

# Évolution de l'activité spatio-temporelle d'une famille de loups dans une réserve naturelle anthropisée du centre de l'Italie : résultats issus d'un suivi par caméra piège au cours de deux périodes consécutives d'élevage des petits




wild



Article

## Changes in the Spatiotemporal Activity of a Wolf Family in an Anthropized Natural Reserve of Central Italy: Insight from Camera Trapping over Two Consecutive Pup-Rearing Periods

Andrea Gallizia <sup>1</sup>, Caludio Capasso <sup>2</sup>, Andrea Brusaferrò <sup>2</sup>, Adriana Vallesi <sup>2,\*</sup> , Francesca Trenta <sup>1</sup>, Matteo Ferretti <sup>1</sup>, Adriano De Ascentiis <sup>3</sup> and Giampaolo Pennacchioni <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre for Studies on Ecology and Biodiversity of the Apennines (CSEBA), 62010 Treia, MC, Italy; gallizia.andrea66@gmail.com (A.G.); trentafrancesca96@gmail.com (F.T.); matteoferretti18@gmail.com (M.F.); gp.pennacchioni@libero.it (G.P.)

<sup>2</sup> School of Biosciences and Veterinary Medicine, University of Camerino, 62032 Camerino, MC, Italy; c.capasso196@gmail.com (C.C.); andrea.brusaferrò@gmail.com (A.B.)

<sup>3</sup> Natural Reserve Oasi WWF Calanchi di Atri, 64032 Atri, TE, Italy; info@riservacalanchidiatri.it

\* Correspondence: adriana.vallesi@unicam.it

Wild 2026, 3, 20

<https://doi.org/10.3390/wild3020020>

### Résumé succinct

Une famille de loups vivant dans une réserve naturelle du centre de l'Italie a fait l'objet d'un suivi à l'aide de pièges photographiques de mai à octobre pendant deux années consécutives. Les résultats ont révélé que, si l'activité des adultes restait relativement stable, celle des louveteaux présentait des variations spatiales et temporelles marquées, ainsi qu'une diminution du nombre d'observations au fil du temps. Ces variations suggèrent une utilisation dynamique du territoire et d'éventuels changements dans la structure de la meute, potentiellement liés à l'intensification des pressions climatiques et anthropiques. Dans l'ensemble, cette étude exploratoire met en évidence la plasticité comportementale de l'espèce face aux changements environnementaux et liés à l'activité humaine. **Cependant**, l'augmentation des perturbations humaines et le changement climatique posent des défis importants en matière de conservation, en particulier dans les zones caractérisées par une forte interaction entre l'homme et la faune sauvage.

### Résumé

L'activité d'une famille de loups des Apennins (*Canis lupus italicus*) vivant dans la réserve naturelle des Calanchi di Atri, en Italie centrale, a été suivie pendant la période post-reproductive (mai-octobre) de deux années consécutives (2023-2024), à l'aide de dix sites équipés de pièges photographiques. Les détections ont été classées en adultes et en louveteaux. Bien que les données couvrent une période limitée et se concentrent sur une seule meute, elles ont permis de mettre en évidence des variations dans l'activité spatio-temporelle de la famille de loups. La première année, l'activité des loups a atteint son pic en

été, les adultes surveillant fréquemment les louveteaux sur des sites de rendez-vous. La deuxième année, l'activité des adultes comme celle des louveteaux a considérablement diminué et s'est accompagnée d'un changement manifeste dans l'utilisation du territoire. Outre des facteurs intrinsèques potentiels, tels que la variabilité individuelle et la dynamique des portées, ces variations peuvent également refléter une augmentation des facteurs de stress environnementaux et des perturbations anthropiques. Ces résultats fournissent des informations sur la manière dont les loups **adaptent** leur comportement dans des paysages modifiés par l'homme et soulignent l'importance d'intégrer la dynamique entre l'homme et la faune sauvage dans les stratégies de conservation et de gestion.

