

Les ressources alimentaires anthropiques entretiennent les loups dans les scénarios de conflit de l'ouest de l'Iran



RESEARCH ARTICLE

Anthropogenic food resources sustain wolves in conflict scenarios of Western Iran

Alireza Mohammadi^{1,2}, Mohammad Kaboli^{1*}, Víctor Sazatornil³, José Vicente López-Bao⁴¹ Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran,² Department of Environment Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran,³ Forest Science and Technology Centre of Catalonia (CTFC), Solsona, Spain, ⁴ Research Unit of Biodiversity (UO/CSIC/PA), Oviedo University, Mieres, Spain

* mkaboli@ut.ac.ir

Résumé

L'écologie alimentaire des loups gris a fait l'objet de nombreuses études dans le monde entier. Malgré des études antérieures sur les habitudes alimentaires des loups en Asie et en Iran, aucune ne s'est concentrée sur le régime alimentaire de l'espèce dans un scénario de **raréfaction** des proies sauvages et avec des enregistrements récents **d'attaques sur les humains**. Ici, nous avons combiné les méthodes de télémétrie et l'analyse des excréments pour étudier le régime alimentaire des loups dans les zones de la province de Hamadan, en Iran, où les proies sauvages de taille moyenne à grande sont presque absentes. Entre octobre 2015 et mars 2017, nous avons étudié le comportement alimentaire (en identifiant les sites d'alimentation grâce à des grappes de localisations GPS) de trois loups équipés de colliers GPS, appartenant à différentes meutes. Nous avons également collecté et analysé 110 excréments pendant la même période dans les mêmes zones. Au total, nous avons étudié 850 grappes de positions GPS sur le terrain et identifié 312 sites d'alimentation. La plupart des grappes d'alimentation étaient liés aux décharges et aux fermes avicoles autour des villages. Nous avons trouvé 142 et 170 événements de comportement prédateur (sites de capture) et d'évacuation des déchets, respectivement. La composition des proies basée sur les sites de capture comprenait 74,6% de bétail, 19,7% de lagomorphes, 3,5% de chiens, 1,4% de renards roux et 0,7% de chacals dorés. De même, la composition des proies basée sur les grappes de charognage était composée de 79,9% de bétail, 10,6% de renards roux et 9,4% de chacals dorés. L'analyse des excréments, cependant, a indiqué que le bétail (34,3%), les déchets (23,7%), la volaille (16,0%) et le lièvre européen (15,4%) étaient les aliments les plus fréquents. Nous discutons du rôle des sources de nourriture anthropiques dans un contexte où les rencontres agonistiques entre loups et humains sont récurrentes, et nous suggérons des directives de gestion concernant le déversement illégal de carcasses d'animaux et les décharges d'ordures, afin de minimiser les **interactions** négatives entre loups et humains.

INTRODUCTION

Le comportement prédateur des grands carnivores peut représenter l'un des principaux facteurs déclenchant la persécution des grands carnivores dans le monde, en particulier dans les zones dominées par l'homme [1-8]. Il est également bien établi que la nourriture d'origine humaine peut

devenir une ressource importante pour les grands carnivores dans ces paysages [9-11] ; ceux-ci peuvent adapter leur comportement en conséquence [12] ou dépendre largement de ces ressources [13-15].

La pénurie de proies sauvages augmente de manière cumulative la dépendance des carnivores vis-à-vis du bétail [11, 13-18], ce qui peut déclencher des situations de conflit entre l'homme et les grands carnivores. Par conséquent, la mise en œuvre de stratégies de gestion efficaces pour atténuer l'impact des grands carnivores sur le bétail [19-21] est souvent requise de la part de multiples secteurs de la société et dépend de l'acquisition d'une connaissance approfondie des performances alimentaires des espèces de grands carnivores.

L'écologie alimentaire des loups (*Canis lupus*) a été largement étudiée dans l'ensemble de son aire de répartition mondiale [22-25], bien que les informations sur les scénarios Asiatiques soient encore limitées [26-28]. Les loups s'adaptent à un large éventail de produits alimentaires. Selon des études antérieures, les loups d'Asie se nourrissent d'une grande variété d'aliments d'origine humaine, tels que le bétail, la volaille, les déchets, les charognes ou les fruits cultivés [27-35]. Cette plasticité trophique permet aux loups de persister dans de multiples paysages dominés par l'homme [11, 36-37], même dans des scénarios où les proies sauvages sont peu abondantes [14, 38].

Dans certains paysages asiatiques dominés par l'homme, comme dans l'ouest de l'Iran, la faible abondance de proies sauvages, associée à l'absence d'une gestion efficace des déchets organiques, a été considérée comme l'un des facteurs à l'origine des interactions négatives entre les loups et l'homme, y compris la déprédation du bétail et les attaques de loups sur les humains [39, 40]. Par exemple, dans la province de Hamadan (ouest de l'Iran), en raison du manque de connaissances sur les meilleures pratiques pour minimiser les risques d'interactions négatives entre les loups et les humains, **la majorité des communautés locales déversent illégalement leurs déchets organiques et les carcasses de bétail près des fermes avicoles et dans leurs arrière-cours** [41]. Dans une enquête par questionnaire explorant les différentes dimensions humaines associées à la présence du loup dans cette région, après avoir interrogé 400 personnes possédant du bétail dans cette province, 63,5% d'entre elles suivaient ces pratiques pour la gestion des carcasses de bétail et des déchets [Auteurs, données non publiées].

