

La rareté des proies augmente-t-elle le risque d'attaques de loups sur des chiens domestiques ?

WILDLIFE BIOLOGY

Wildlife Biology

2022: e01038

doi: 10.1002/wlb3.01038

Research

Does prey scarcity increase the risk of wolf attacks on domestic dogs?

Ilpo Kojola, Ville Hallikainen, Marko Kübarsepp, Peep Männil, Mari Tikkenen and Samuli Heikkinen

I. Kojola (<https://orcid.org/0000-0003-2866-5090>) ✉ (ilpo.kojola@luke.fi) and V. Hallikainen, Natural Resources Inst. Finland (Luke), Rovaniemi, Finland. – M. Kübarsepp and P. Männil, Estonian Environment Agency, Tartu, Estonia. – M. Tikkenen, Finnish Wildlife Agency, Suomussalmi, Finland. – S. Heikkinen, Natural Resources Inst. Finland (Luke), Oulu, Finland.

Résumé

La prédation du loup gris *Canis lupus* sur les chiens domestiques *Canis familiaris* est un problème de conflit loup-homme considérable dans plusieurs régions d'Europe et d'Amérique du Nord, mais il n'a pas été bien documenté dans la littérature scientifique. Les déprédations du bétail par les loups peuvent être liées à l'abondance des proies sauvages. Indépendamment des motivations présumées des loups pour attaquer les chiens (probablement en raison de la compétition et de la prédation par interférence), l'abondance des populations de proies sauvages peut également influencer le risque d'attaques de loups sur les chiens. Nous avons examiné si le nombre annuel d'attaques mortelles de chiens par des loups était lié à l'abondance des proies primaires, notamment le sanglier *Sus scrofa* et le chevreuil *Capreolus capreolus* en Estonie, ainsi qu'à l'abondance de l'élan *Alces alces* en Finlande. Les modèles statistiques ont donné lieu à des relations négatives significatives, ce qui prouve que le risque d'attaques dans les cours de maison (Estonie) et les situations de chasse (Finlande) était le plus élevé lorsque la densité des proies sauvages était faible. Les ongulés sauvages causent des dommages à l'agriculture et à la sylviculture, mais ils semblent atténuer les conflits entre les loups et les humains ; il est donc nécessaire de développer une approche de gestion holistique et multi-espèces dans laquelle l'importance des ongulés sauvages pour la conservation des grands carnivores est prise en compte.

INTRODUCTION

Les grands carnivores sont souvent des espèces clés pour la fonction et les services des écosystèmes (Chapron et al. 2014, Ripple et al. 2014). Cependant, le rétablissement de l'un des grands prédateurs les plus controversés, le loup gris *Canis lupus*, et le rebondissement en cours des paysages dominés par l'homme en Europe et en Amérique du Nord ont suscité des réactions négatives (Bisi et al. 2007, 2010, Majic et Bath 2010, Suutarinen et Kojola 2017, Olson et al. 2019, Liberg et al. 2020) bien qu'il existe également des réactions positives (Arbieu et al. 2019). Le principal conflit entre le loup et l'homme est représenté par la déprédation du bétail qui a augmenté lorsque les populations de loups ont commencé à s'étendre (Treves et al. 2002, Marucco et McIntire 2010, Marucco et Boitani 2012).

L'environnement biologique peut affecter le risque de dommages causés par les carnivores en raison de la relation potentielle entre l'abondance de la population de proies sauvages. Si des relations existent, elles peuvent être positives ou négatives. **L'hypothèse** du suivi des proies suggère que la présence de proies sauvages peut augmenter les taux de déprédation en attirant les prédateurs et **l'hypothèse de la rareté des proies**, alternativement, suppose que l'absence de proies indigènes peut faciliter la prédation sur le bétail (Nelson et al. 2016).

Une proie sauvage localement abondante peut augmenter le risque de dommages car une forte abondance de proies peut augmenter les rencontres des prédateurs avec les animaux domestiques lorsque les proies sauvages et les animaux domestiques se chevauchent spatialement (Treves et al. 2004, Bradley et Pletscher 2005, Nelson et al. 2016). Une faible densité d'ongulés sauvages peut également être associée à des taux élevés de déprédation du bétail (Meriggi et Lovari 1996, Meriggi et al. 1996, Sidorovich et al. 2003, Gervasi et al. 2014, Khorozyan et al. 2015), ce qui peut confirmer l'hypothèse de la rareté des proies.

