2014a). Durant les années de faible abondance de lemmings, les harfangs peuvent quitter un site de reproduction spécifique pour aller nicher ailleurs, où l'abondance de lemmings est élevée, ou encore ils peuvent demeurer en errance, sans se reproduire, en attendant que la densité de lemmings redevienne élevée à un site donné (Fuller et collab., 2003). Dans l'est de l'Arctique canadien, un récent suivi télémétrique suggère que les oiseaux sont capables d'effectuer de grands déplacements d'une année à l'autre et de se reproduire durant plusieurs années consécutives dans des sites éloignés les uns des autres (Therrien et collab., 2012; Therrien et collab., 2014b).

En plus de l'abondance de proies, la phénologie de la fonte de la neige au printemps, un facteur qui est reconnu pour affecter la biologie de plusieurs espèces de la toundra, incluant les lemmings (Kausrud et collab., 2008; Bilodeau et collab., 2013a; Hansen et collab., 2013), pourrait influencer sur la reproduction des harfangs. En effet, l'efficacité de chasse du harfang est fort probablement influencée à la fois par la disponibilité de proies et par la présence ou non d'un couvert nival (Chamberlin, 1980). De plus, comme les œufs sont pondus à même le sol, la ponte pourrait être retardée ou devancée selon la disponibilité des sites découverts de neige au printemps.

Dans le contexte d'un suivi écologique à long terme dans le Haut-Arctique canadien s'étalant sur plus de 2 décennies, notre équipe s'est intéressée aux variations annuelles du nombre de couples de harfangs nicheurs, à leur date et à leur taille de ponte, ainsi qu'à leur régime alimentaire, leur succès

de nidification et la croissance des jeunes (mesurée seulement en 2008 et 2010). Nous avons ainsi pu examiner l'effet de la densité de lemmings et de la phénologie de la fonte de la neige sur ces variables.

Aire d'étude

Les travaux ont principalement eu lieu dans une aire de 100 km² située sur l'île Bylot au Nunavut (73° N, 80° O; figure 1). Le site est constitué de collines et de plateaux de faible altitude séparés par des ruisseaux et des rivières qui créent plusieurs vallées de taille variable (Gauthier et collab., 2004, 2011). La toundra dite mésique, dominée par des arbustes prostrés et des plantes herbacées, est présente sur les collines et les parties les plus sèches des vallées. La toundra humide se trouve majoritairement dans le fond des vallées et est dominée par des graminées et des mousses (Gauthier et collab., 2011).

Les proies principales du harfang des neiges en période estivale sont les lemmings bruns (*Lemmus trimucronatus*) et variables (*Dicrostonyx groenlandicus*; Parmelee, 1992; Gilg et collab., 2006; Therrien et collab., 2014a). Ces espèces subissent d'importantes variations d'abondance annuellement (Gauthier et collab., 2013). Pendant la période estivale, outre les harfangs, le site est occupé par plusieurs prédateurs aviaires comme la buse pattue (*Buteo lagopus*), le faucon pèlerin (*Falco peregrinus*), les labbes parasite (*Stercorarius parasiticus*) et à longue queue (*S. longicaudus*), le goéland bourgmestre (*Larus hyperboreus*) et le grand corbeau (*Corvus corax*). Des mammifères prédateurs comme le renard arctique (*Vulpes lagopus*) et l'hermine (*Mustela erminea*) sont également présents. Tous ces prédateurs consomment des lemmings et entrent donc en compétition

