


Habitudes alimentaires des louveteaux d'une meute mixte avec hybrides vivant dans un paysage modifié par l'homme en Italie centrale

Published by Associazione Teriologica Italiana Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy	Volume 34 (2): 144–146, 2023	OPEN ACCESS 
Available online at: http://www.italian-journal-of-mammalogy.it	doi:10.4404/hystrix-00637-2023	
Short Note		
Pup feeding habits of a mixed wolf-hybrid pack living in a human-modified landscape in Central Italy		
Alessia Di Rosso ¹ , Chiara Benedetta BONI ^{1,2} , Samuele BALDANTI ¹ , Lucia CASINI ¹ , Francesca COPPOLA ^{1,2,*} , Antonio FELICOLI ¹		
¹ Department of Veterinary Sciences, University of Pisa, Italy ² Interdepartmental Centre of Agro-Environmental Research "Enrico Avanzi", University of Pisa, Italy		

Résumé

L'hypothèse d'une sélection des mammifères de taille moyenne dans le régime alimentaire des louveteaux par les loups adultes a déjà été émise. Dans ce travail, le régime alimentaire des louveteaux vivant dans une zone anthropique en Italie a été étudié afin d'évaluer quelles proies jouaient potentiellement un rôle clé dans leur subsistance. Bien que les ongulés sauvages soient la principale catégorie de proies pour les petits et les adultes, on a enregistré une présence significativement élevée de mammifères de taille moyenne (lièvre et ragondin) et d'oiseaux dans le régime alimentaire des petits. Ce résultat pourrait confirmer une **alimentation sélective** de la part des loups adultes. Il est souhaitable de poursuivre les recherches afin d'évaluer l'importance de ce type de proies pour la survie des petits.

Dans le cadre d'une habitude alimentaire généraliste et opportuniste, le régime alimentaire du loup en Italie est assez diversifié et il est principalement basé sur les ongulés sauvages (Meriggi et al., 2011). Cependant, le loup montre une grande adaptation à des conditions écologiques de plus en plus anthropisées, où il peut bénéficier d'une grande disponibilité de proies domestiques (Meriggi et al., 2011 ; Torres et al., 2015). Alors que le régime alimentaire des loups adultes a été largement étudié (Meriggi et al., 2011 ; Ferretti et al., 2019 ; Bassi et al., 2020), aucune donnée sur le régime alimentaire des **louveteaux** en Italie n'est encore disponible et peu d'études ont été réalisées en Europe centrale et orientale et en Amérique du Nord (Bryan et al., 2006 ; Sidorovich et al., 2017 ; Myslajek et al., 2019 ; Roffler et al., 2023).

La survie des petits dépend fortement de l'efficacité des adultes dans la livraison de la nourriture, qui est médiée par la densité des proies potentielles (Harrington et al., 1983). En Pologne et au Canada, bien que consommant les mêmes espèces de proies, une plus grande occurrence de mammifères moyens dans le régime alimentaire des petits que dans celui des adultes a été enregistrée, ce qui permet d'émettre l'hypothèse d'un **apport sélectif de nourriture par les adultes** (Bryan et al., 2006 ; Sidorovich et al., 2017 ; Myslajek et al., 2019). L'objectif de ce travail était d'évaluer de manière préliminaire quelles catégories de proies

sont davantage consommées par les petits en Italie et si un apport sélectif de nourriture aux petits en développement est opéré par les adultes.