**Mots-clés** : *Canis lupus italicus* ; surveillance de la faune sauvage ; pièges photographiques ; perturbations anthropiques ; stress environnemental

## 1. INTRODUCTION

En Italie, le loup des Apennins (*Canis lupus italicus*) a réussi, au fil des ans, à reconquérir une grande partie de son aire de répartition d'origine, grâce à des mesures de protection spécifiques [1]. Sa présence suscite à la fois un intérêt en matière de conservation et des défis, en particulier dans les zones où les activités humaines, telles que l'agriculture, sont prédominantes [2]. Bien que le loup des Apennins soit essentiellement un prédateur carnivore, son régime alimentaire est opportuniste et dépend de la disponibilité locale des différentes catégories de nourriture. Ses proies principales sont généralement des ongulés, mais, selon le lieu ou la saison, il peut également se nourrir de petits mammifères [3] et, dans une moindre mesure, d'oiseaux, de poissons, d'insectes, de fruits, de légumes et de déchets humains [4]. La prédation sur le bétail constitue un problème majeur lorsque l'habitat du loup et les activités agricoles se chevauchent, entraînant souvent des pertes économiques pour les agriculteurs et des conflits potentiels susceptibles d'entraver les efforts de conservation du loup [5-7].

Dans le cadre du projet Italien PAN (Nature-Farmers Project, de l'Italie : Progetto Allevatori-Natura) visant à protéger les éleveurs locaux contre les prédateurs sauvages [8,9], nous avons mené une étude sur l'activité spatio-temporelle et la dynamique comportementale du loup des Apennins vivant dans la réserve régionale protégée par le WWF « Calanchi di Atri-Teramo », en Italie. La réserve est une zone relativement restreinte où les prédateurs sauvages et le bétail se trouvent souvent à proximité. Elle offre donc une occasion unique d'étudier le comportement animal dans un environnement anthropique.

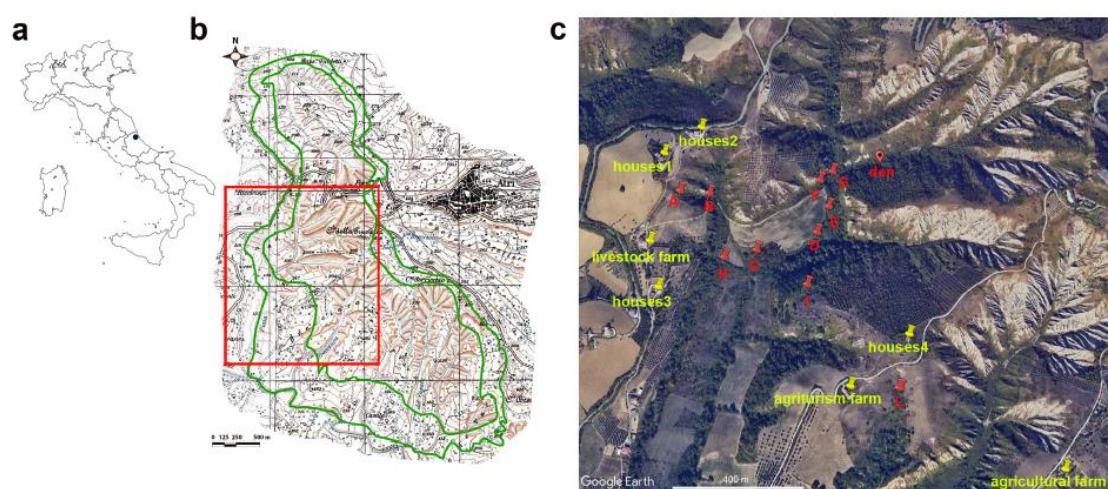
Afin d'explorer l'impact des activités humaines sur les grands prédateurs sauvages, une famille de loups ayant établi une tanière dans la réserve a été suivie pendant la période d'élevage des louveteaux (de mai à octobre) pendant deux années consécutives (2023-2024). Les observations rapportées révèlent que l'activité des loups a atteint un pic significatif pendant les périodes de mobilité et de développement accrus des louveteaux. Même si ces observations concernent une seule meute dans un contexte écologique spécifique, elles suggèrent qu'outre les différences dans la composition des individus observés et les dynamiques sociales, des facteurs anthropiques et environnementaux ont pu fortement influencer l'utilisation du territoire par les loups, incitant les individus à éviter les zones perturbées tout en continuant à exploiter les ressources au sein d'un paysage modifié par l'homme. **Cependant, cette flexibilité comportementale peut entraîner des coûts énergétiques élevés et imposer des contraintes au succès reproductif.**

La compréhension des habitudes des loups pendant la période d'élevage des louveteaux, lorsque les besoins nutritionnels de la famille augmentent considérablement, peut avoir des implications importantes pour la gestion des écosystèmes, en soutenant l'élaboration de stratégies visant à promouvoir la coexistence entre les humains et ce prédateur sauvage.