La prédation interspécifique est le résultat ultime de la compétition interférentielle et est largement répandu dans la guildes des carnivores (Palomares et Caro 1999). La prédation du loup sur les chiens domestiques *Canis familiaris* est un problème de conflit loup-homme considérable dans plusieurs régions d'Europe et d'Amérique du Nord (Fritts et Paul 1989, Kojola et Kuittinen 2002, Kojola et al. 2004, Backeryd 2007, Olson et al. 2015, Peltola et Heikkilä 2015, Tikkinen et Kojola 2020, Bassi et al. 2021). Cependant, elle n'est pas bien documentée dans la littérature scientifique. Les attaques de loups sur les chiens domestiques diffèrent conceptuellement des attaques de loups sur les moutons et autres animaux d'élevage, car ils constituent rarement une part importante du régime alimentaire des loups (Lescureux et Linnell 2014). Les loups peuvent également se reproduire occasionnellement avec des chiens (Hindrikson et al. 2012, Salvatori et al. 2020). Le risque d'attaques sur les chiens alimente un grand mécontentement et constitue probablement l'un des principaux obstacles à la facilitation du rétablissement des loups dans les régions où les incidences sont fréquentes (Bisi et al. 2007, 2010, Olson et al. 2015, Peltola et Heikkilä 2015).

Le risque d'attaques dans les cours de maison peut être réduit en construisant une clôture haute pour le chien ou en faisant rentrer le chien à l'intérieur le soir, car les loups ne visitent généralement les cours de maison que la nuit (Kojola et al. 2016). Cependant, il n'existe que peu de méthodes efficaces (voire aucune) pour protéger les chiens non tenus en laisse pendant la chasse. Les harnais avec des dispositifs de dissuasion électriques semblent être la méthode la plus prometteuse (Fedderwitz 2010).

Nous examinons ici si le risque d'attaques de chiens par des loups est lié à l'abondance des proies sauvages. Les motivations des loups à attaquer des chiens peuvent être dues à la prédation pour la nourriture et à la défense territoriale (Karlsson et Jaxgard 2004). Indépendamment des motivations des loups, on peut s'attendre à une relation entre l'abondance des proies et le nombre d'incidents. Si c'est le cas, le succès de la gestion de la faune sauvage dans le maintien de populations de proies abondantes pourrait atténuer les conflits loup-homme qui sont dus à des attaques de loups sur des chiens. Deux études précédentes ont indiqué que le risque d'attaques de loups sur des chiens domestiques peut être lié à l'abondance des proies sauvages (Kojola et Kuittinen 2002, Werhahn et al. 2019, Bassi et al. 2021), mais seuls Kojola et Kuittinen (2002) ont trouvé des preuves statistiquement significatives que les attaques sur les chiens étaient plus fréquentes dans les régions

où la densité des proies primaires était faible. Cependant, cette analyse n'était basée que sur quatre années de données pour des zones carrées (2500 km²), et l'analyse ne tenait pas compte de la densité de loups dans les zones étudiées. Dans ce document, nous avons examiné les variations spatiales et temporelles du nombre de chiens tués par des loups en tenant compte de l'abondance des loups et des proies dans deux régions (Estonie et Finlande orientale).

Zone d'étude

Nous avons mené notre examen dans deux zones d'étude (Estonie et Finlande orientale) (Fig. 1). L'Estonie appartient à la zone de végétation boréale du sud et l'Est de la Finlande à la zone de végétation boréale moyenne (Ahti et al. 1968). Pour la Finlande, nous avons limité notre zone d'étude à six zones de gestion de l'élan qui correspondaient à la région dans laquelle une population de loups reproducteurs était présente tout au long de notre période d'étude (2000-2018 ; Kojola et al. 2014, 2018). En Finlande, la prédominance des conifères est plus élevée qu'en Estonie, où les arbres à feuilles caduques sont plus courants. Dans notre zone d'étude Finlandaise, > 80 % des terres sont couvertes de forêts (Hansen et al. 2013), qui sont fortement dominées par les conifères (Majasalmi et Rautiainen 2021). En Estonie, la proportion de terres agricoles est plus élevée, et la couverture forestière reste à 51,4 % (Valgepea et al. 2020).

En Estonie, les principales proies des loups sont le sanglier *Sus scrofa* et le chevreuil *Capreolus capreolus* (Valdman et al. 2005). Dans l'Est de la Finlande, les élans *Alces alces* constituent 90 % de la biomasse alimentaire consommée par les loups (Gade-Jørgensen et Stagegaard 2000).