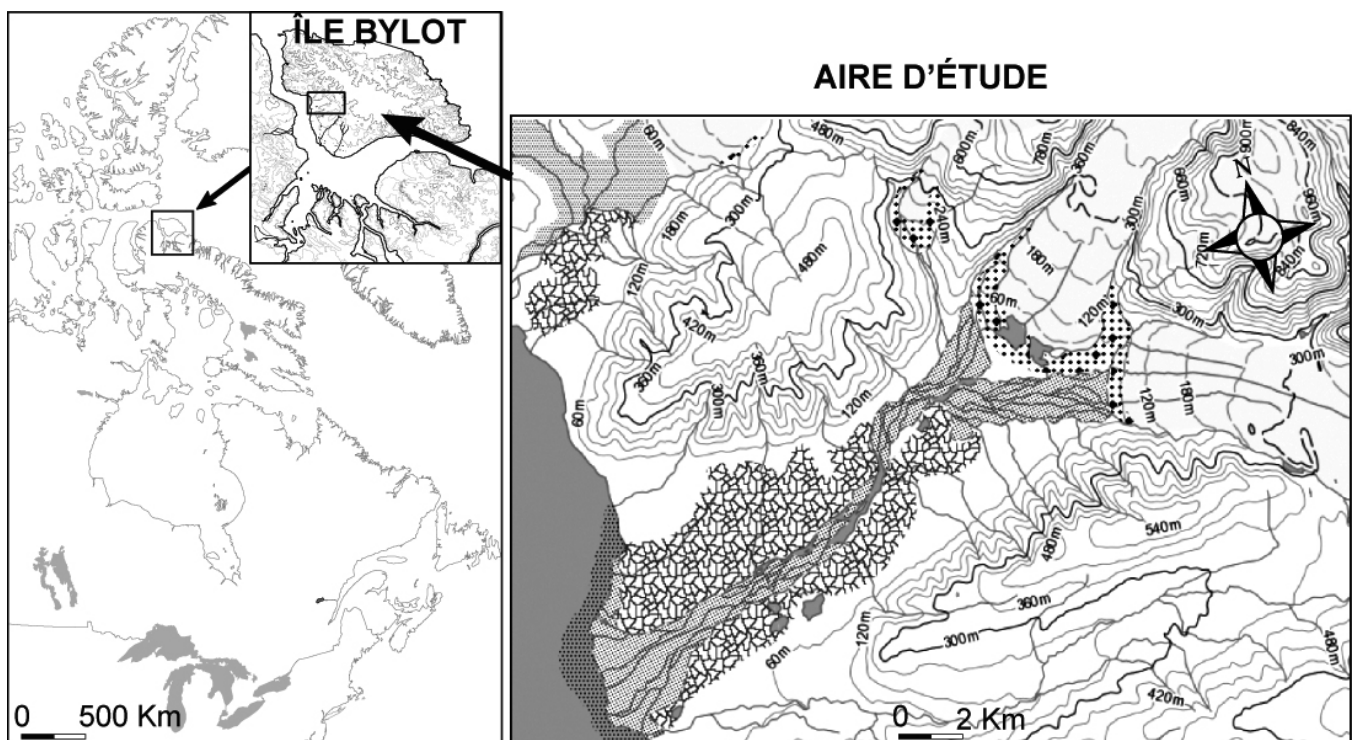


Figure 1. Aire d'étude du harfang des neiges sur l'île Bylot, Nunavut, Canada.

pour cette ressource limitée. Le site est également l'hôte d'une importante colonie d'oies des neiges (*Chen caerulescens*) dont les familles se dispersent sur toute l'île pendant l'été. D'autres proies potentielles présentes au site incluent des passereaux (*Calcarius* et *Plectrophenax* spp.), des limicoles (surtout *Calidris* spp. et *Pluvialis dominica*), le lagopède alpin (*Lagopus mutus*) et des canards (*Somateria* spp. et *Clangula hyemalis*).

Méthodes

Depuis 1993, nous avons recensé annuellement tous les nids de harfangs présents dans la zone d'étude de juin à août. La plupart des nids trouvés ont été revisités aux 2 semaines pour déterminer le succès de nidification, défini comme la proportion de nids où au moins un jeune atteint l'âge de quitter le nid, généralement autour de l'âge de 21 jours. Les jeunes se dispersent alors, en marchant, aux alentours du nid. Les nids ont été visités en moyenne 4 fois. On a évalué la date de ponte (date à laquelle le premier œuf est pondue) et la taille de ponte (nombre maximal d'œufs pondus) pour chaque nid. La date de ponte fut estimée par rétro calcul lorsque le nid contenait à la fois des jeunes éclos et des œufs, en considérant une période d'incubation de 32 jours, une fréquence de ponte d'un œuf par 2 jours et une incubation commençant au premier œuf (Parmelee, 1992). À l'été 2008 et 2010, lorsque le temps le permettait lors de la visite au nid, les jeunes harfangs ont également été pesés (± 5 g). L'âge des jeunes (en jours) au moment où ils ont été pesés a été déterminé à partir de la date d'éclosion estimée, en considérant que les œufs éclosent à 2 jours d'intervalle. De 2004 à 2010, à chaque visite au nid, toutes les boulettes de régurgitation trouvées (Duke et collab., 1975; Duke et collab., 1976) ont été récoltées pour l'analyse du régime alimentaire. Cette technique est utilisée depuis plusieurs décennies pour identifier les proies consommées à l'aide des parties non digérées (os, poils et plumes; Errington, 1930). Nous avons séché puis disséqué toutes les boulettes afin d'identifier les différentes proies et nous avons déterminé le nombre minimal de proies consommées de chaque espèce (Therrien, 2012).

La couverture de neige a été évaluée visuellement à partir d'un promontoire, à tous les 2 jours chaque année, du 5 juin jusqu'à la disparition complète de la neige. La couverture de neige mesurée au 5 juin a varié de 10 à 85 % au cours des 21 années de suivi. Nous avons utilisé la date où la couverture de neige était de 50 % dans l'aire d'étude comme indice annuel de phénologie de la fonte du couvert nival. Pour les années où la couverture de neige était en deçà de 50 % au 5 juin ($n = 4$), nous avons estimé la date de fonte selon une extrapolation de la couverture restante au 5 juin et mesurée dans les journées subséquentes. Depuis 1993, un indice annuel d'abondance de lemmings a été mesuré à la mi-juillet chaque année à partir de trappes mortelles (plus de 1 000 nuits-trappe chaque année). Depuis 2004, la densité mensuelle de lemmings de juin à août a également été évaluée par capture-marquage-recapture en utilisant des trappes disposées dans 2 grilles de 11 ha chacune. Chaque grille comprend 144 trappes réparties dans un plan cartésien de 12×12 stations, et le trappage se fait sur 3 jours