## 2. MATERIEL et METHODES

### 2.1. Zone d'étude

La réserve « Calanchi di Atri », créée en 1995 et désignée zone de conservation par le WWF en 1999, est située dans le nord de la région des Abruzzes, en Italie, entre le parc national du Gran Sasso et la côte Adriatique, dans la province de Teramo (Figure 1). Les limites de la réserve s'étendent sur une superficie totale d'environ 600 hectares, zone tampon de 220 hectares comprise, entre 106 et 468 mètres d'altitude (site web : <https://riservacalanchidiatri.it/la-riserva/> consulté le 1er février 2026).



**Figure 1.** Cartes de la zone d'étude. (a) Sur la carte de l'Italie, l'emplacement de la réserve régionale des Calanchi di Atri est indiqué par un point noir. (b) Sur la carte géographique, le périmètre de la réserve est délimité par une ligne verte ; la zone où se trouvent les pièges photographiques est encadrée en rouge. (c) Vue détaillée de la zone d'étude, indiquant l'emplacement des pièges photographiques A à L (marqueurs rouges), les principales activités anthropiques (marqueurs jaunes) et la zone susceptible d'abriter la tanière (pointeur rouge). La carte a été générée à l'aide de Google Earth Pro 7.3

La réserve est réputée pour sa forte concentration de badlands, appelés localement « griffures du diable » en raison de leurs formations géologiques saisissantes. Ces badlands sont le résultat de conditions géomorphologiques spécifiques, notamment des sols argileux présentant une teneur particulière en sable, un climat marqué par l'alternance de tempêtes et de saisons sèches, et un manque de végétation. Les formations géologiques remarquables de la réserve créent une mosaïque d'habitats, comprenant des prairies sèches, des affleurements rocheux et des zones boisées clairsemées. Cette variété topographique, associée au climat méditerranéen, produit une gamme de micro-habitats qui abritent différentes espèces.

Malgré des conditions apparemment hostiles, la réserve abrite de nombreuses espèces végétales spécialisées dans la vie en milieux extrêmes. La forte concentration en sodium du substrat, les parois escarpées, les pentes exposées au soleil, la rareté de la matière organique dans le sol et les glissements de terrain fréquents sont autant de facteurs qui influencent la composition floristique de la zone. Parmi les ongulés présents, le sanglier (*Sus scrofa*) et le chevreuil (*Capreolus capreolus*) constituent les principales proies du loup des Apennins. Parmi les autres mammifères de taille moyenne et grande, présents dans la réserve, on trouve la

martre des pins (*Martes foina*), le lièvre brun (*Lepus europaeus*), le blaireau (*Meles meles*), le renard roux (*Vulpes vulpes*) et le porc-épic à crête (*Hystrix cristata*).

## 2.2. Emplacement des pièges photographiques

Dix pièges photographiques Stealth (modèle : CW-200W01, CMOS 2 MP) ont été utilisés pour collecter les données. Les sites appropriés pour installer les pièges photographiques ont été identifiés après avoir testé plusieurs emplacements et sentiers à proximité des fermes situées dans la réserve et près des zones de pâturage (Figure 1), conformément au « projet Agriculteurs-Nature » Italien visant à réduire les conflits entre les prédateurs sauvages et les éleveurs. **De plus**, les emplacements des pièges photographiques ont été choisis en fonction de signes directs et indirects d'activité animale, notamment l'observation d'empreintes, de sentiers naturels et la présence d'excréments [8,9]. Les caméras, numérotées de A à L, ont été installées à des points d'accès clés aux pâturages et aux abris pour le bétail, tels que des sentiers et des buissons adjacents aux prairies utilisées pour le pâturage (Tableau 1).