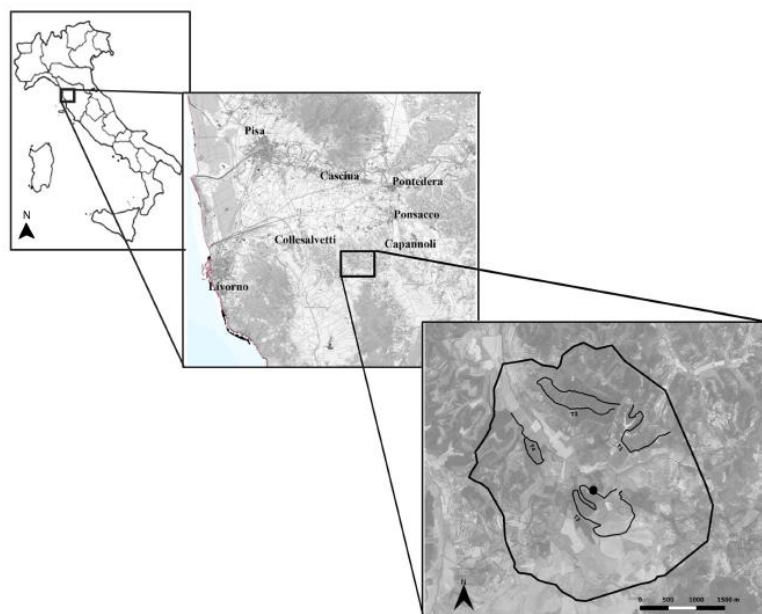


Figure 1 - Carte de l'emplacement de la zone d'étude. Les échantillonnages ont été effectués le long de quatre transects (lignes noires : T1-T4) et dans le site de rendez-vous (point noir). L'image de la zone d'étude a été élaborée à l'aide du logiciel QGIS 2.18.

Des excréments de loups ont été collectés de 2018 à 2021 dans une zone suburbaine de 1295 ha dans les basses collines de Pisan ($43.551\ 370^{\circ}\text{N}$, $10.551\ 708^{\circ}\text{E}$), en Toscane, Italie (Fig. 1). La zone est habitée par une meute de loups composée de loups Italiens et d'hybrides (Coppola et al., 2022) surveillée par des pièges photographiques depuis 2016. Une maladie de peau évidente attribuable à une infestation par l'ectoparasite de la gale (*Sarcoptes* sp.) n'a été observée que chez la femelle reproductrice et les petits. Dans cette zone, le loup est le seul grand carnivore présent et aucun chien errant n'a été enregistré. La zone est un agro-écosystème **fragmenté**, dans lequel se déroulent plusieurs activités productives et récréatives. L'élevage est largement pratiqué et se caractérise principalement par des fermes ovines et bovines extensives et semi-extensives de taille moyenne.

Des échantillons d'excréments d'adultes ont été prélevés le long de 4 transects d'une longueur totale de 12 km (Fig. 1), choisis au hasard dans la région. Chaque transect a été parcouru deux fois par semaine d'octobre à mai, et trois fois par semaine de juin à septembre, pour un total de 768 km et 576 km parcourus, respectivement. Les excréments des petits ont été échantillonnés sur un site de rendez-vous en juillet 2021 où la présence de 7 petits âgés d'environ deux mois avait été documentée par des pièges photographiques et des observations directes. Les excréments d'adultes et de petits ont été collectés le long des transects et sur le site de rendez-vous, en les distinguant de ceux des animaux de compagnie et des chiens de berger selon les procédures de Peters et Mech (1975).

L'analyse des « scats vidéo » a également été utilisée comme outil supplémentaire d'identification des excréments de loups (Fig. 2). Pour un sous-échantillon de crottes ($n = 4$ de louveteaux et $n = 23$ d'adultes), l'identification d'un individu pur loup a été confirmée (100%) par le génotypage ADN (Coppola et al., 2022 et données non publiées).



Figure 2 - La femelle adulte reproductrice reconnaissable à la présence d'un pelage noir (à gauche) et un louveteau présentant une maladie cutanée évidente attribuable à une infestation d'ectoparasites de la gale (à droite) déféquant respectivement dans un site de marquage et dans le site de rendez-vous.

Les échantillons ont été stockés pendant 5 jours à -80°C pour inactiver les œufs de Taeniidae, puis à -20°C jusqu'à l'analyse. Chaque crotte a été lavée à l'aide de deux tamis de taille de maille décroissante (1,5-0,1 mm) pour séparer le matériel non digéré. Les poils ont été lavés dans l'alcool et observés au microscope (10×, 20× et 40×). Les poils ont été identifiés sur la base des écailles corticales, de la médulla et des caractéristiques des racines, en utilisant la clé de Teerink (1991). Les espèces proies ont été regroupées en sept catégories : bétail, ongulés sauvages, mammifères de taille moyenne, oiseaux, invertébrés, matières végétales et déchets. Selon Kruuk et Parish (1981) à chaque espèce consommée et catégorie d'aliments une classe volumétrique (<1% ; 1-5% ; 6-25% ; 26-50% ; 51-75% ; 76-95% ; >95%) a été attribuée puis convertie en pourcentage final de volume : 0,5% ; 2,5% ; 15,5% ; 38% ; 63% ; 85,6% et 98% respectivement (Meriggi et al., 2015). Le pourcentage moyen de volume (MV%) de chaque catégorie et espèce a été calculé (Imbert et al., 2016). La fréquence d'occurrence (FO%) de chaque catégorie alimentaire a été calculée comme le nombre de crottes dans lesquels chaque espèce proie a été détectée par rapport à la quantité totale de crottes analysées (Imbert et al., 2016 ; Torretta et al., 2017).