Malgré les études précédentes sur le régime alimentaire des loups en Iran [27,28], aucune évaluation n'a été faite dans une région où l'on a enregistré des attaques de loups sur des personnes, ce qui est également unique d'un point de vue mondial. A cet égard, dans la province de Hamadan, des rapports officiels indiquent qu'en dehors des cas de déprédation de bétail, environ 60 incidents d'attaques de loups sur des personnes se sont produits depuis 2001 [39,40]. **Par conséquent, il est urgent de comprendre les mécanismes qui sous-tendent l'apparition de ces événements, par rapport à la fréquence rare qu'ils ont ailleurs** [42-43], afin de définir des stratégies de gestion efficaces pour réduire la probabilité de leur apparition.

Plusieurs hypothèses ont été suggérées pour expliquer l'augmentation observée des conflits entre l'homme et le loup dans cette zone rurale, telles qu'une abondance extrêmement faible de proies sauvages, **l'accoutumance** à l'homme (tendance des loups à se nourrir plus près des établissements humains) ou différents comportements humains indésirables (par exemple, des pratiques favorisant la disponibilité des déchets). Cependant, le manque d'informations sur le comportement des loups ne permet pas de tester correctement ces hypothèses. L'évaluation de la composition du régime

alimentaire des loups et de la répartition spatiale des sources de nourriture peut constituer un point de départ pour bien comprendre ce scénario et pour définir des mesures efficaces d'atténuation des conflits dans une zone appauvrie en proies sauvages. **L'utilisation** et la **distribution** des sources de nourriture anthropiques peuvent jouer un rôle important dans les interactions loup-homme et l'évaluation des risques [14, 44].

Par conséquent, ici, nous avons combiné les informations provenant de loups munis de colliers GPS et l'analyse des excréments pour évaluer leurs comportements alimentaires. Bien que le régime alimentaire puisse être évalué par l'analyse des excréments ou de l'estomac [14, 23-44], ce qui implique l'identification des restes de proies, les colliers GPS facilitent la localisation des sites de prédation ou d'alimentation [45-51]. Ces approches se complètent pour fournir des informations à une échelle fine sur les différents aliments présents dans le régime alimentaire des loups [46-52], l'occurrence des événements de prédation et de charognage, et l'effet des différentes sources de nourriture sur l'écologie spatiale de l'espèce.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

Cette étude a été menée dans la province de Hamadan, dans l'ouest de l'Iran (Fig 1), en particulier dans les comtés d'Alisadr et de Hamadan. La province s'étend sur environ 19 493 km² et abrite une population de plus de deux millions d'habitants. La province de Hamadan se caractérise par un paysage dominé par l'homme avec une densité moyenne de population humaine d'environ 88 habitants par km², soit deux fois la densité moyenne de population du pays [39]. Les activités économiques de la région consistent principalement en l'élevage et l'agriculture. Les troupeaux de moutons (*Ovis aries*) et de chèvres (*Capra aegagrus hircus*) paissent librement sur des parcours spécifiquement désignés, sous la surveillance de bergers (dont des enfants dans de nombreux cas) et de chiens de garde (la plupart d'entre eux ne sont pas dressés pour dissuader les loups), et sont gardés dans des enclos couverts la nuit, soit dans les villages, soit sur les parcours [39].

Méthodes

Équipement de loups et visites de clusters GPS. Entre octobre 2015 et mars 2016, nous avons capturé trois loups, dont deux femelles adultes (WF1, WF2) et un mâle adulte (WM1), à l'aide de pièges Belisle. Chaque loup a été immobilisé en utilisant une combinaison de Kétamine (6 mg/kg) et de Xylazine (1 mg/kg) [41]. Les loups ont été évalués comme étant cliniquement sains au moment de la capture. Les captures ont été réalisées sous le permis 94/31147 du Département Iranien de l'environnement.

Les colliers GPS (version Iridium, Followit Tellus, Lindesberg, Suède) ont été programmés pour enregistrer une localisation toutes les 8h/20 jours par mois. Cependant, afin d'identifier les événements de prédation (sites de capture) et de charognage, ce programme général a été alterné avec un programme intensif conçu pour obtenir une localisation toutes les 20 minutes (72 localisations/jour) [51] pendant les 10 jours restants de chaque mois. Pendant les périodes d'heure intensif, nous avons identifié des grappes d'emplacements GPS, indiquant des sites d'alimentation potentiels (c'est-à-dire des événements de prédation ou de charognage). Nous avons considéré deux emplacements ou plus avec une distance maximale entre eux de moins de 60 m pour identifier les sites d'alimentation potentiels à visiter sur le terrain [51].