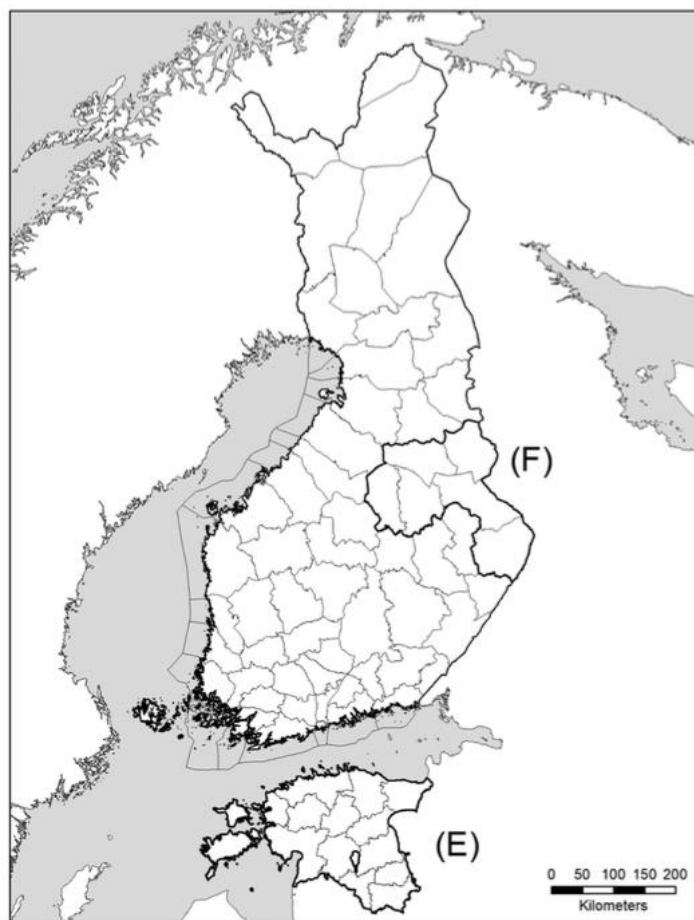


Figure 1. Zones d'étude : Estonie (E) et Finlande orientale (F). La carte de l'Estonie montre les provinces et la carte de la Finlande les zones de gestion des élans

METHODES

Données

Les meutes de loups ont été systématiquement enregistrées en Estonie et en Finlande (Kojola et al. 2014, 2018, Plumer et al. 2018), les enregistrements étant principalement basés sur des données fournies volontairement. Dans l'Est de la Finlande, des techniciens de terrain de l'Institut des ressources naturelles de Finlande (Luke) ont effectué des suivis dans la neige et dans une partie remarquable des meutes (30-60 %), au moins un loup était équipé d'au moins un émetteur du système de positionnement géographique (GPS) qui était fixé sur le collier. Le protocole de capture et les autorisations sont décrits dans d'autres études (Kojola et al. 2006, 2018, Ylitalo et al. 2020). Les techniciens de terrain de Luke ont également effectué un suivi systématique de la neige afin d'évaluer les limites territoriales approximatives des meutes sans émetteur.

Pour l'Estonie, le proxy pour l'abondance annuelle du sanglier et du chevreuil était le nombre d'animaux qui ont été récoltés. Nous avons supposé que la récolte par la chasse était une mesure valide de **l'abondance relative** car la chasse de ces espèces n'était pas limitée par des quotas. Pour notre zone d'étude dans l'Est de la Finlande, nous avons utilisé les estimations d'après-saison fournies par chaque club de chasse à l'élan pour sa propre zone de chasse et nous avons calculé la population d'élans d'avant-saison en ajoutant la récolte aux estimations d'après-saison. Les chasseurs ont enregistré le nombre d'observations d'élans par jour de chasse, ce qui était fortement corrélé avec les estimations de densité d'élans (I. Kojola et al. unpubl.).

En Estonie, le nombre de chiens tués par des loups est régulièrement étudié et enregistré par les autorités publiques dans le cadre de la surveillance des loups depuis 2002. Un système d'indemnisation de l'État a été mis en place en 2008. En Finlande, tous les chiens tués par des loups ont été indemnisés par l'État depuis 1996 et le nombre de chiens qui ont été tués par des loups correspond au nombre de chiens qui ont été indemnisés. Nos données comprenaient 168 cas en Estonie et 276 cas en Finlande. Les dossiers étaient presque complets car il existait des attaques de loups dans les cours des maisons et seuls quelques cas de chasse n'ont pas été résolus car les chiens de chasse étaient régulièrement munis de colliers émetteurs, notamment de composants GPS et d'un système global pour les appareils mobiles (GSM) pour les connexions de téléphone mobile en ligne. **En Estonie, les chiens étaient principalement tués (> 90 %) dans les cours des maisons, tandis qu'en Finlande, les loups tuaient principalement des chiens (> 60 %) dans des situations de chasse.** Comme le nombre cumulé de jours où les chiens ont été utilisés pour la chasse à l'élan était disponible pour chaque zone de gestion de l'élan en Finlande, nous avons tenu compte de cette variable dans les analyses statistiques des données Finlandaises.

Analyse statistique

Les distributions du nombre d'attaques de loups étaient asymétriques et surdispersées dans les deux pays, en particulier dans les données Estoniennes. Ainsi, des distributions binomiales négatives ont pu être supposées dans la modélisation des données. Les modèles linéaires généralisés mixtes ont été calculés séparément pour l'Estonie et la Finlande. **Le nombre d'attaques de loups était la variable de réponse dans les modèles. Les variables explicatives étaient le nombre d'élans, le nombre de meutes de loups, le nombre de jours de chasse au chien et la zone où les attaques ont été comptées** (zones de gestion des élans ou parties de ces zones) dans le modèle Finlandais. Les variables explicatives du modèle Estonien comprenaient le nombre de sangliers ou de chevreuils chassés (les deux séparément), le nombre de meutes de loups et la zone où les attaques ont été

comptabilisées (zone des régions). Les régions ont été considérées comme des prédicteurs fixes au lieu d'une variable décalée, et les estimations ont été calculées à la moyenne des régions.