consécutifs chaque mois (voir Bilodeau et collab., 2013b pour plus de détails). Toutes les trappes ont été disposées également dans les habitats mésiques et humides, habitats représentatifs de l'aire d'étude. Malgré le fait que la résolution spatiale des grilles de trappage soit grossière, les estimations annuelles d'abondance de lemmings sont fort probablement représentatives de l'ensemble de l'aire d'étude (100 km^2) étant donné la relative synchronie spatiale et temporelle des densités de lemmings sur une telle échelle (Krebs et collab., 2002; Erlinge et collab., 1999). En utilisant la relation entre l'indice d'abondance annuel obtenu par trappage mortel et les valeurs de densités obtenues par les recaptures vivantes pendant la période de chevauchement de 2004-2011, nous avons dérivé une valeur de densité annuelle de lemmings pour la période complète (1993-2013; Gauthier et collab., 2013).

Nous avons utilisé des régressions linéaires simples avec l'aide du logiciel R (2013, version 3.0.2) pour examiner l'effet de la densité de lemmings ou la date de fonte de la neige sur le nombre de couples nicheurs, la date de ponte moyenne et la taille de ponte moyenne annuelle. Comme certains jeunes ont été pesés plus d'une fois, nous avons utilisé un modèle linéaire avec mesures répétées pour évaluer l'effet de l'âge et de l'année sur la masse des jeunes, mesurée de 0 à 35 jours. Toutes les valeurs moyennes sont présentées avec l'erreur-type (\pm E.T.).

Résultats

Au cours des 21 années de suivi (1993-2013), le nombre de couples nicheurs a varié de 0 à 13 nids par année, mais les harfangs n'ont niché que durant 7 de ces années, dont une année (2007) avec un seul nid (figure 2). Si on exclut 2007, la densité de couples de harfangs durant les années de nidification a varié de 0,07 à 0,13 couple/ km^2 . Les années de présence de harfangs nicheurs ont été séparées par 1 à 3 années durant lesquelles ils étaient totalement absents de l'aire d'étude. Comme à bien d'autres endroits de la toundra arctique, les populations de lemmings ont aussi démontré de grandes variations de densité (figure 2). Nous avons observé une étroite relation entre le nombre de couples nicheurs de harfangs et la densité estivale de lemmings ($t = 4,1$, d.l. = 19, $R^2 = 0,47$, $p < 0,01$; voir également Therrien et collab., 2014a), mais aucune relation avec la date de fonte de la neige ($t = 0,2$, d.l. = 19, $R^2 = 0,01$, $p = 0,9$). De façon générale, les harfangs n'ont niché que durant les années où la densité de lemmings était élevée ($> \sim 4$ lemmings/ha) et en forte augmentation par rapport à l'année précédente, et n'ont pas niché durant les années où la densité de lemmings était faible ou en déclin par rapport à l'année précédente (tableau 1, figure 2; voir également Therrien et collab., 2014a). Deux années semblent anormales par rapport à ce patron général. En 2007, un couple a initié un nid malgré une très faible densité de lemmings dans la zone d'étude. Ce couple a finalement abandonné le nid après la ponte du deuxième œuf seulement. En 2011, alors que la densité de lemmings était élevée, aucun couple n'a niché dans l'aire d'étude.

La date moyenne de ponte a varié d'une année à l'autre et a démontré une variation intra annuelle entre les

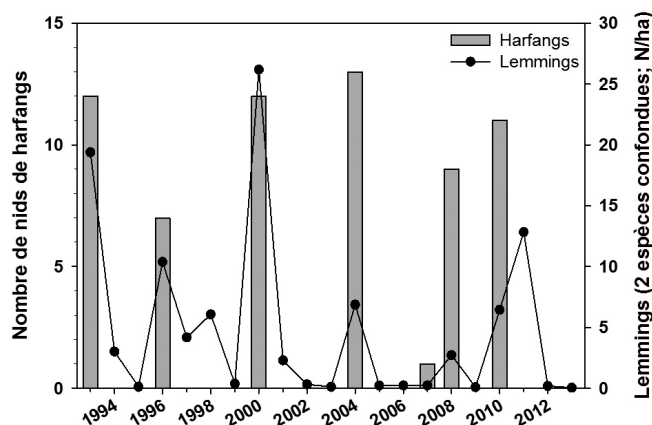


Figure 2. Nombre de couples de harfangs des neiges nicheurs recensés et densité de lemmings mesurée annuellement entre 1993 et 2013 sur l'île Bylot, Nunavut, Canada.