**Tableau 1.** Distances linéaires (en mètres) entre certains sites équipés de pièges photographiques et les structures anthropiques situées dans la zone d'étude, calculées à vol d'oiseau à l'aide de l'outil de mesure de Google Earth Pro

Starting Point	Point of Interest	Distance (m)
Camera Trap A	Houses 1	132
Camera Trap A	Houses 2	211
Camera Trap A	Livestock Farm 1	182
Camera Trap H	Houses 3	222
Camera Trap H	Livestock Farm	243
Camera Trap I	Houses 4	352
Camera Trap I	Agritourism Farm	338
Camera Trap L	Houses 4	164
Camera Trap L	Agritourism Farm	154
Camera Trap L	Agricultural Farm	560
Camera Trap F	Den	156

## 2.3. Collecte, analyse et traitement des données

Le programme de surveillance des loups prévu s'est concentré sur la période post-reproductive, s'étendant de la sortie des louveteaux de la tanière en mai jusqu'à l'acquisition d'une indépendance suffisante, fin octobre. Les pièges photographiques ont été programmés pour fonctionner de 18h à 8h (heure d'été d'Europe centrale), coïncidant avec les pics d'activité crépusculaire et nocturne typiques des loups, et pour éviter les déclenchements intempestifs et la surcharge de données due à la forte activité diurne des humains et des animaux domestiques au sein de la réserve. Les vidéos ont été collectées régulièrement tous les 10 jours. Pour chaque vidéo, les données recueillies comprenaient : l'emplacement et les coordonnées de la caméra, la date et l'heure de l'enregistrement, les espèces observées, le nombre d'individus par espèce, le sexe (si visible), la catégorie d'âge divisée en adultes (y compris les jeunes loups) et les louveteaux, le type d'activité (par exemple, alimentation, prédation, interaction, marquage, traversée, repos, vocalisation), et toute note supplémentaire. Toutes les données collectées ont été saisies dans un fichier Excel et analysées statistiquement à l'aide de R (R Core Team) [10], avec un seuil de signification fixé à  $\alpha = 0,05$ .

Des analyses spatiales ont également été réalisées dans R. Les emplacements des pièges photographiques ont été résumés en calculant les coordonnées moyennes pour chaque station, sur la base d'un système de coordonnées projetées (Gauss-Boaga). Une matrice de distances euclidiennes entre les pièges photographiques a ensuite été calculée afin de

quantifier les relations spatiales entre les sites d'échantillonnage. La structure spatiale a été évaluée à l'aide de l'indice de Moran I, calculé selon une approche des k plus proches voisins ( $k = 3$ ) pour définir les pondérations spatiales, mise en œuvre dans le package `spdep`. Cette analyse a été appliquée à la fois au nombre de contacts et à la diversité comportementale enregistrés à chaque station de caméra. **Enfin**, une carte d'analyse spatiale, indiquant les emplacements des pièges photographiques dans un système de coordonnées cartésiennes, a été produite à l'aide du package `ggplot2`.

### 3. RESULTATS

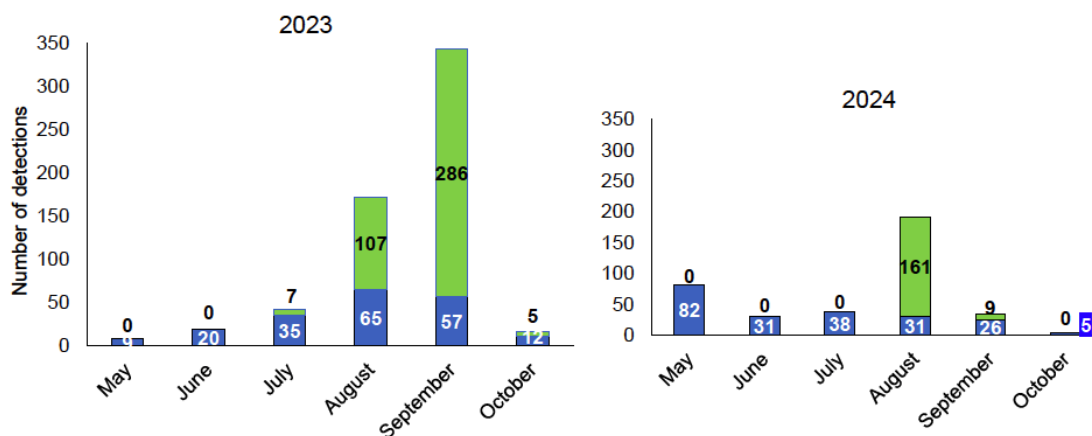
#### 3.1. Comparaison de l'activité temporelle des loups adultes et des louveteaux