Les régions des deux pays où les attaques ont été suivies pendant les années 2000-2018 en Finlande et 2003-2018 en Estonie ont été traitées comme des facteurs aléatoires dans les modèles. En Finlande, il y avait six zones de gestion de l'élan (MMZ) dans l'Est du pays et 15 provinces en Estonie (Fig. 1). Les valeurs annuelles ont été supposées être corrélées dans le temps (AR1). Les graphiques AFC pour la variable de réponse (le nombre d'attaques de loups) ont suggéré l'existence d'une auto-corrélation entre l'année en cours et les années précédentes. Ainsi, la structure de corrélation AR1 a été utilisée pour les résidus dans les modèles.

Différents paramétrages ont été testés pour prendre en compte l'effet de la surdispersion dans les modèles binomiaux négatifs. Le modèle binomial négatif était défini par deux paramètres estimés (moyenne $[\mu]$ et θ , θ étant également connu comme la taille) (Crawley 2007). L'ajustement aux données de comptage observées (les probabilités des différents comptages) pouvait être estimé par AIC et en simulant une courbe sur les probabilités de comptage observées en utilisant les deux paramètres dans les simulations.

Dans la distribution binomiale négative, la variance pourrait être exprimée par $\mu + \mu^2/\theta$, où θ (θ) désigne le paramètre d'agglomération. Cette paramétrisation est appelée NB2 (Fournier et al. 2012, Skaug et al. 2014). Une autre paramétrisation est appelée paramétrisation directe, qui estime directement la dispersion. La paramétrisation directe est également appelée NB1 (Fournier et al. 2012, Skaug et al. 2014).

Les paramétrages de la dispersion peuvent affecter les résultats (Crotteau et al. 2014). Ces deux paramétrisations ont été testées pour les données Finlandaises et Estoniennes en utilisant le package R *glmmADMB* et sa fonction *glmmadmb* (Fournier et al. 2012, Skaug et al. 2014). La paramétrisation NB1 a produit un AIC plus faible dans le modèle Finlandais (451,1 contre 460,0) et a été utilisée dans le modèle *glmmPQL* final ; cependant, la paramétrisation NB2 a donné un meilleur ajustement dans le modèle Estonien (AIC : 398,9 contre 407,4) et a été utilisée dans ce modèle comme θ .

Le modèle mixte binomial négatif final avec structure AR1 a été calculé à l'aide du package R MASS et de sa fonction *glmmPQL* (Venables et Ripley 2002). Les prédictions des modèles ont été calculées à l'aide du package R *effects* (Fox 2003, Fox et Weisberg 2019). Les prédictions ont été retransformées à l'échelle d'origine en utilisant un exposant des prédictions et un estimateur de ratio dans la correction des estimations (Snowdon 2011). Les coefficients de détermination trigamma ont été calculés à l'aide du package R MuMIn (Barton 2020).

RESULTATS

En Estonie, l'abondance des **proies primaires** des loups a significativement varié au cours de la période d'étude (Fig. 2). Les tableaux de chasse pour le chevreuil et le sanglier ont augmenté les premières années, mais le prélèvement de chevreuil a commencé à diminuer plus tôt que celui du sanglier, qui a atteint un pic en 2015 avant un déclin rapide (Fig. 2). Les prélèvements de chevreuil a augmenté à partir de 2012 (Fig. 2). En revanche, l'abondance des élan dans l'Est de la Finlande a montré une tendance à la baisse progressive au cours des années d'étude (Fig. 2). **Le nombre**

moyen de chiens tués annuellement par les loups par unité de surface était un paramètre qui variait le plus entre les zones d'étude (Fig. 3). Le nombre moyen de meutes a augmenté en Estonie de 2003 à 2007 mais n'a pas montré de tendance prononcée entre 2008 et 2018 (Fig. 3). En Finlande, le nombre moyen de meutes a connu deux pics (en 2005 et 2015) (Fig. 3).