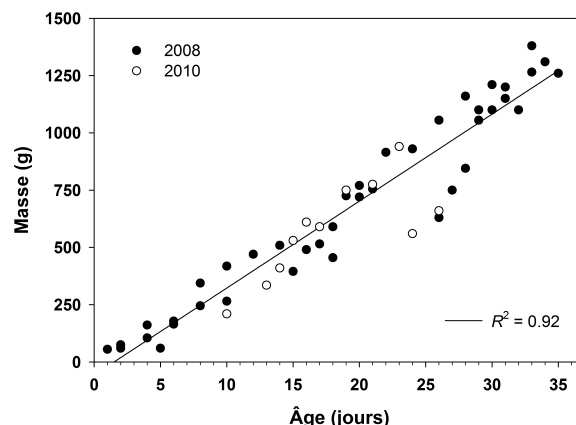


Figure 3. Variation de la masse corporelle en fonction de l'âge (jours) chez des jeunes harfangs des neiges sur l'île Bylot, Nunavut, Canada, en 2008 et 2010. Chaque point représente la masse d'un jeune à un âge donné.

couples (tableau 1). La date moyenne de ponte, toutes années confondues, a été le 20 mai \pm 1,3 jour. Les valeurs moyennes annuelles extrêmes ont été observées en 2007 (plus tardive) et en 2008 (plus hâtive). De 1993 à 2013, le nid le plus hâtif a été initié le 8 mai (2008) et le plus tardif le 6 juin (2010), couvrant ainsi une période de ponte de près d'un mois au total. Malgré cette variation observée dans la date moyenne de ponte, aucune relation significative n'a été observée ($p > 0,5$) avec la densité de lemmings ou la date de fonte de la neige. La taille de ponte a également varié de manière intra et interannuelle (écart de 2,1 œufs entre les extrêmes annuels; tableau 1). La moyenne, toutes années confondues, était de $7,1 \pm 0,2$. Les tailles de couvées individuelles ont varié de 3 (en 2008, $n = 1$) à 11 (en 1996, $n = 1$). Encore une fois, la densité de lemmings et la date de fonte de la neige ne semblaient pas influencer sur cette composante reproductive (toutes les valeurs de $p > 0,5$).

Tout au long des 21 années de suivi, lorsque la densité de lemmings était élevée, presque tous les nids suivis ont

connu un succès de nidification. En effet, seulement 2 nids ont subi un échec total sur un total de 53, soit 1 nid initié en 2007 alors que la densité de lemmings était faible (nid abandonné pendant la ponte) et 1 nid en 2000. Le succès de nidification annuel moyen est ainsi demeuré très élevé ($> 90\%$) lors des années de forte densité de lemmings (tableau 1).

Le taux de croissance somatique des jeunes était de 38,2 g/jour, et linéaire durant leurs 35 premiers jours de vie ($t = 25,8$, d.l. = 42, $p < 0,01$; figure 3). Nous n'avons pas observé de différence dans le taux de croissance des jeunes entre les 2 années pour lesquelles ces données étaient disponibles (2008 et 2010; effet annuel: $t = -1,6$, d.l. = 41, $p = 0,1$; interaction entre l'année et l'âge dans la régression linéaire: $t = -0,9$, d.l. = 41, $p = 0,4$).

Les proportions des différents proies trouvées dans les boulettes de régurgitation ont varié d'une année à l'autre (tableau 2). Par contre, la proportion de lemmings (2 espèces confondues) dans le régime alimentaire est demeurée à 96%, en

moyenne, ne démontrant que très peu de variation interannuelle. La diversité spécifique observée dans le régime alimentaire est demeurée relativement faible année après année. En effet, les seules observations de proies autres que des lemmings ou des oies n'ont été réalisées que lorsque le nombre de boulettes analysées était très grand ($n = 620$, à l'été 2008). Malgré le fait que les populations de lemmings bruns atteignent des densités plus élevées que le lemming variable lors des années de forte abondance, la proportion de lemmings variables mesurée dans le régime alimentaire du harfang des neiges est demeurée supérieure à sa

Tableau 1. Nombre de couple nicheurs, date de ponte moyenne, taille de ponte moyenne et succès de nidification mesurés annuellement chez le harfang des neiges à l'île Bylot, Nunavut, Canada. Aucune nidification n'a eu lieu au cours des années intercalées.

Année	Nombre de nids	Date de ponte			Taille de ponte	Succès de nidification
		Hâtive	Moyenne	Tardive		
1993	12	20 mai	20 mai ($\pm 0,5^a$)	21 mai	7,6 ($\pm 0,7$)	n.d. ^b
1996	7	10 mai	18 mai ($\pm 3,8$)	1 ^{er} juin	8,6 ($\pm 0,6$)	1,00
2000	12	23 mai	29 mai ($\pm 1,6$)	5 juin	6,6 ($\pm 0,5$)	0,92
2004	13	11 mai	18 mai ($\pm 1,8$)	29 mai	7,3 ($\pm 0,4$)	1,00
2007	1		4 juin		n.a. ^c	0,00
2008	9	8 mai	13 mai ($\pm 1,7$)	21 mai	6,6 ($\pm 0,6$)	1,00
2010	11	9 mai	22 mai ($\pm 4,3$)	6 juin	6,5 ($\pm 0,4$)	1,00

^aErreur-type

^bNon disponible

^cNid abandonné durant la ponte

Tableau 2. Régime alimentaire du harfang des neiges estimé à partir de l'analyse de boulettes de régurgitation pendant la période de reproduction sur l'île Bylot, Nunavut, Canada, au cours de 4 années de nidification.