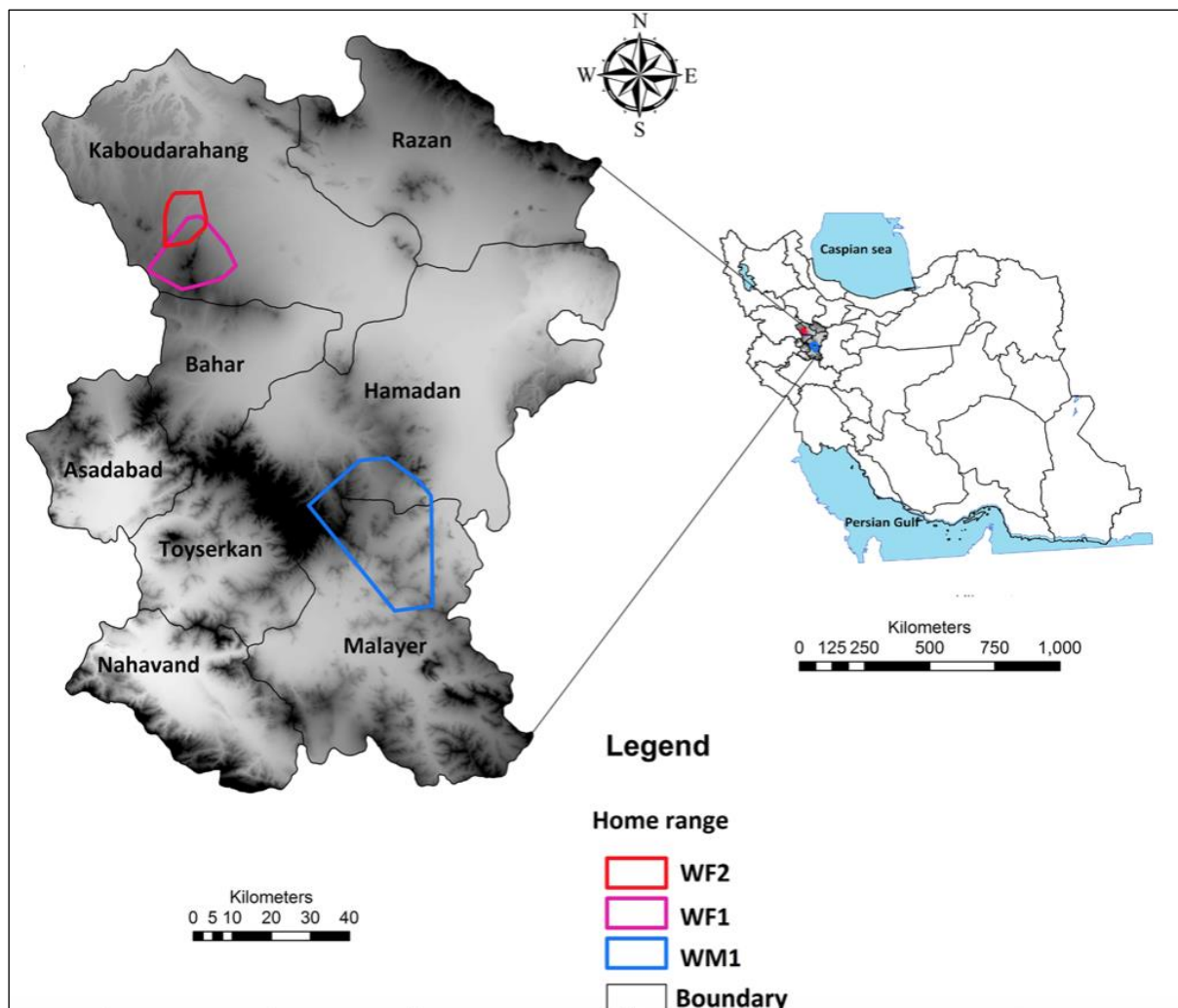


Fig 1. Localisation de la zone d'étude dans la province de Hamadan (34.7608° N, 48.3988° E), à l'ouest de l'Iran (la carte DEM a été téléchargée depuis la base de données WorldClim (www.worldclim.org)) avec la position (Home range) des loups suivis

Après l'identification des grappes GPS, nous les avons visités dans les 48 heures chaque fois que cela était possible (90% des groupes ont été visités dans ce délai). Tous les emplacements identifiés dans un groupe ont été visités, et dans chaque emplacement, nous avons exploré un rayon de 30 m (basé sur l'erreur du GPS) à la recherche de restes de proies [51]. Une fois que les groupes ont été évalués in situ, nous les avons classés en sites de recherche (signes d'activité des loups, sans preuve d'alimentation), sites d'alimentation (restes de proies ou autres sources de nourriture), points de repos et inconnus (autres/aucun signe). Les restes de proies de chaque groupe ont été photographiés, évalués afin de distinguer les événements de prédation et de charognage (congruence temporelle entre la consommation et l'état de la carcasse, présence de blessures compatibles avec la déprédation, preuves d'animaux tués sur la route, etc.) et, si nécessaire, du matériel représentatif a été prélevé pour une identification ultérieure de la proie au laboratoire.

Pour mieux discriminer entre le charognage des animaux domestiques et les événements de déprédation, nous avons également interrogé les populations locales ($N = 150$) après avoir visité les grappes d'alimentation. **Au cours de notre étude, certaines mortalités de bétail dans les zones rurales étaient liées à des maladies.** Ainsi, immédiatement après avoir localisé les grappes de nourriture autour de chaque village, les villageois ont été interrogés pour déterminer si les proies potentielles avaient été abandonnées par les communautés locales ou non. Parmi les 400 personnes

interrogées, 300 (75%) ont rapporté des mortalités de bétail dues aux maladies de la fièvre aphteuse, tandis que 150 personnes (37,5%) ont rapporté des déprédations de loups sur leur bétail. La majorité du bétail accessible aux loups était mort de maladies [Auteurs, données non publiées].