L'indice de Brillouin (Brillouin, 1956) a été appliqué pour calculer le nombre minimum de crottes nécessaires à l'étude du régime alimentaire des loups :

$$Hb = \frac{\ln N! - \sum_{i=1}^S \ln n_i!}{N} \quad (1)$$

où Hb est la diversité des proies dans l'échantillon, N est le nombre total de taxons de proies dans tous les échantillons et n_i est le nombre de taxons de proies de la $i^{\text{ème}}$ catégorie (Brillouin, 1956). La variabilité du régime alimentaire a été calculée à l'aide de l'indice B (Levins, 1968) :

$$B = \frac{1}{\sum p_i^2} \quad (2)$$

où p_i est la contribution de chaque catégorie de proies à la biomasse totale des aliments consommés par le loup. L'indice de Pianka (1973) (α) a été utilisé pour calculer la similitude de la composition du régime alimentaire entre les louveteaux et les loups adultes :

$$\alpha_{jk} = \frac{\sum_i^n P_{ij}P_{ik}}{\sqrt{\sum_i^n P_{ij}^2 \sum_i^n P_{ik}^2}} \quad (3)$$

où α_{jk} est l'indice de Pianka du chevauchement de niche entre les louveteaux (j) et les adultes (k), P_{ij} est la proportion de la $i^{\text{ème}}$ catégorie de proies sur les ressources totales utilisées par les

louveteaux, et P_{ik} est la proportion de la $i^{\text{ème}}$ catégorie de proies sur les ressources totales utilisées par les adultes.

Les différences de FO% de chaque catégorie de proies et d'espèces dans le régime alimentaire des loups adultes en automne-hiver et au printemps-été et entre les adultes et les louveteaux au printemps-été ont été testées à l'aide du test du chi-carré (χ^2). Les analyses statistiques ont été réalisées avec R et RStudio (v 4.1.2 ; R Core Team, 2022).

Au total, 55 crottes de louveteaux et 132 crottes d'adultes, dont 49 au printemps-été et 83 en automne-hiver, appartenant à une meute de loups Italiens et d'hybrides ont été collectées et analysées. L'influence de l'hybridation sur l'écologie du loup est encore largement débattue (Stronen et al., 2022) et une étude récente réalisée en Italie suggère qu'il n'y a pas de différences significatives dans la composition du régime alimentaire des hybrides par rapport à celui des loups purs (Bassi et al., 2017).

L'indice de Brillouin a indiqué qu'une valeur minimale de 18 et 14 excréments pour les adultes et les louveteaux, respectivement, ainsi que la valeur minimale de 14 excréments d'adultes en automne-hiver et de 13 au printemps-été étaient suffisants pour effectuer une analyse du régime alimentaire et pour comparer le régime alimentaire entre les deux saisons.

Dans cette enquête, les catégories de proies et les niches alimentaires trouvées dans le régime alimentaire des petits correspondaient à celles trouvées chez les adultes ($\alpha = 0,96$; $B = 0,26$ pour les petits ; $B = 0,29$ pour les adultes). **En revanche, l'occurrence des espèces de proies différait significativement.** Ce résultat est **en accord** avec ceux précédemment rapportés en Pologne, au Canada et en Biélorussie par Bryan et al. (2006) ; Sidorovich et al. (2017) ; Myslajek et al. (2019).

Dans cette étude, l'alimentation des petits et des adultes était principalement basée sur le sanglier et le chevreuil (Tab. 1). Des résultats similaires ont été obtenus par Bryan et al. (2006) ; Meriggi et al. (2011) ; Sidorovich et al. (2017) ; Myslajek et al. (2019) sur des meutes saines dans différents pays. De telles preuves indiquent que les performances de prédation et les habitudes alimentaires de la meute étudiée n'ont pas été influencées par l'infestation de gale.