Au cours de ces deux années d'observations, les pièges photographiques ont enregistré plus de 8 000 vidéos, dont 710 concernaient le loup des Apennins, pour un total de 986 détections de loups. Contrairement aux autres mammifères (à l'exception du chevreuil), dont les taux de détection sont généralement restés stables ou ont légèrement augmenté entre 2023 et 2024, les détections de loups ont affiché une baisse marquée (Tableau 2).

**Tableau 2.** Nombre total de loups des Apennins et d'autres mammifères recensés dans la zone d'étude en 2023 et 2024

Year	<i>Canis lupus italicus</i>	<i>Hystrix cristata</i>	<i>Martens foina</i>	<i>Capreolus capreolus</i>	<i>Meles meles</i>	<i>Vulpes vulpes</i>	<i>Sus scrofa</i>
2023	603	434	106	21	176	641	7563
2024	383	503	124	4	143	571	8701

Les variations mensuelles des détections de loups ont varié d'une année à l'autre, avec des valeurs particulièrement élevées enregistrées en septembre 2023 et une nette diminution en septembre 2024 (Figure 2).



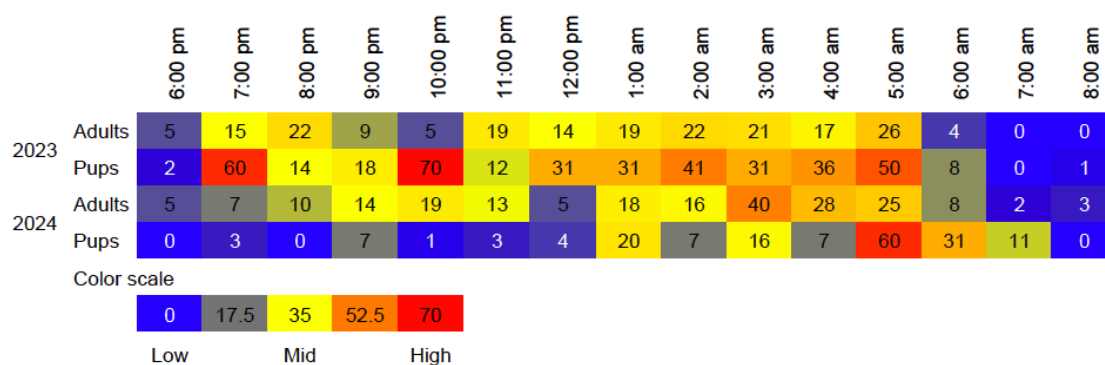
**Figure 2.** Nombre total d'observations de loups adultes (barres bleues) et de louveteaux (barres vertes) entre mai et octobre au cours des deux années consécutives. Le nombre d'observations est indiqué en blanc (adultes) et en noir (louveteaux). La valeur zéro signifie qu'aucune observation n'a été enregistrée

La structure d'âge a également varié de manière significative entre les années d'échantillonnage. La proportion d'observations de louveteaux était nettement plus élevée en 2023 (405 observations sur 603, soit 67%) qu'en 2024 (170 observations sur 383, soit 44%), ce qui indique un changement dans la composition d'âge de la population ou dans l'utilisation de la zone. En 2023, les observations de petits ont augmenté à partir de juillet et ont atteint un pic en août-septembre, avec un maximum en septembre. **En revanche**, en 2024, les petits étaient absents jusqu'en août et leur nombre a fortement diminué par la suite. Dans

l'ensemble, ces résultats suggèrent une forte variation interannuelle de la production reproductive ou de la détectabilité des petits.