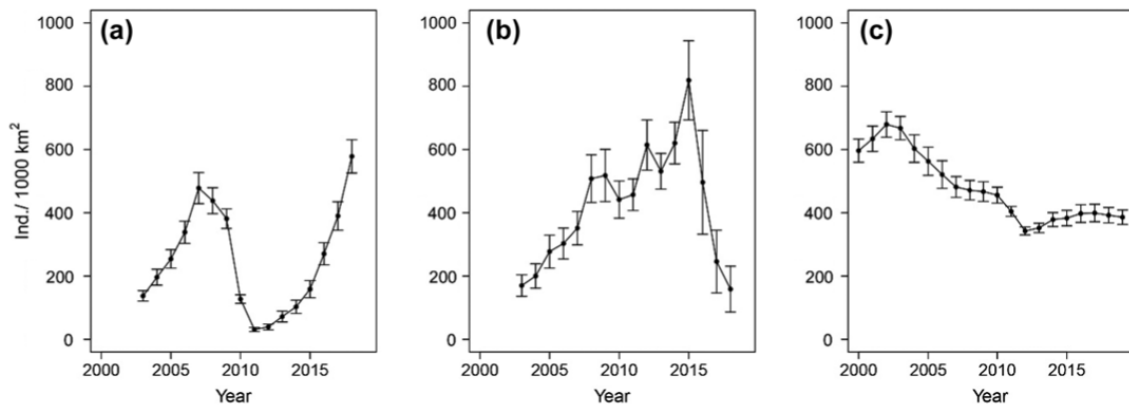


Figure 2. Récoltes moyennes (\pm SE) de chevreuil (a) et de sanglier (b) dans les provinces Estoniennes et densité d'élan (c) dans les zones de gestion de l'élan dans l'Est de la Finlande, 2003-2018

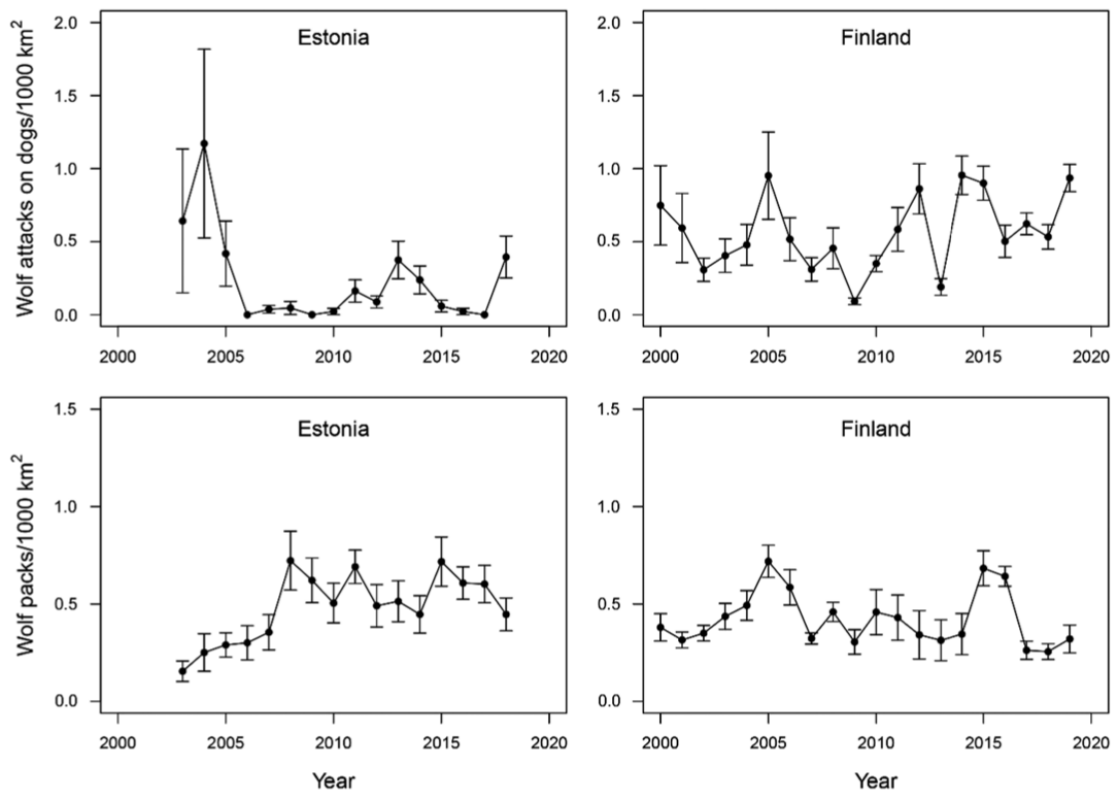


Figure 3. Nombre moyen (\pm SE) de chiens tués par des loups et nombre moyen de meutes de loups dans les provinces Estoniennes et les zones de gestion de l'original dans l'Est de la Finlande par 1000 km², 2003-2018

Le modèle pour l'Estonie a fourni des preuves que les attaques mortelles sur les chiens ont diminué les années où les chevreuils et les sangliers étaient plus abondants (Tableau 1, Figure 4). Dans le modèle pour l'Est de la Finlande, le nombre de chiens tués par an était également influencé négativement par l'abondance de la proie primaire (élan, Tableau 1, Fig. 5). Le nombre de chiens tués par des loups était lié au nombre de meutes de loups ($p = 0,046$) et à la superficie de la province

($p = 0,025$) en Estonie, mais pas au nombre de meutes ni à la superficie de la zone de gestion de l'élan en Finlande (Tableau 1).