Dans cette étude, aucune différence n'a été enregistrée dans la consommation de sangliers entre les petits et les adultes. En revanche, le chevreuil est présent dans le régime alimentaire des petits avec une fréquence significativement plus élevée que celle des adultes. Bien que la consommation de chevreuils par les adultes soit plus élevée au printemps-été qu'en automne-hiver, ces résultats sont probablement dus à la présence de faons plus faciles à capturer et à transporter avec une moindre dépense énergétique (Meriggi et al., 2015).

Les mammifères de taille moyenne, principalement le lièvre et le ragondin, étaient présents dans le régime alimentaire des adultes avec une fréquence significativement plus élevée en automne-hiver qu'au printemps-été, ce qui confirme les résultats obtenus par Ferretti et al. (2019). Pendant l'été, le lièvre et le ragondin étaient également présents avec une fréquence significativement plus faible chez les adultes que chez les petits. De plus, une fréquence significativement plus élevée d'oiseaux dans le régime alimentaire des louveteaux par rapport

aux adultes a été observée. Ces résultats peuvent suggérer un **rôle clé** de ces trois catégories de proies dans le régime alimentaire des petits. De même, dans les pays d'Amérique du Nord et d'Eurasie, le castor (*Castor fiber*) joue un rôle clé pour les petits (Sidorovich et al., 2017 ; Myslajek et al., 2019). Dans cette enquête, les différences enregistrées chez les chevreuils et les mammifères et oiseaux de taille moyenne pourraient laisser entrevoir une potentielle **fourniture sélective** opérée par les adultes aux petits en développement, hypothèse émise par Bryan et al. (2006) ; Myslajek et al. (2019). Ce comportement des adultes pourrait être motivé par : **i**) la facilité de prédation et de transport des faons, des lièvres et des ragondins avec une dépense énergétique moindre, **ii**) l'habitude pour les petits de consommer des proies entières, y compris le foie, les poumons et le cœur, qui sont des parties plus riches en nutriments, **iii**) la facilité de consommation des os, qui libèrent du calcium (Stockman et al., 2021), et **iv**) la taille de ces proies qui est probablement insuffisante pour les besoins alimentaires des adultes.

Le blaireau, le porc-épic à crête et les *Mustela* spp. ont joué un rôle marginal dans le régime alimentaire des petits et des loups adultes (Tab. 1).

Tableau 1 - Composition du régime alimentaire de loups adultes et de louveteaux vivant dans une zone fortement anthropisée de la province de Pise (Toscane). Pour chaque catégorie et chaque espèce de proie, les fréquences d'occurrence (FO%) et le volume moyen en pourcentage (MV%) sont rapportés. Les différences statistiques (χ^2 ; p-value) des FO% des espèces proies entre le printemps-été (SS) et l'automne-hiver (AW) pour les adultes et entre les adultes et les louveteaux sont rapportées et les différences significatives sont marquées en gras.

Prey categories	Species	ADULTS							PUPS		
		Spring-summer		Autumn-winter		Total		SS vs AW (χ^2 ; p-value)	Spring-summer		Adult vs Pups (χ^2 ; p-value)
		FO%	MV%	FO%	MV%	FO%	MV%		FO%	MV%	
Livestock	<i>Ovis aries</i>	24.49	19.89	13.25	10.28	17.42	13.84	4.12; <0.05	20.00	7.28	0.58
	<i>Capra hircus</i>	14.29	9.31	14.46	8.99	14.39	9.11	0.00	3.64	0.97	6.95; <0.01
	Total	31.65	27.37	26.50	19.27	28.79	22.28		23.64	8.25	
Wild ungulates	<i>Capreolus capreolus</i>	36.73	25.29	18.07	11.11	25.00	16.37	8.75; <0.01	67.28	48.62	18.70; <0.01
	<i>Sus scrofa</i>	57.14	30.83	68.67	48.40	64.39	41.88	2.84	65.45	16.57	1.45
	Total	77.55	58.11	79.52	59.52	78.79	59.00		81.82	65.62	
Medium size mammals	<i>Lepus europeus</i>	4.08	0.63	7.31	4.95	6.06	3.34	1.05	14.54	8.61	6.48; <0.01
	<i>Myocastor coypus</i>	2.04	0.05	9.64	6.86	6.82	4.33	5.25; <0.05	9.09	8.46	4.73; <0.05
	<i>Meles meles</i>	2.04	1.75	0.00	0.00	0.76	0.66	2.06	3.64	2.06	0.46
	<i>Hystrix cristata</i>	0.00	0.00	2.41	0.06	1.52	0.04	0.0	1.82	0.01	0.00
	<i>Mustela</i> spp.	2.04	2.00	0.00	0.00	0.76	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	10.20	4.43	18.07	11.87	15.15	9.10		27.27	19.15		
Birds		2.04	0.32	1.20	0.19	1.52	0.23	0.22	12.73	0.32	8.35; <0.01
Invertebrates		12.24	0.15	2.41	0.02	6.06	0.17	7.12; <0.01	10.91	0.09	0.09
Plants		69.39	7.17	65.06	6.30	66.67	6.63	0.42	85.45	4.56	7.38; <0.01
Rubbish		4.08	0.33	3.61	1.22	3.79	0.89	0.03	1.82	0.28	0.89