Les adultes et les petits étaient actifs pendant la nuit, avec un nombre particulièrement élevé d'observations de petits (Figure 3). L'activité des adultes était similaire en 2023 et 2024, tandis que les observations de petits ont considérablement diminué en 2024. Des corrélations positives modérées ont été observées entre le nombre d'adultes et celui des petits au cours des deux années (2023 :  $r = 0,43$  ; 2024 :  $r = 0,36$ ), ce qui suggère que le nombre plus élevé d'observations d'adultes était associé à un nombre plus élevé d'observations de petits.

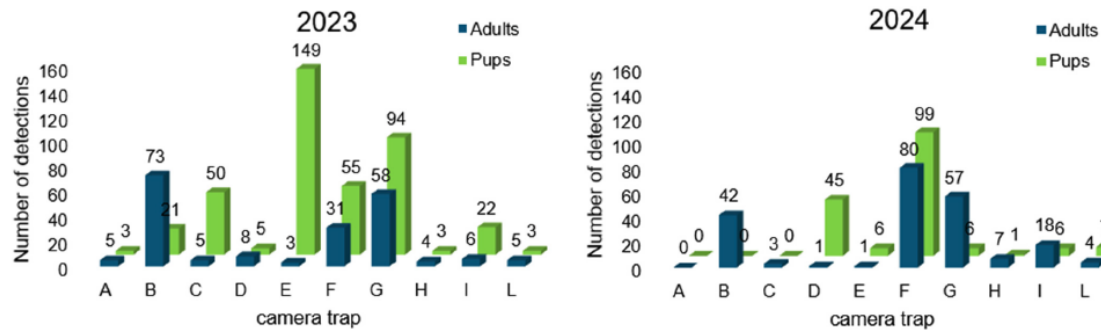
Les adultes étaient actifs tout au long de la nuit, avec un pic entre 2h et 5h du matin. L'activité des louveteaux en 2023 présentait des pics marqués en soirée (19h et 22h) et un pic tôt le matin (5h), tandis qu'en 2024, le nombre de louveteaux était généralement plus faible, l'activité se concentrant entre 5h et 6h du matin. Cette tendance reflète la réduction de l'abondance des louveteaux entre les deux années.



**Figure 3.** Carte thermique des observations horaires de loups adultes et de louveteaux en 2023 et 2024. Les lignes représentent les groupes, et les colonnes les plages horaires d'observation, de 18h à 8h. L'intensité de la couleur indique le nombre d'individus observés, de faible (bleu) à élevé (rouge)

### 3.2. Comparaison de l'activité spatiale des loups adultes et des louveteaux

La comparaison de l'activité spatiale des loups entre 2023 et 2024, suivie sur les dix sites équipés de pièges photographiques (AL) et distinguant les adultes des louveteaux, montre des tendances notables dans l'utilisation de l'espace et la répartition de la population, suggérant une utilisation territoriale dynamique et des changements dans la structure de la meute au fil du temps. En 2023, les pièges photographiques B (73 adultes) et G (58 adultes) ont enregistré la plus forte activité des loups adultes, tandis que les pièges F (55 petits), G (94 petits) et surtout E (149 petits) ont montré une activité significative des petits (Figure 4). Plusieurs sites, dont A, H et L, ont enregistré une activité relativement faible tant pour les adultes que pour les petits. Ces tendances suggèrent que les loups concentraient leur activité dans des zones spécifiques, correspondant potentiellement à des zones centrales du territoire proches de la tanière. En raison des observations fréquentes de louveteaux engagés dans des interactions sociales, les zones entourant les pièges E, F et G ont été identifiées comme des sites clés de rassemblement et des points de rendez-vous potentiels, les louveteaux se rassemblant régulièrement en groupes sur ces sites tout en restant à proximité des pièges photographiques. Le site de rendez-vous proche de l'emplacement E est resté le site préféré, où des activités ludiques ont été observées le plus fréquemment.