Année	2004		2007		2008		2010	
Nombre de nids suivis	12		1		9		4	
Nombre de boulettes analysées	236		6		620		13	
Type de proies	N	%	N	%	N	%	N	%
Mammifères								
Lemming variable	311	54	9	75	550	43	9	23
Lemming brun	229	40	3	25	658	51	30	75
Hermine	0	0	0	0	3	tr ^a	0	0
Renard arctique (jeune)	0	0	0	0	1	tr	0	0
Oiseaux								
Bruant lapon	0	0	0	0	2	tr	0	0
Oie des neiges	31	5	0	0	70	5	1	3
Limicole sp.	0	0	0	0	2	tr	0	0

^atrace (<0,1 %)

proportion dans la population globale de lemmings, suggérant une sélection préférentielle pour cette espèce (voir Therrien et collab., 2014a pour plus de détails).

Discussion

Conjointement aux études antérieures (Watson, 1957; Taylor, 1974), le suivi à long terme de la reproduction du harfang des neiges dans le Haut-Arctique canadien nous a permis d'obtenir des informations essentielles à une meilleure compréhension de son cycle vital. D'abord, nos résultats confirment la forte relation qui existe entre le nombre de couples nicheurs et la densité locale de lemmings telle que décrite ailleurs (Parmelee, 1992). Le harfang constitue donc l'exemple typique d'une espèce démontrant des irrptions, tel que décrit par Newton (2006). Non seulement aucun nid n'a été initié lorsque les densités de lemmings étaient faibles (à une exception près) mais aucun harfang adulte n'a séjourné pendant plus que quelques jours sur l'aire d'étude pendant ces années. En effet, des individus adultes ont régulièrement été observés au site au tout début de la saison de reproduction (mai) presque chaque année, mais ces individus n'ont plus été revus par la suite lors des années de faible abondance de lemmings. Par contre, dès que la densité annuelle de lemmings atteignait un certain seuil (> ~4 lemmings/ha), plusieurs couples ont envahi l'aire d'étude lors de ces années et y ont produit de larges couvées (à l'exception de 2011, voir plus bas).

Le harfang des neiges semble donc posséder une capacité remarquable à trouver des sites arborant de fortes densités de lemmings malgré qu'elles soient localement éphémères (c'est-à-dire qu'elles durent rarement plus d'un an) et spatialement imprévisibles d'une année à l'autre (Erlinge et collab., 1999; Krebs et collab., 2002). En effet, mis à part un seul nid en 2007, aucun couple de harfang ne s'est établi pour

nicher lorsque la densité de lemmings ne permettait pas le succès de nidification. Les lemmings semblent donc essentiels à la reproduction du harfang, comme en fait foi leur forte proportion dans le régime alimentaire estival de ce prédateur. Par contre, même lorsque les lemmings sont très nombreux, les harfangs peuvent occasionnellement être absents d'un site donné. Un tel phénomène s'est en effet produit à notre site d'étude en 2011, alors qu'aucun harfang nicheur n'a été recensé bien que la densité de lemmings y fût très forte.

L'observation inusitée de 2011 suggère que la présence de harfangs nicheurs à un site pourrait ne pas dépendre uniquement de l'abondance locale de lemmings mais également de leur abondance à une échelle spatiale plus large. En effet, en 2011, une forte densité de lemmings semble avoir prévalu sur une très grande étendue de l'est de l'Arctique canadien, couvrant possiblement la totalité de l'île Baffin et la péninsule de Melville (Tomkovish et Soloviev, 2013). Cette apparente abondance généralisée de lemmings a potentiellement offert d'innombrables opportunités de sites de nidification pour ce prédateur qui ne démontre pas de fidélité au site de nidification (Therrien et collab., 2014b). Ces résultats suggèrent donc que les harfangs patrouilleraient la toundra au printemps et s'établiraient pour nicher dès qu'un site présentant une forte densité de lemmings est repéré (Therrien et collab., 2014b). En effet, les patrons de déplacement d'individus suivis par satellites indiquent que la majorité des harfangs qui nichent à l'île Bylot arrivent de régions situées plus au sud (c'est-à-dire qu'ils passent l'hiver à des latitudes plus basses que l'île Bylot; Therrien et collab., 2014b). Ainsi, il est possible que les sites de reproduction situés aux latitudes plus basses soient sélectionnés en premier lorsque la densité de lemmings le permet, pouvant ainsi parfois laisser vacants des sites de reproduction plus nordiques comme l'île Bylot, même s'ils offrent aussi une forte densité de proies.