Dans cette étude, le bétail était une proie importante pour les jeunes et les adultes, car il était facilement accessible. En particulier, la présence de moutons dans le régime alimentaire des jeunes et des adultes a été similaire et une plus grande consommation de moutons a été enregistrée dans le régime alimentaire des adultes au printemps-été qu'à l'automne-hiver. Dans la zone d'étude, certaines fermes ovines semi-extensive chevauchent à la fois le territoire de la meute et le site de rendez-vous, ce qui rend cette proie plus accessible et plus facile à transporter, en particulier au printemps-été, ce qui entraîne également un pic de prédation à cette saison (Coppola et al., 2022). La présence de chèvres n'a pas montré de différences significatives dans le régime alimentaire des adultes tout au long de l'année, mais a entraîné une baisse significative du régime alimentaire des petits par rapport à celui des adultes. Ce résultat pourrait être dû à l'absence d'élevages de chèvres dans les environs du site de rendez-vous de la meute, ce qui rend le transport de cette proie plus coûteux.

Les matières végétales et les invertébrés sont également présents dans le régime alimentaire des petits et des adultes avec de faibles pourcentages de volume moyen.

Les invertébrés présents dans les excréments des adultes ont été détectés avec une fréquence significativement plus élevée au printemps-été qu'en automne-hiver. Parmi les invertébrés, les larves de nécroses saprophages Calliphoridae ont été les plus fréquemment trouvées dans les excréments des louveteaux (66,7%, n = 6) et des adultes (75%, n = 8), ce qui est probablement dû au charognage plutôt qu'à la prédation.

En **conclusion**, bien que les régimes alimentaires des louveteaux et des adultes ne diffèrent pas en termes de catégories de proies, les adultes peuvent avoir opéré un approvisionnement sélectif, principalement en lièvres, ragondins et, dans une moindre mesure, en chevreuils et en oiseaux, pour les louveteaux. Les auteurs sont conscients que cette étude n'a porté que sur une seule meute et qu'il est souhaitable de mener d'autres investigations pour évaluer l'importance de ces proies pour la subsistance des louveteaux.