Analyse des excréments. A l'intérieur des domaines vitaux des loups (Polygone Minimum Convexe utilisant 100% des emplacements GPS), nous avons collecté des excréments de loups à la fois dans les grappes GPS et de manière opportuniste (c'est-à-dire indépendamment des enquêtes sur les grappes) [46]. Seuls les échantillons ayant un diamètre de plus de 20 mm ont été collectés pour l'analyse afin de minimiser la collecte d'échantillons de crottes de loup (les crottes ont été identifiées sur la base de leur forme et de leur taille) [47-53].

Pour l'échantillonnage des excréments, nous avons tenté de réduire au minimum les biais inhérents à l'échantillonnage afin d'éviter les fausses analyses [46]. Par exemple, pour diminuer la pseudo-réplication de crottes indépendantes sur un site de prédation, nous n'avons collecté qu'une seule crotte par grappe GPS ou par emplacement aléatoire [46].

Les excréments ont été classés comme appartenant à des sites d'alimentation, à d'autres grappes GPS ou à des découvertes opportunistes. Tous les excréments ont été lavés à l'eau à travers un tamis métallique (maille de 1,5 mm), ne laissant que les restes de proies non digérées, principalement des poils et des fragments d'os. Ensuite, dans chaque excrément, 20 poils ont été choisis au hasard et placés sur des lames de microscope pour être examinés ultérieurement au microscope [46]. L'identification des poils a été faite selon l'échelle de la cuticule et les patrons de la médulla [46].

Nous avons utilisé la fréquence d'occurrence des différents éléments de proie (étant la fréquence d'occurrence ajustée à 100%) et la biomasse relative [44,54]. Pour analyser la fréquence d'occurrence de chaque proie dans les excréments, nous avons calculé son occurrence par rapport au nombre total de proies identifiées dans les excréments [46]. Nous avons utilisé cette méthode pour tenir compte des cas où plus d'une proie a été trouvée dans les excréments. Nous avons appliqué le facteur de correction de Weaver et al. 1993 [55] aux données d'occurrence, $Y = 0,439 + 0,008X$, où Y est le poids de la proie consommée par excrément récupérable (kg/excrément) et X est le poids corporel moyen de la proie [56] (Tableau S1). Partant du principe qu'une petite proie ne constitue pas un excrément total, nous n'avons pas appliqué le facteur de correction aux proies de moins de 2 kg [46]. Pour calculer la biomasse de chaque proie consommée, le facteur de correction pour cette proie a été multiplié par l'occurrence de la proie donnée par rapport à toutes les proies. Ensuite, pour mesurer la quantité relative de biomasse consommée de chaque proie, nous avons divisé la biomasse consommée de chaque proie par la biomasse totale consommée. Le pourcentage de carcasses consommées a été calculé en divisant le nombre de carcasses consommées par le nombre total de carcasses consommées, multiplié par 100.

Nous avons utilisé des tests G (test t indépendant) pour déterminer si la composition estimée des proies était similaire pour les « analyses de groupes GPS » et les « analyses de crottes » (en utilisant toutes les crottes trouvées) [53].

Comportement alimentaire spatial des loups. Afin de déterminer la relation spatiale entre les sites de prédation et d'élimination des déchets et les établissements humains, nous avons comparé la distance (m) de l'établissement humain le plus proche entre les groupes d'alimentation observés et

un ensemble d'emplacements aléatoires (N = 312) dans les domaines vitaux des loups. Nous avons utilisé le test du rang signé de Wilcoxon pour déterminer si les loups avaient tendance à se nourrir plus près des établissements humains que ce qui était prévu au hasard. De plus, nous avons créé une zone tampon circulaire d'un kilomètre autour de chaque site d'alimentation, de chaque établissement humain et de chaque décharge à l'intérieur des domaines vitaux des loups, ainsi qu'autour de l'emplacement des attaques de loups sur des humains rapportées depuis 2001 [39], afin d'évaluer l'existence d'un chevauchement spatial entre les groupes d'alimentation et l'emplacement des attaques, des décharges et des établissements humains. Pour ce faire, nous avons évalué le chevauchement spatial entre les différentes zones tampons en utilisant Arc GIS Version 10.4 (ESRI, Redlands, CA). Nous avons utilisé les emplacements des attaques confirmées de loups sur des humains, basées sur le travail précédent de Behdarvand et Kaboli [2015], ainsi que des données supplémentaires sur les attaques de loups fournies par le département de l'environnement de Hamadan (HDOE). L'emplacement des établissements humains et des décharges dans les domaines vitaux des loups a été obtenu auprès du HDOE. Les procédures statistiques ont été exécutées à l'aide du logiciel Arc GIS.

RESULTATS

Grappes GPS

Entre octobre 2015 et mars 2017, nous avons étudié un total de 827 grappes GPS sur le terrain. Dans l'ensemble, nous avons localisé 312 sites d'alimentation (Tableau 1). Il est important de noter que la plupart des sites d'alimentation (57,6%) ainsi que les sites de recherche (50,6% des 425 sites de recherche au total), étaient situés autour des établissements humains, des décharges et des fermes avicoles (moins de 1 km) (Tableau 1). Parmi les 312 groupes de sites d'alimentation, 142 événements ont été associés à un comportement prédateur (sites de capture) et 170 groupes ont été associés à un comportement de charognage (46% d'événements de prédation et 54% d'événements de charognage) (Tableau 1). Le charognage des animaux domestiques s'est produit près des maisons et des terres agricoles (agriculture sèche et agriculture irriguée) où les carcasses de bétail mortes de causes autres que les loups étaient éliminées par les populations locales (Fig 2). D'autre part, le charognage de la faune sauvage a été enregistré près des routes, où des animaux tels que le renard roux (*Vulpes vulpes*) et le chacal doré (*Canis aureus*) ont été tués sur la route (Tableau 2).