**Figure 4.** Activité spatiale des loups enregistrée par les différents pièges photographiques (A–L) en 2023 et 2024. Pour chaque piège photographique, le nombre de détections d'adultes et de louveteaux est indiqué

L'utilisation de la zone proche du piège photographique C – située près de l'installation zootechnique et surplombant une partie de la réserve – suggère une familiarité croissante des louveteaux avec les environs, comme l'indique également une augmentation des marques visibles pendant la période de pointe de l'activité des louveteaux (Figure S1). La même année, les données recueillies par les pièges photographiques B, F et G, ainsi que de nombreuses observations de loups traversant cette zone tout en transportant des proies, ont permis d'identifier un itinéraire de transport de nourriture privilégié. Le transport de nourriture le long de cet itinéraire était systématiquement effectué par des loups adultes ; **en revanche**, le transport de nourriture observé aux points de rencontre C et E était principalement effectué par des louveteaux.

En 2024, des changements notables se sont produits dans la répartition des adultes et des louveteaux. Les pièges photographiques F et G ont systématiquement enregistré un nombre élevé d'adultes et de louveteaux, confirmant le rôle central de ces zones pour la meute à proximité de la tanière. L'activité des loups adultes a augmenté aux points F (31 → 80 adultes) et I (6 → 18 adultes), indiquant un déplacement vers ces zones ou un changement dans les schémas de chasse. En 2024, une nette diminution de la présence de louveteaux a été observée aux points B (21 → 0) et C (50 → 0), comme en témoigne également l'absence de traces fécales aux points de rendez-vous situés à proximité de ces emplacements (Figure S1). Le piège A, le plus proche des fermes et des pâturages, est passé d'une activité modérée en 2023 à aucune détection en 2024, ce qui suggère un abandon potentiel ou un évitement temporaire de la zone. **À l'inverse**, le piège D (5 - 45) a enregistré une présence accrue de louveteaux en 2024, ce qui implique un déplacement de la meute vers ces zones.

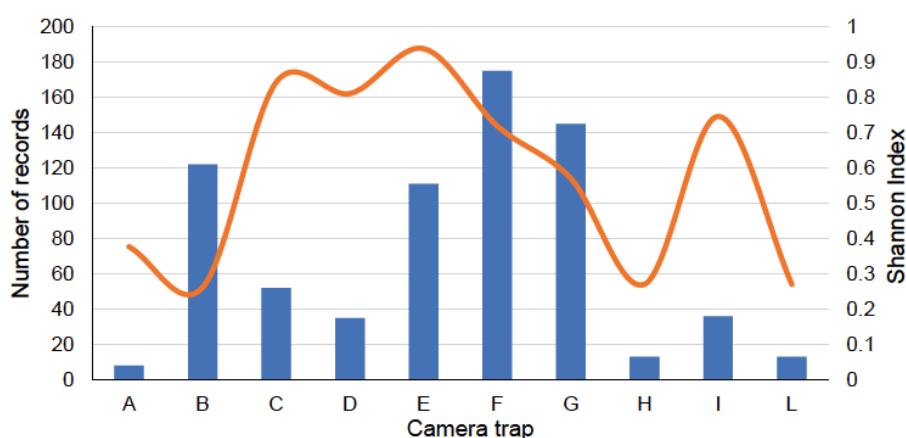
### 3.3. Analyse comportementale

Une analyse combinée de l'activité comportementale des loups en 2023 et 2024 a révélé que les déplacements et le repos étaient les comportements les plus fréquemment enregistrés sur l'ensemble des pièges photographiques (respectivement 568 et 66 enregistrements). Ces deux activités impliquaient généralement un ou deux individus par événement, avec une variabilité limitée à modérée de la taille du groupe. Le transport de nourriture a été systématiquement observé comme un comportement individuel, ce qui suggère que les activités liées à l'alimentation sont principalement solitaires lorsqu'elles sont détectées (34 enregistrements).

**En revanche, les comportements sociaux tels que les interactions, le jeu et les vocalisations étaient relativement rares mais impliquaient généralement plusieurs individus.** Bien que le nombre d'événements enregistrés ait été généralement faible, le jeu était plus fréquent (36 enregistrements) et se caractérisait par des groupes de taille petite à moyenne (nombre moyen

d'individus : 2,5). Les vocalisations étaient peu fréquentes et impliquaient plus d'un individu, bien que le nombre limité d'observations (3 enregistrements) restreigne l'interprétation.