Tableau 1. Estimations des paramètres et tests des modèles mixtes généralisés (binomial négatif) pour les chiens tués chaque année en Estonie et en Finlande orientale

Variable	Estimate	SD	df	Student's t	p
Model 2. Estonia, R ² (trigamma): marginal 20.9%, conditional 23.6%					
Fixed effects					
Intercept	-1.042	0.751	222	-1.389	0.166
Province, km ²	5.456 e ⁻⁴	2.467 e ⁻⁴	13	2.212	0.046
Wolf packs (n)	0.353	0.156	222	2.262	0.025
Roe deer harvest (ind.)	9.243 e ⁻⁴	3.677 e ⁻⁴	222	-2.514	0.013
Wild boar harvest (ind.)	1.413 e ⁻³	0.357 e ⁻³	222	-4.108	< 0.001
Random effects, phi, theta					
Province (random intercept)	0.215				
Theta	0.329				
Phi (AR1)	0.214				
Model 1. Finland, R ² (trigamma): marginal 50.6%, conditional 55.7%					
Fixed effects					
Intercept	-2.182	1.840	105	-1.186	0.238
Moose management zone, km ²	8.932 e ⁻⁴	3.311 e ⁻⁴	4	2.698	0.052
Wolf packs (n)	0.122	0.079	105	1.552	0.124
Moose (ind.)	7.285 e ⁻⁴	2.847 e ⁻⁴	105	-2.559	0.012
Hunting days with dogs (n)	0.604 e ⁻⁴	1.015 e ⁻⁴	105	-0.315	0.753
Random effects, phi, theta					
Moose management zone	0.092				
Theta	0.369				
Phi (AR 1)	0.294				

Les probabilités observées par rapport aux probabilités simulées des comptages (Fig. 6) suggèrent que les modèles de l'Estonie et de la Finlande s'adaptent raisonnablement bien aux données. Cependant, le modèle Estonien a légèrement sous-estimé (environ 10 %) les observations de zéros et le modèle Finlandais a surestimé les zéros (environ 13 %). La distribution très asymétrique des observations dans les données Estoniennes a également entraîné une sous-estimation des valeurs simulées pour les plus grands nombres observés. Cette caractéristique a également été observée dans les données Finlandaises (Fig. 6). Les valeurs moyennes prédites correspondaient assez bien aux valeurs observées, étant dans les modèles Estoniens de 0,70 (observé) et 0,62 (prédit) chiens tués et dans le modèle Finlandais de 2,86 (observé) et 2,95 (prédit) chiens tués.

DISCUSSION

La **relation négative** entre les abondances d'ongulés et le nombre de chiens domestiques tués par les loups étaient en accord avec l'hypothèse de la rareté des proies qui a cependant été formulée pour concerner le risque de déprédations du bétail par les grands carnivores (Nelson et al. 2016). La motivation pour tuer un mouton est la prédation alors que la motivation pour tuer un chien peut être l'élimination d'un concurrent potentiel. La mise à mort interspécifique est un résultat répandu de la compétition interférentielle dans les guildes de carnivores (Palomares et Caro 1999), elle peut expliquer les attaques des loups sur les chiens domestiques dans de nombreux cas ; cependant, les chiens peuvent aussi être une **proie alternative** pour les loups plus souvent lorsque l'abondance des proies sauvages est faible. Habituellement, les loups mangent partiellement ou entièrement le chien qu'ils ont tué, la proportion de chiens mangés variant entre 72 et 96 % (Fritts et Paul 1989, Kojola et Kuittinen 2002, Backeryd 2007, Bassi et al. 2021). Bien que les loups consomment généralement les chiens qu'ils ont tués, les chiens n'ont qu'un rôle marginal en tant que proie des loups (Lescureux et Linnell 2014). En Estonie, la majorité des loups qui ont tué des chiens sont identifiés comme étant des vagabonds sub-adultes ou des couples se déplaçant souvent à proximité de zones résidentielles (M. Kübarsepp et P. Männil unpubl.). Ces loups recherchent ou

sont sur le point d'établir leur propre territoire de reproduction et peuvent être motivés pour éliminer des concurrents potentiels. Cependant, il est évident que les loups peuvent attraper des chiens plus facilement que des proies sauvages, et les subadultes qui sont encore inexpérimentés en tant que chasseurs peuvent rencontrer des difficultés plus souvent que les loups adultes. Les individus dispersés peuvent au moins consommer plus de bétail que les meutes stables (Imbert et al. 2016). Les cas documentés des comportements des loups et des chiens lors de rencontres loup-chien sont trop peu nombreux pour une analyse formelle, qui pourrait aboutir à une meilleure compréhension des motivations des loups. Pendant la chasse, la situation dans laquelle un chien de chasse à l'élan aboie sur un élan éloigné du chasseur pourrait être une situation probable où le loup est motivé par la compétition pour la « proie » partagée. Les races les plus fréquemment utilisées pour la chasse à l'élan en Finlande sont les chiens d'élan Norvégiens et Suédois, qui sont des chiens relativement grands pesant entre 15 et 30 kg. De nombreux chiens sont attaqués par des loups et, dans la plupart des cas, lorsqu'ils chassent le lièvre des montagnes *Lepus timidus* (Kojola et Kuittinen 2002) qui est également la proie des loups (Gade-Jørgensen et Stagegaard 2000). En Finlande, les loups tuent occasionnellement des renards roux, et leur principale proie est le lièvre variable (Kojola et al. 2017). Les attaques sur les chiens sont concentrées près des limites du territoire, ce qui peut indiquer qu'une des raisons de ces attaques peut être due à la défense territoriale (Tikkunen et Kojola 2019).