References

- Bassi, E., Canu, A., Firmo, I., Mattioli, L., Scandura, M., Apollonio, M., 2017. Trophic overlap between wolves and free-ranging wolf x dog hybrids in the Apennine Mountains, Italy. *Global Ecology and Conservation* 9, 39-49.
- Bassi, E., Gazzola, A., Bongli, P., Scandura, M., Apollonio, M., 2020. Relative impact of human harvest and wolf predation on two ungulate species in Central Italy. *Ecological Research* 35(4), 662-674.
- Brillouin, L., 1956. *Science and information theory*. Academic Press, New York, USA.
- Bryan, H.M., Darimont, C.T., Reimchen, T.E., Paquet, P.C., 2006. Early ontogenetic diet in grey wolves (*Canis lupus*) of coastal British Columbia. *Canadian Field-Naturalist* 119(3), 1-19.
- Coppola, F., Baldanti, S., Di Rosso, A., Vecchio, G., Casini, L., Russo, C., Lucchini, V., Boni, C.B., Malasoma, M., Gabbani, C., Felicioli, A., 2022. Settlement of a stable wolf pack in a highly anthropic area of Pisan Hills: relationship with animal husbandry and hunting in a human-wolf coexistence perspective. *Animal Science Journal* 93, e13799. doi:10.1111/asj.13799.
- Ferretti, F., Lovari, S., Mancino, V., Burrini, L., Rossa, M., 2019. Food habits of wolves and selection of wild ungulates in a prey-rich Mediterranean coastal area. *Mammalian Biology* 99, 119-127.
- Harrington, F.H., Mech, L.D., Frits, S.H., 1983. Pack size and wolf pup survival: their relationship under varying ecological conditions. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 13, 19-26.
- Imbert, C., Caniglia, R., Fabbri, E., Milanesi, P., Randi, E., Serafini, M., Torretta, E., Meriggi, A., 2016. Why do wolves eat livestock? Factors influencing wolf diet in northern Italy. *Biological Conservation* 195, 156-168.
- Kruuk, H., Parish, T., 1981. Feeding specialization of the European badger *Meles meles* in Scotland. *Journal of Animal Ecology* 50, 773-788. doi:10.2307/4136
- Levins, R., 1968. *Evolution in changing environments*. Princeton University, Princeton, USA.
- Meriggi, A., Brangi, A., Schenone, L., Signorelli, D., Milanesi, P., 2011. Changes of wolf (*Canis lupus*) diet in Italy in relation to the increase of wild ungulate abundance. *Ecology and Evolution Ethology Ecology & Evolution* 23, 195-210.
- Meriggi, A., Dagradi, V., Dondina, O., Perversi, M., Milanesi, P., Lombardini, M., Raviglione, S., Reossi, A., 2015. Short-term responses of wolf feeding habits to changes of wild and domestic ungulate abundance in Northern Italy. *Ecology and Evolution Ethology Ecology & Evolution* 27, 389-411.
- Mystajek, R.W., Tomczak, P., Tołkacz, K., Tracz, M., Tracz, M., Nowak, S., 2019. The best snacks for kids: the importance of beavers *Castor fiber* in the diet of wolf *Canis lupus* pups in north-western Poland. *Ecology and Evolution Ethology Ecology & Evolution* 31(6), 506-513.
- Peters, R.P., Mech, L.D., 1975. Scent-marking in wolves. *American Scientist* 63(6), 628-637.
- Pianka, E.R., 1973. The structure of lizard communities. *Ecology and Evolution Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 4, 53-74.
- R Core Team, 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Roffler, G. H., Pilgrim, K. L., Zarn, K. E., Schwartz, M. K., Levi, T., 2023. Variation in adult and pup wolf diets at natal den sites is influenced by forest composition and configuration. *Ecology and Evolution* 13 (1), e9648.
- Sidorovich, V., Schnitzler, A., Schnitzler, C., Rotenko, I., Holikava, Y., 2017. Response of wolf feeding habits after adverse climatic events in central-western Belarus. *Mammalian Biology* 83, 44-50.
- Stockman, J., Villaverde, C., Jan Corbee, R., 2021. Calcium, Phosphorus, and Vitamin D in Dogs and Cats Beyond the Bones. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 51, 623-634. doi:10.1016/j.cvsm.2021.01.003.
- Stronen, A.V., Aspi, J., Caniglia, R., Fabbri, E., Galaverni, M., Godinho, R., Kvist, L., Mattucci, F., Nowak, C., von Thaden, A., Harmoinen, J., 2022. Wolf-dog admixture highlights the need for methodological standards and multidisciplinary cooperation for effective governance of wild x domestic hybrids. *Biological Conservation* 266, 109467, 1-8.
- Teerink, B.J., 1991. *Hair of West-European Mammals: Atlas and Identification Key*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Torres, R.T., Silva, N., Brotas, G., Fonseca, C., 2015. To eat or not to eat? The diet of the endangered Iberian wolf (*Canis lupus signatus*) in a human-dominated landscape in Central Portugal. *PLoS One* 10(6), e0129379, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0129379>
- Torretta, E., Caviglia, L., Serafini, M., Meriggi, A., 2017. Wolf predation on wild ungulates: how slope and habitat cover influence the localization of kill sites. *Current Zoology* 64, 271-275.

Associate Editor: P. Ciucci