À forte densité de lemmings, nous avons observé des harfangs nicher dans plusieurs types d'habitats, incluant des milieux offrant des monticules typiques mais aussi des moraines de glacier, des plaines sans monticule ou simplement des rochers en bord de lac. Les nids pouvaient aussi être situés à proximité de congénères (~500 m; données non publiées) ou à proximité d'autres prédateurs (<100 m d'un nid de buse pattue; données non publiées). De plus, la date et la taille de ponte ainsi que le nombre de couples nicheurs n'étaient pas influencés par la phénologie de la fonte de la neige, ce qui suggère que la décision de s'établir semble donc être modulée principalement par la densité locale de lemmings au site choisi. La date et la taille de ponte pourraient potentiellement être influencées par la condition physique de la femelle à l'arrivée au site de nidification, mais nous ne disposons malheureusement pas d'information à ce propos. Le harfang semble ainsi se distinguer de la plupart des oiseaux nichant dans le Haut-Arctique alors que pour bien des espèces, la couverture de neige affecte la phénologie de la reproduction (p. ex. Green et collab., 1977; Meltofte et collab., 2007; Dickey et collab., 2008).

Comme la date et la taille de ponte ne semblent pas être influencées par la densité de lemmings ni par la phénologie de la fonte de la neige, les activités de reproduction semblent avoir de fortes chances de succès dès qu'un site propice est trouvé. En effet, nos observations suggèrent qu'une fois le nid initié, la production d'au moins un jeune est pratiquement assurée.

Par contre, le succès de reproduction, en termes de nombre de jeunes qui atteindront l'envol, peut possiblement être modulé en fonction des conditions d'alimentation prévalant plus tard en saison. En effet, la taille des couvées est fort probablement différente du nombre de jeunes qui atteindront l'envol, tel qu'observé ailleurs (Parmelee, 1992), et le nombre final de jeunes produits pourrait s'ajuster après l'éclosion. Malheureusement, cette information demeure très difficile à évaluer car les jeunes se dispersent, en marchant, sur de grandes distances avant d'acquiescer la capacité de voler. On suppose donc que le succès reproducteur pourrait également être influencé par les densités de lemmings et qu'un ajustement dans le nombre de jeunes pourrait probablement être fait par les parents ou entre les jeunes eux-mêmes pendant la période d'élevage, comme c'est le cas chez d'autres espèces d'oiseaux de proie (Ingram, 1959; Bechard, 1983), ce qui maximiserait le taux de croissance des jeunes survivants. En effet, nous n'avons pas détecté de différence dans le taux de croissance des jeunes pendant la période au nid au cours des 2 années où les mesures ont été récoltées. De plus, le taux de croissance des jeunes mesuré dans le présent article est similaire à ce celui mesuré en Russie (Potapov et Sale, 2012), suggérant qu'un ajustement se fait possiblement au niveau du nombre de jeunes qui atteindront l'envol.

Conclusion

Notre suivi du cycle reproducteur des harfangs sur plus de 20 ans a procuré des informations de base sur la biologie de l'espèce. En effet, nous avons confirmé que le nombre de nids et le succès de nidification varient annuellement, en lien avec la densité de lemmings et que ces derniers constituent plus de 95 % du régime alimentaire estival. Nous avons également observé que la date et la taille de ponte moyenne ont démontré des variations annuelles, mais qu'elles ne semblaient pas affectées par la phénologie de la fonte de la neige ou la densité de lemmings. La densité de lemmings au site de nidification semble être le principal élément qui détermine la décision de nicher à l'île Bylot, malgré le fait qu'une forte densité de petits rongeurs ne garantisse pas toujours la présence de harfangs nicheurs.

Par contre, plusieurs aspects du cycle vital de cette espèce demeurent mal connus. Tout d'abord, l'évaluation exacte du succès de reproduction (nombre de jeunes atteignant le stade où ils sont capables de vol soutenu) est extrêmement difficile en milieu naturel, compte tenu de la mobilité des jeunes après avoir quitté le nid. De plus, à la suite de suivis télémétriques récents, on a maintenant une estimation du taux de survie annuel chez les adultes (Therrien et collab., 2012), mais la survie juvénile, surtout pendant la première année, demeure inconnue. Enfin, l'estimation de la taille de la population mondiale ou simplement d'une région donnée comporte tout un défi, étant donné l'étendue des mouvements annuels et de l'absence de fidélité au site de reproduction (Therrien et collab., 2014b). Ces aspects demeurent néanmoins primordiaux dans un contexte de conservation. Un effort conjoint entre chercheurs et communautés nordiques locales pourrait permettre de répondre à ces interrogations.