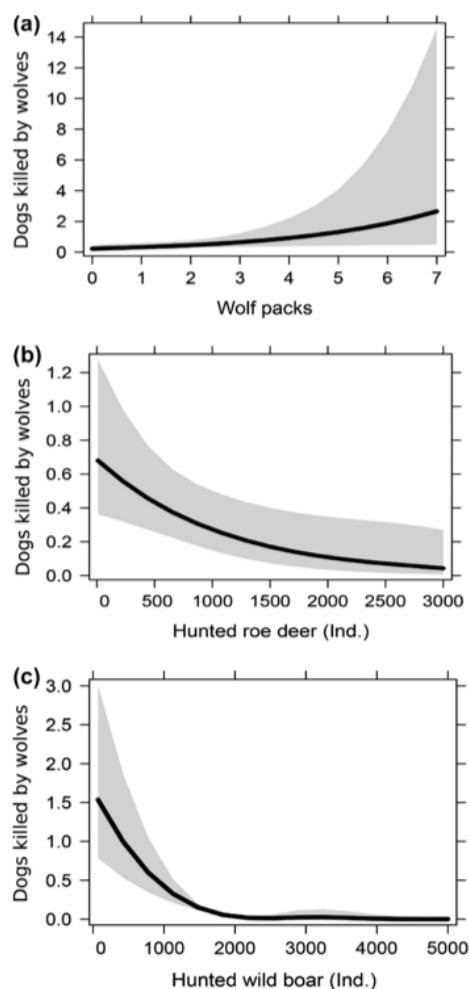


Figure 4. Relations entre le nombre de meutes de loups (a), de chevreuils (b) et de sangliers (c) abattus et le nombre de chiens tués annuellement par des loups en Estonie (cf. Tableau 1), 2003-2018. Les zones grises représentent les intervalles de confiance à 95 %

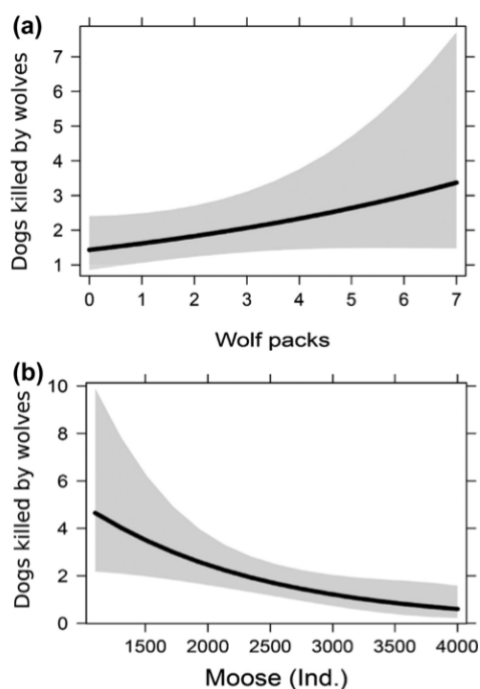


Figure 5. Relation entre le nombre de meutes de loups (a) et l'abondance d'élans (b) et le nombre de chiens qui ont été tués par des loups en Finlande (cf. Tableau 1), 2000-2018. Les zones grises correspondent aux intervalles de confiance à 95 %

Nos résultats ont fourni la preuve qu'en Estonie, où les principales proies des loups (sangliers et chevreuils) sont plus petites et, par conséquent, plus faciles à attraper que les élans, le risque d'attaques sur les chiens n'a été élevé que pendant quelques années sélectionnées où leurs densités étaient remarquablement plus faibles, par rapport à leurs abondances ordinaires. En Scandinavie, la proportion de chevreuils est plus élevée dans les kills par des paires de loups que par des meutes (Sand et al. 2016), et la taille du territoire des loups est liée négativement à l'abondance des chevreuils mais pas à celle des élans (Mattison et al. 2013). Ces résultats indiquent que tant la densité des **proies primaires** que la présence de **proies alternatives**, plus faciles à attraper, peuvent avoir un impact sur le risque d'attaques de loups sur les chiens. Des données provenant de Finlande prouvent que beaucoup moins de chiens de chasse sont perdus à cause des loups dans le sud-ouest de la Finlande, où le cerf de Virginie *Odocoileus virginianus* et l'élan partagent le loup comme prédateur commun (I. Kojola et al. unpubl.).

Dans l'Est de la Finlande, où la plupart des chiens sont perdus par les loups pendant la chasse, on a observé que la densité d'élans diminuait progressivement au cours de l'étude. Cependant, le nombre de chiens perdus par les loups a montré une grande fluctuation entre les années qui était due à des raisons que nous n'avons pas pu déterminer dans cette étude. Les différences dans le nombre d'attaques peuvent être élevées même entre des territoires voisins (Kojola et al. 2004).