Tableau 1. Nombre de grappes GPS étudiées par loup dans les comtés de Hamadan et d'Alisadr. Les grappes ont été classées en sites d'alimentation (sites de prédation et de charognage), sites de repos, sites de recherche et sites inconnus

Individual	Number of cluster investigated	Rest	Feeding site		Searching site	Unknown
			Predation	Scavenging	Near poultry and in dumpsite	
WF1	330	10	40	70	200	10
WM1	400	30	90	95	155	30
WF2	97	5	12	5	70	5
Total	827	45	142	170	425	45

Tableau 2. Restes alimentaires localisés à l'aide de grappes GPS dans les sites de prédation et de charognage

Prey type	kill sites (142)					scavenging sites (170)			
	Estimated mean weight of prey (kg)	N. of kills	% of kills	Biomass consumed (kg)	Biomass consumed as % of all kill sites	No. of carcass eaten	% of carcass eaten	Biomass consumed (kg)	Biomass consumed as % of all kill sites
Livestock (sheep)	25	106	74.6	2650	91.09	115	67.6	2875	22.8
Livestock (cattle)	450	0	0	0	0	21	12.3	9450	75.0
European hare	3.5	28	19.7	98	3.36	0	0	0	0
Golden jackal	11	1	0.7	11	0.37	16	9.4	176	1.4
Red fox	5	2	1.4	10	0.34	18	10.6	90	0.7
Dog	28	5	3.5	140	4.81	0	0	0	0
Total	553.5	142	100	2909	99.97	170	100	12591	99.9

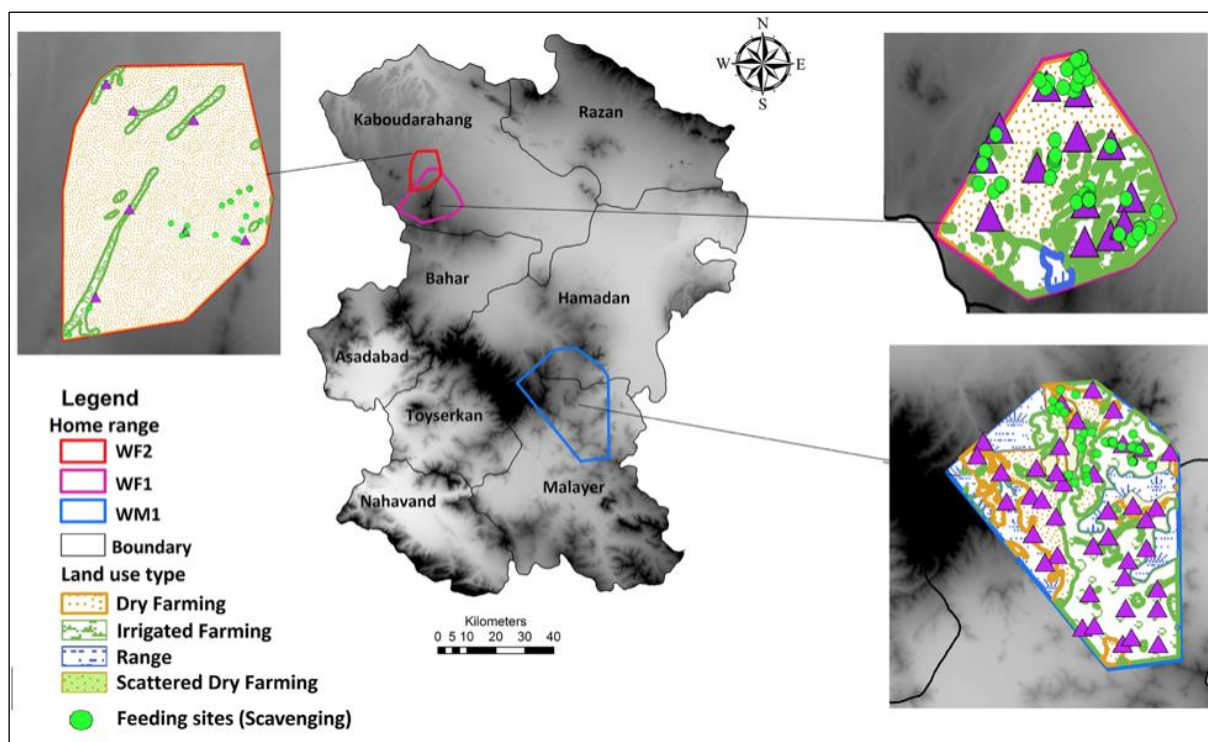


Fig 2. Charognage d'animaux domestiques par des loups équipés (WM1, WF1 et WF2) près de maisons et de terres agricoles dans la province de Hamadan (la carte DEM a été téléchargée à partir de la base de données WorldClim (www.worldclim.org))

Sur les sites de prédation (WF1 : $n = 40$, WM1 : $n = 90$, WF2 : $n = 12$), nous avons identifié des proies appartenant à cinq groupes d'espèces. D'autre part, sur les sites de charognage (WF1 : $n = 70$, WM1 : $n = 95$, WF2 : $n = 5$), des restes de trois groupes d'espèces ont été trouvés. Les animaux domestiques représentaient 74,6% des proies identifiées sur les sites de prédation, et ce chiffre était similaire sur les sites de charognage (79,9%) (Tableau 2). Les seules espèces de proies sauvages trouvées dans les grappes GPS étaient le lièvre d'Europe (*Lepus europaeus*) (19,7%), le chacal doré (0,7%) et le renard roux (1,4%) (Tableau 2).