Remerciements

Nous remercions les nombreuses personnes qui nous ont aidés sur le terrain au cours des 21 dernières années. Nous remercions également tous les partenaires financiers qui ont permis ce suivi à long terme, dont le programme canadien de l'Année polaire internationale du département des Affaires indiennes et du Nord, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), le Conseil de gestion des ressources fauniques du Nunavut (NWMB), le Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies (FQRNT), le réseau de Centre d'excellence ArcticNet, le Programme du plateau continental polaire, la Fondation Garfield-Weston, le Centre d'études nordiques, l'Université Laval, l'Université du Québec à Rimouski et le Hawk Mountain Sanctuary. Cet article porte le numéro 241 des contributions à la Science de la conservation du Hawk Mountain Sanctuary. ◀

Références

- BECHARD, M.J., 1983. Food supply and the occurrence of brood reduction in Swainson's hawk. *Wilson Bulletin*, 95: 233-242.
- BILODEAU, F., G. GAUTHIER et D. BERTEAUX, 2013a. The effect of snow cover on lemming population cycles in the Canadian High Arctic. *Oecologia*, 172: 1007-1016.
- BILODEAU, F., D.G. REID, G. GAUTHIER, C.J. KREBS, D. BERTEAUX et A.J. KENNEY, 2013b. Demographic response of tundra small mammals to a snow fencing experiment. *Oikos*, 122: 1167-1176.
- CHAMBERLIN, M.L., 1980. Winter hunting behavior of a snowy owl in Michigan. *The Wilson Bulletin*, 92: 116-120.
- DETIENNE, J.C., D. HOLT, M.T. SEIDENSTICKER et T. PITZ, 2008. Diet of snowy owls wintering in west-central Montana, with comparisons to other North American studies. *Journal of Raptor Research*, 42: 172-179.
- DICKEY, M.-H., G. GAUTHIER et M.-C. CADIEUX, 2008. Climatic effects on the breeding phenology and reproductive success of an Arctic-nesting goose species. *Global Change Biology*, 14: 1973-1985.
- DUKE, G.E., A.A. JEGERS, G. LOFF et O.A. EVANSON, 1975. Gastric digestion in some raptors. *Comparative Biochemistry and Physiology a-Physiology*, 50: 649-656.
- DUKE, G.E., O.A. EVANSON et A. JEGERS, 1976. Meal to pellet intervals in 14 species of captive raptors. *Comparative Biochemistry and Physiology a-Physiology*, 53: 1-6.
- ERLINGE, S., K. DANELL, P. FRODIN, D. HASSELQUIST, P. NILSSON, E.B. OLOFSSON et M. SVENSSON, 1999. Asynchronous population dynamics of Siberian lemmings across the Palaearctic tundra. *Oecologia*, 119: 493-500.
- ERRINGTON, P.L., 1930. The pellets analysis method of raptor food habits study. *Condor*, 32: 292-296.
- FULLER, M., D. HOLT et L. SCHUECK, 2003. Snowy owl movements: Variation on the migration theme. Dans: BERTHOLD, P., E. GWINNER et E. SONNENSCHNEIN (édit.), *Avian migration*. Springer-Verlag, Berlin, p. 359-366.
- GAUTHIER, G., J. BÉTY, J.-F. GIROUX et L. ROCHEFORT, 2004. Trophic interactions in a high Arctic snow goose colony. *Integrative and Comparative Biology*, 44: 119-129.
- GAUTHIER, G., D. BERTEAUX, J. BÉTY, A. TARROUX, J.-F. THERRIEN, L. MCKINNON, P. LEGAGNEUX et M.-C. CADIEUX, 2011. The tundra food web of Bylot Island in a changing climate and the role of exchanges between ecosystems. *Écoscience*, 18: 223-235.
- GAUTHIER, G., J. BÉTY, M.-C. CADIEUX, P. LEGAGNEUX, M. DOIRON, C. CHEVALLIER, S. LAI, A. TARROUX et D. BERTEAUX, 2013. Long-term monitoring at multiple trophic levels suggests heterogeneity in responses to climate change in the Canadian Arctic tundra. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 368: 1624-20120482.
- GILG, O., B. SITTLER, B. SABARD, A. HURSTEL, R. SANE, P. DELATRE et I. HANSKI, 2006. Functional and numerical responses of four lemming predators in high Arctic Greenland. *Oikos*, 113: 193-216.
- GREEN, G.H., J.J.D. GREENWOOD et C.S. LLOYD, 1977. The influence of snow conditions on the date of breeding of wading birds in north-east Greenland. *Journal of Zoology*, 183: 311-328.
- HANSEN, B.B., V. GRØTAN, R. AANES, B.E. SAETHER, A. STIEN, E. FUGLEI, R.A. IMS, N.G. YOCOZOZ et Å.Ø. PEDERSEN, 2013. Climate events synchronize the dynamics of a resident vertebrate community in the high Arctic. *Science*, 339: 313-315.
- INGRAM, C., 1959. The importance of juvenile cannibalism in the breeding biology of certain birds of prey. *The Auk*, 76: 218-226.
- KAUSRUD, K.L., A. MYSTERUD, H. STEEN, J.O. VIK, E. ØSTBYE, B. CAZELLES, E. FRAMSTAD, A.M. EIKESET, I. MYSTERUD, T. SOLHØY et N.C. STENSETH, 2008. Linking climate change to lemming cycles. *Nature*, 456: 93-97.
- KERLINGER, P., M.R. LEIN et B.J. SEVICK, 1985. Distribution and population fluctuations of wintering snowy owls (*Nyctea scandiaca*) in North America. *Revue Canadienne de Zoologie*, 63: 1829-1834.
- KREBS, C.J., A.J. KENNEY, S. GILBERT, K. DANELL, A. ANGERBJORN, S. ERLINGE, R.G. BROMLEY, C. SHANK et S. CARRIERE, 2002. Synchrony in lemming and vole populations in the Canadian Arctic. *Revue Canadienne de Zoologie*, 80: 1323-1333.
- MELTOFFE, H., T.T. HØYE, N.M. SCHMIDT et M.C. FORCHHAMMER, 2007. Differences in food abundance cause inter-annual variation in the breeding phenology of High Arctic waders. *Polar Biology*, 30: 601-606.
- MENYUSHINA, I.E., 1997. Snowy Owl (*Nyctea scandiaca*) reproduction in relation to lemming population cycles on Wrangel Island. Dans: Duncan, J.R., D.M. Johnson et T.H. Nicholls (édit.). *Biology and conservation of owls in the Northern Hemisphere: 2nd International Symposium*. Winnipeg, p. 572-582.
- NEWTON, I., 2006. Advances in the study of irruptive migration. *Ardea*, 94: 433-460.
- PARMELEE, D.F., 1992. Snowy owl (*Bubo scandiacus*). Dans: POOLE, A., P. STETTENHEIM et F. GILL (édit.). *The birds of North America* No. 10. The American Ornithologists' Union, Washington, 20 p.
- PITELKA, F.A., P.Q. TOMICH et G.W. TREICHEL, 1955. Ecological relations of jaegers and owls as lemming predators near Barrow, Alaska. *Ecological Monographs*, 25: 85-117.
- Potapov, E. et R. Sale, 2012. *The snowy owl*. Poyser Monographs, London, 304 p.
- R Core Team, 2013. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Taylor, P.S., 1974. Summer population and food ecology of jaegers and snowy owls on Bathurst Island, N.W.T. emphasizing the long-tailed jaeger. *Mémoire de maîtrise*, University of Alberta, Edmonton, 168 p.
- THERRIEN, J.-F., 2012. Réponses des prédateurs aviaires aux fluctuations d'abondance de proies dans la toundra. *Thèse de doctorat*, Université Laval, Québec, 127 p.
- THERRIEN, J.-F., G. GAUTHIER et J. BÉTY, 2011. An avian terrestrial predator of the Arctic relies on the marine ecosystem during winter. *Journal of Avian Biology*, 42: 363-369.
- THERRIEN, J.-F., G. GAUTHIER et J. BÉTY, 2012. Survival and reproduction of adult snowy owls tracked by satellite. *Journal of Wildlife Management*, 76: 1562-1567.
- THERRIEN, J.-F., G. GAUTHIER, E. KORPIMÄKI et J. BÉTY, 2014a. Predation pressure by avian predators suggests summer limitation of small mammal populations in the Canadian Arctic. *Ecology*, 95: 56-67.
- THERRIEN, J.-F., G. GAUTHIER, D. PINAUD et J. BÉTY, 2014b. Irruptive movements and breeding dispersal of snowy owls: A specialized predator exploiting a pulse resource. *Journal of Avian Biology*, 45: 536-544.
- TOMKOVICH, P.S. et M.Y. SOLOVIEV, 2013. Breeding bird conditions in the circumpolar Arctic during 2011. *Arctic Bird Breeding Conditions Survey report*, Moscou, 13 p.
- WATSON, A., 1957. The behaviour, breeding, and food-ecology of the snowy owl *Nyctea scandiaca*. *Ibis*, 99: 419-462.