Les différences entre les zones d'étude sont notables. L'indication selon laquelle le nombre de chiens tués par des loups est lié au nombre de meutes de loups uniquement en Estonie pourrait être due au fait que les cas dans la zone d'étude Finlandaise sont principalement liés à la chasse avec des chiens, et que les chasseurs pourraient être plus réticents à lâcher leurs chiens les années où les signes de présence de loups étaient les plus fréquents. En raison de la densité humaine plus élevée en Estonie qu'en Finlande (en moyenne 29 et 14 personnes/km²), les loups peuvent se rapprocher des établissements humains, ce qui pourrait être une cause concomitante d'attaques sur les chiens.

D'autre part, le risque d'attaques en Finlande est plus faible dans les territoires de loups situés dans la partie sud-ouest du pays où les densités humaines sont remarquablement plus élevées que dans notre zone d'étude dans l'Est de la Finlande (Kojola unpubl.). La raison pour laquelle la zone (province en Estonie, zone de gestion des élans en Finlande) n'est significative qu'en Estonie pourrait être due à des différences plus importantes dans les zones des provinces Estoniennes (Fig. 1).

Les populations de proies en Estonie et en Finlande sont limitées par plusieurs facteurs, dont la prédation par les carnivores et le prélèvement par l'homme. En Estonie, le crash de la population de sangliers au cours de la période 2015-2018 a été causé par l'épidémie de peste porcine africaine (Nurmoja et al. 2017, Schulz et al. 2020). Ce type d'épidémie est imprévisible ; il est donc pratiquement impossible de les prévenir par des interventions de gestion. Les maladies sont rarement la raison principale des fluctuations de population des principales proies des loups ; nous nous sommes donc concentrés sur la discussion des politiques de gestion qui diminueraient le risque d'attaques de loups sur des chiens dans des situations plus ordinaires.

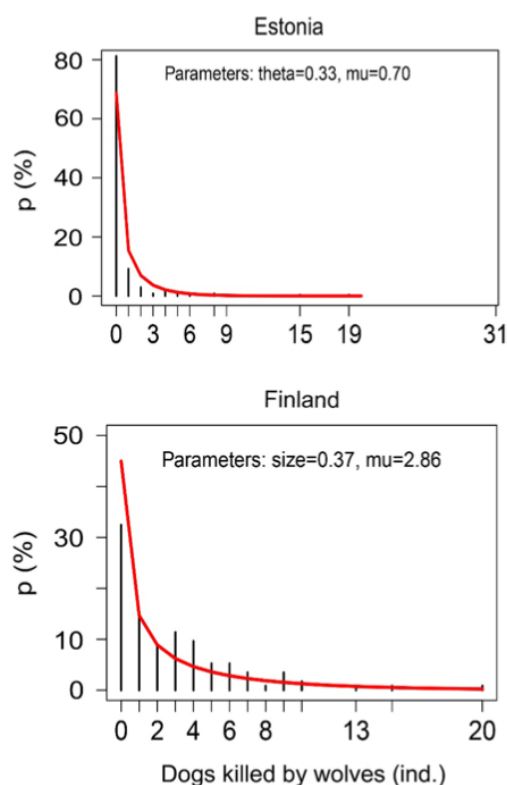


Figure 6. Ajustements du modèle aux données. Comparaisons des probabilités des comptages observés et simulés. Les simulations sont faites en utilisant les paramètres binomiaux négatifs μ et θ

Implications en matière de gestion

L'abondance des ongulés sauvages est régulée par la chasse dans de nombreux endroits en Europe. Les motivations des autorités de gestion pour limiter les densités sont souvent motivées par la perte économique due à l'abrutissement et au pâturage par les animaux herbivores et la sécurité humaine due aux accidents de la circulation (Apollonio et al. 2017, Valente et al. 2020). **Les ongulés sont des ingénieurs de l'écosystème et font partie intégrante des écosystèmes et de leur gestion** (Smit et Putman 2011, Apollonio et al. 2017). Nos résultats n'ont pas appelé à des densités d'ongulés élevées

et coûteuses pour atténuer le conflit loup-homme, mais ont fourni un **signal** que de faibles densités peuvent augmenter le risque d'attaques sur les chiens domestiques.

Une approche multi-espèces visant à gérer les populations de carnivores et d'ongulés à grande échelle, qui tient également compte des interactions entre espèces dans des environnements variables, serait un élément utile des stratégies de gestion. Une autre mesure nécessaire pour maintenir des populations viables de grands carnivores (sans risque d'escalade des dommages causés par les carnivores au bétail, de la perte de chiens domestiques au profit des loups et des dommages causés par les ongulés à la sylviculture et à l'agriculture) pourrait être l'évaluation continue des interventions de gestion et la volonté de modifier avec souplesse les politiques de gestion lorsque la situation l'exige. Quoi qu'il en soit, une meilleure protection des chiens devrait également être mise en place.