La majorité de la biomasse consommée était du bétail, à la fois dans les clusters GPS et dans les excréments (les détails des restes d'alimentation localisés à l'aide des clusters GPS pour chaque loup muni d'un collier sont fournis dans les Tableaux S2-S4). Dans les sites de charognage, la majorité de la biomasse consommée était également constituée de bétail, en particulier de bovins (Tableau 2).

Nous avons constaté un chevauchement spatial remarquable entre les groupes d'alimentation et les établissements humains (Tableau S5) ; et également entre les attaques de loups et les établissements humains (Tableau S5) ou les sites d'alimentation (Tableau S5, Fig 3). Les loups ont eu tendance à se nourrir plus près des établissements humains qu'à des endroits aléatoires ($Z = -14,36$, $P < 0,001$, $n = 312$).

Analyse des excréments

Nous avons collecté un total de 110 échantillons d'excréments, dont seulement 70 ont été inclus dans les analyses ultérieures selon les critères adoptés pour éviter les biais d'échantillonnage. Le nombre d'échantillons d'excréments dans le domaine vital de chaque loup était de 20 (WF1), 30 (WM1) et 20 (WF2). Nous avons supposé que la majorité de ces excréments étaient produits par

les loups munis de colliers ou par d'autres membres de leur meute. L'analyse des excréments a montré que le bétail (moutons et bovins) (30,7%), les ordures (21,2%), la volaille (14,3%) et les lièvres d'Europe (13,7%) étaient les éléments les plus fréquemment trouvés dans le régime alimentaire des loups (Tableau 3). Les autres espèces de proies identifiées étaient le chien, le renard roux, le spermophile jaune (*Spermophilus fulvus*) et les petits rongeurs (Tableau 3).

Tableau 3. Proies identifiées dans les excréments des loups

Food items	N. of prey items	Occurrence in scats	Prey items occur
Livestock (sheep)	35	50	18.5
Livestock (cattle)	23	32.8	12.2
Dog	5	7.1	2.6
Red fox	2	2.8	1.0
European hare	26	37.1	13.7
Yellow ground squirrel	20	28.6	10.6
Small rodents	11	15.7	5.8
Poultry	27	38.6	14.3
Garbage (i.e., plastic bag)	40	57.1	21.2
Total	189	269.6	100

Les petites espèces de proies (< 2kg), telles que le spermophile jaune et les petits rongeurs, ont été identifiées dans 31 excréments (44,3%). Aucune de ces proies n'a été trouvée à l'aide de grappes GPS. Les ordures (c'est-à-dire le plastique) et la volaille n'ont pas été détectées à l'aide des grappes GPS, probablement parce que les loups investissent très peu de temps dans la consommation de ces articles. Cependant, malgré ces différences, en se basant sur la biomasse relative, le bétail (69,3), le lièvre d'Europe (22,7), le chien (6,20) et le renard roux (1,7) étaient les aliments les plus consommés dans les excréments (Tableau 4), étant les principales proies similaires à celles observées à l'aide des grappes GPS.

Nous avons détecté des différences significatives entre le comportement alimentaire des loups estimé à l'aide des grappes GPS et des excréments en ce qui concerne la composition alimentaire des loups ($G_2 = 4,55$, $P = 0,02$). Les résultats de l'analyse des excréments sont présentés pour le domaine vital des loups dans les Tableaux S6 et S7.

Tableau 4. Biomasse relative consommée par les loups dans la province de Hamadan à partir des excréments. Les échantillons d'excréments ont été analysés en fonction de la présence d'éléments de proie par rapport à tous les éléments de proie identifiés

Prey	Estimated weight of prey (kg)	Correction factor (kg/scat)	Prey items occurrence	Total biomass consumed (kg)	Relative biomass consumed (kg)
Livestock (sheep)	25	0.639	18.5	11.8	16.9
Livestock (cattle)	450	4.039	12.2	49.2	70.7
Dog	28	0.663	2.6	1.7	2.5
Red fox	5	0.479	1.0	0.5	0.7
European Hare	3.5	0.467	13.7	6.4	9.2
Total	61.5	6.287	48	69.6	100