le naturaliste canadien

La plus ancienne revue francophone en sciences naturelles publiée en Amérique

Le *Naturaliste canadien* offre – sur papier et en ligne – un vaste auditoire à tous les professionnels de l’environnement et aux naturalistes qui désirent partager le fruit de leur travail avec ceux qui se préoccupent des sciences naturelles au Québec.

Auteur potentiel ? Soumettez un manuscrit :

- Évaluation par les pairs
- Aucun frais de publication
- Tirés à part électroniques gratuits
- Diffusion en deux formats : imprimé et en ligne (plateforme Érudit)

(www.provancher.qc.ca/fr/publication/naturaliste/soumettre-un-article)

Publié depuis 1869, le *Naturaliste canadien* paraît grâce au soutien de la Société Provancher d’histoire naturelle du Canada, un organisme voué à la conservation des milieux naturels, à l’éducation environnementale et à la diffusion des connaissances en sciences naturelles.

Lecteur potentiel ? Devenez membre :

- Faites d’une pierre deux coups : Adhérez à la Société Provancher et recevez gratuitement tous les numéros du *Naturaliste*!
- Membre individuel : 30 \$ par année ; familial : 35 \$; institutionnel : 70 \$

(<http://www.provancher.qc.ca/fr/societe/devenir-membre>)



le naturaliste
canadien