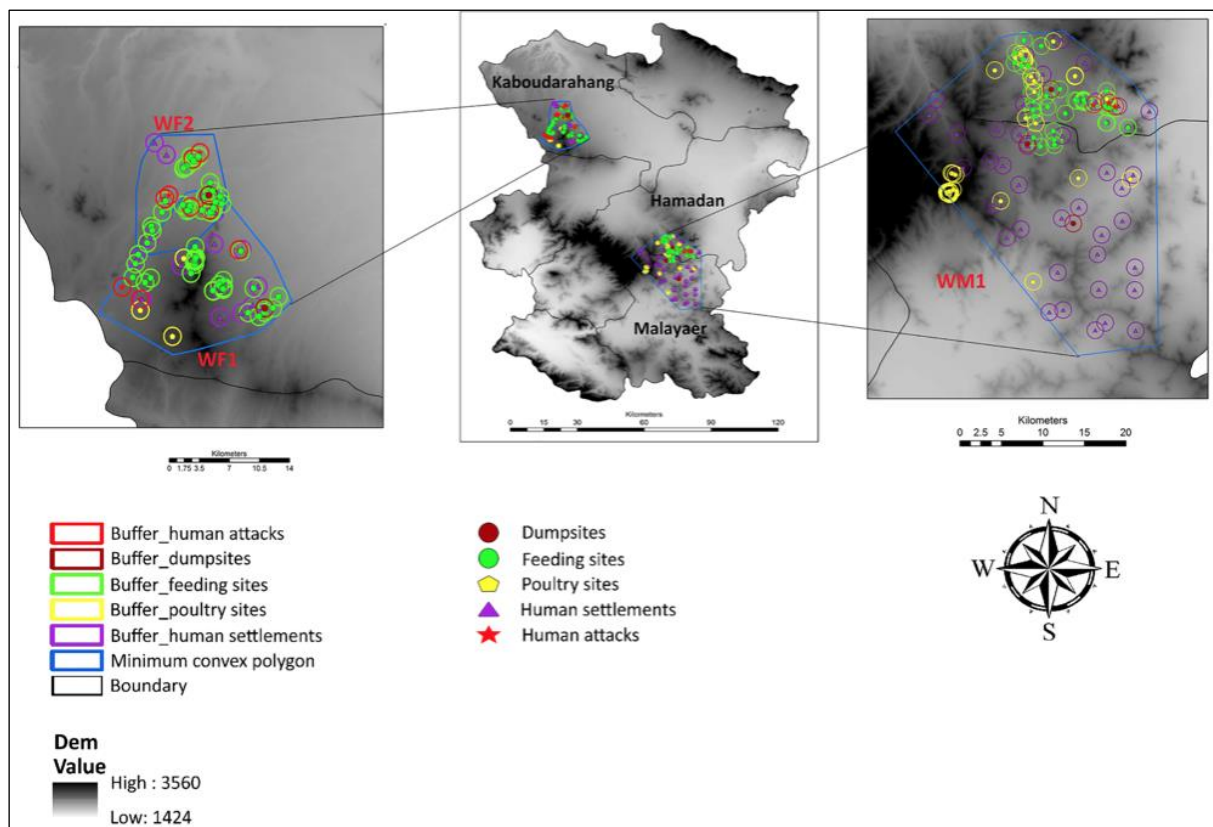


Fig 3. Une zone tampon circulaire de 1 km autour de chaque site d'alimentation, les établissements humains et les décharges situés dans les domaines vitaux des loups (WM1, WF1 et WF2), et l'emplacement des attaques de loups sur des humains enregistrés depuis 2001 (la carte DEM a été téléchargée de la base de données WorldClim (www.worldclim.org))

DISCUSSION

Les loups de notre zone d'étude ont montré un comportement alimentaire **opportuniste**, se nourrissant d'une large gamme d'aliments mais avec une forte **dépendance** aux ressources anthropogéniques, un résultat similaire à d'autres zones avec une faible abondance de proies sauvages [25, 57]. Probablement parce que de telles ressources sont distribuées de manière **inégaie** et **concentrées** près des zones d'activité humaine élevée, la plupart des grappes d'alimentation analysées étaient proches des établissements humains, des fermes et des décharges, où les déchets organiques sont éliminés par les humains. Dans les paysages de l'ouest de l'Iran dominés par l'homme, en conséquence de l'épuisement des proies sauvages et du fait que le bétail est généralement gardé par les bergers - ce qui réduit la vulnérabilité des troupeaux aux attaques des loups -, les loups dépendent également de sources alternatives de nourriture d'origine anthropique, y compris les déchets s'ils sont accessibles [11, 14, 25, 28, 38, 57]. Dans ce scénario, où il peut être difficile pour eux de tuer fréquemment le bétail, les loups semblent agir principalement comme des charognards, avec 55% des événements d'alimentation étant classés comme des événements de charognage.

Ce scénario peut être relativement commun dans différents paysages d'Asie dominés par l'homme, compte tenu de la grande quantité d'ordures et d'espèces d'animaux domestiques dans le régime alimentaire des loups Asiatiques [11]. Par exemple, dans la province de Yazd (centre de l'Iran), où l'abondance des proies sauvages est modérément faible, les loups gris se nourrissent principalement de poulets d'élevage, de chèvres domestiques et de déchets [28]. De précédentes observations de terrain au Moyen-Orient avaient déjà montré une dépendance de cette espèce aux sources de nourriture anthropiques [27, 28, 58, 59].

Le bétail représentait la plus grande proportion de la biomasse consommée par les loups dans cette région, suivi du lièvre d'Europe. Dans la province de Hamadan, en jetant les déchets et les carcasses d'animaux domestiques près des établissements humains, les communautés locales peuvent attirer les charognards facultatifs, tels que les loups, à proximité des établissements humains [11, 60-61]. En fait, nos analyses spatiales confirment ce schéma. Les loups ont tendance à se nourrir plus près des établissements humains que par hasard, ce qui pourrait être un facteur affectant la probabilité d'une rencontre entre les loups et les humains. Dans une étude menée par Krithivasan et al. en 2009 en Inde, les proies les plus fréquemment retrouvées dans les excréments des loups étaient la chèvre, suivie du poulet. En Inde, il a été documenté que dans les zones avec une abondance raisonnable de proies sauvages indigènes, la déprédation du bétail par les loups était beaucoup moins fréquente [57]. Néanmoins, dans un paysage entièrement dominé par l'homme comme celui de notre zone d'étude, le manque d'habitats sauvages et de proies sauvages est dominant et la réintroduction de proies sauvages est confrontée à de sérieuses difficultés car la plupart des habitats des proies sauvages ont été sévèrement dégradés et la restauration de l'habitat ne serait pas réalisable.

La zone d'étude abrite un grand nombre de fermes avicoles qui jettent illégalement des carcasses d'animaux morts dans leurs environs. Dans cette lignée, nous avons trouvé des déchets et de la volaille dans 58% et 39% des excréments, respectivement, ce qui suggère que cette nourriture pourrait avoir été obtenue sous forme de charogne sur les sites de décharge ou autour des fermes avicoles dans les villages environnants. Les déchets organiques sont connus pour devenir une source de nourriture importante pour les loups en cas de pénurie de proies alternatives [16]. Dans une étude de Capitani et al, 2016 sur l'écologie alimentaire des loups en utilisant l'analyse des excréments dans la province de Kars, au nord-est de la Turquie, il a été montré que la plus grande partie de l'apport de biomasse pour les loups était constituée de bétail.

Une étude similaire dans le centre de l'Iran (Ghamishlou Wildlife Refuge) a montré que la forte proportion de bétail dans les excréments des loups était liée à un comportement de charognage plutôt qu'à la prédation, **la maladie étant un facteur de mortalité important dans les troupeaux locaux** [27]. La même chose est probablement vraie pour notre zone d'étude, où nous avons constaté que la plupart du bétail consommé par les loups à collier provenait de carcasses malades abandonnées par les bergers locaux. En l'absence de proies sauvages, l'abandon à ciel ouvert de carcasses de bétail peut en partie aider les loups charognards à persister [62], ce qui peut également influencer le risque de déprédation sur le bétail [28,47].

La fréquence estimée des proies consommées par les loups différait significativement entre les grappes GPS et les excréments. De même que d'autres études, cette étude a montré que l'analyse des échantillons d'excréments révèle une plus grande diversité d'espèces de proies, y compris des proies à petit corps, et qu'elle peut donc fournir une image complémentaire du régime alimentaire des loups, alors que l'étude des sites de mise à mort est biaisée par les espèces de proies à moyen et grand corps [46,63]. Néanmoins, l'analyse des grappes GPS fournit des informations précieuses pour l'évaluation et la gestion des dommages causés au bétail, en permettant de distinguer le charognage des événements de prédation [51], ce qui serait impossible avec la simple analyse des excréments. De plus, contrairement aux excréments, l'analyse par grappes GPS permet une analyse spatiale du régime alimentaire à des échelles fines. En utilisant cette approche, les chercheurs peuvent recueillir des informations précieuses sur le sexe, l'âge et la condition de la proie [53,64],

qui ne peuvent pas être obtenues en utilisant simplement l'analyse des excréments. Nos résultats concernant l'analyse des excréments doivent être interprétés avec une certaine prudence étant donné la faible taille de l'échantillon, ce qui a pu fausser les conclusions.

CONCLUSION

Dans la province de Hamadan, les proies sauvages étaient rarement présentes dans le régime alimentaire des loups, étant constituées d'espèces de mammifères de petite et moyenne taille. Hamadan est donc un bon exemple de zone où les loups ont pu persister en déplaçant leur alimentation vers des sources de nourriture anthropiques, principalement à proximité des établissements humains. Dans une étude similaire menée par Tourani et al. [2014], la recherche de nourriture dans les décharges de volailles par les loups est également rapportée, dans ce cas, il s'agit de la principale source de nourriture. Les fermes avicoles sont mandatées pour brûler les carcasses de poulet dans leurs installations, mais les décharges illégales sont très répandues dans cette région. L'accès des animaux sauvages aux déchets peut exacerber les interactions négatives entre les humains et les animaux sauvages [65].

Nous recommandons fortement aux éleveurs de moutons et aux communautés locales d'éviter d'abandonner les carcasses d'animaux près de leurs pâturages, de leurs maisons et de leurs terres agricoles afin de minimiser l'élimination inappropriée du bétail. Une gestion appropriée des décharges illégales de carcasses d'animaux et des décharges d'ordures réduirait les risques de rencontres homme-loup dans ce scénario [28,66-67]. Des études antérieures sur des zones où les ressources anthropiques étaient essentielles à la persistance des loups [14,25, 56] ont également suggéré que pour réduire le risque de rencontres entre les loups et les humains, une gestion efficace des décharges et de l'élimination des carcasses peut être une intervention importante dans ces zones. Nous encourageons les gestionnaires à entreprendre dans le même temps des recherches préliminaires et à délimiter des actions visant non seulement à réduire l'accessibilité des loups aux carcasses d'animaux et aux déchets organiques, mais aussi à restaurer l'écosystème déséquilibré à moyen terme, en améliorant la base de proies indigènes partout où un habitat approprié et un contexte social subsistent. Une évaluation à long terme de l'écologie des loups dans la province de Hamadan est certainement nécessaire pour proposer des solutions optimales afin de réduire le conflit homme-loup dans cette partie de l'Iran.