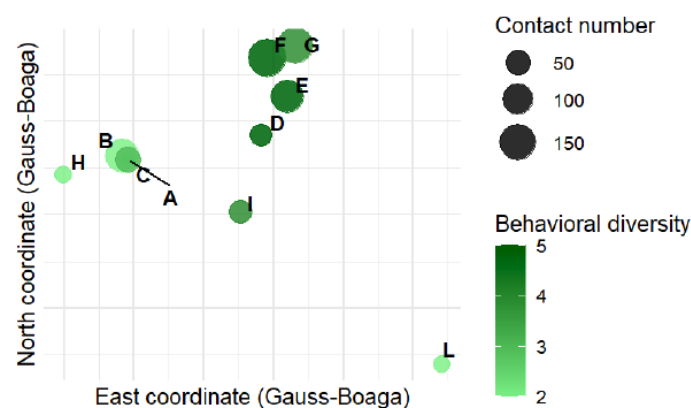
Le déplacement était le comportement prédominant dans les deux classes d'âge, représentant 91% des événements chez les adultes et 68% chez les petits. Des différences marquées sont apparues dans la répartition des autres comportements entre les adultes et les petits ( $\chi^2 = 114,87$ ,  $df = 5$ ,  $p < 0,0001$ ), fournissant une preuve solide que l'âge joue un rôle clé dans la formation des schémas d'activité. Les adultes se livraient presque exclusivement au déplacement, avec seulement quelques rares occurrences d'alimentation (7,4%) et de repos (1,6%), et aucune observation de jeu ou d'interaction sociale. Les petits présentaient un répertoire comportemental plus large : outre le déplacement, ils se livraient fréquemment à des activités sociales et récréatives, le jeu représentant 10,5% des événements et le repos 17,5%. **Les interactions et les vocalisations étaient rares mais présentes** (0,9% chacune).



**Figure 5.** Fréquence des observations comportementales (barres bleues) et diversité comportementale (indice de Shannon ; ligne orange) enregistrées à chaque emplacement de piège photographique. L'activité et la diversité comportementales variaient d'un site à l'autre, ce qui suggère des différences spatiales dans l'utilisation de l'habitat et les fonctions comportementales

L'analyse spatiale des pièges photographiques a révélé une distribution hétérogène tant en termes de fréquence totale que de diversité comportementale (Figure 5). Le plus grand nombre d'enregistrements contenant des événements comportementaux a été enregistré au piège photographique F (175 enregistrements), suivi de G (145 enregistrements), B et E, indiquant des zones d'activité animale plus intense. **En revanche**, les pièges photographiques A, H et L, ont enregistré le plus faible nombre d'événements comportementaux. Il est intéressant de noter que la relation entre la fréquence d'observation et la diversité comportementale n'était pas constante d'un site à l'autre. Les valeurs de diversité les plus élevées, mesurées à l'aide de l'indice de diversité de Shannon (SDI), ont été observées aux emplacements E, C et D (SDI de 0,938, 0,844 et 0,811, respectivement), ce qui suggère que, malgré un nombre total d'enregistrements contenant des activités comportementales inférieur à celui des emplacements F ou G, les comportements sont répartis de manière plus homogène entre les catégories, augmentant ainsi la diversité globale. **À l'inverse**, B, H et L ont affiché les valeurs de diversité les plus faibles (SDI de 0,263, 0,271 et 0,271, respectivement), ce qui reflète à la fois un faible nombre d'événements et une diversité comportementale limitée.

En tenant compte de la répartition géographique des pièges photographiques, la diversité comportementale a montré une structure spatiale claire entre les emplacements des pièges (Figure 6). Le test de Mantel a révélé une corrélation positive entre la distance géographique et la différence comportementale entre les sites ( $r = 0,406$ ,  $p = 0,005$ ), indiquant que les sites plus éloignés avaient tendance à présenter des schémas comportementaux plus distincts. De manière cohérente, l'indice de Moran a indiqué une forte autocorrélation spatiale positive dans la diversité comportementale ( $I = 0,530$ ,  $p = 0,0003$ ), suggérant que les pièges photographiques proches avaient tendance à enregistrer des niveaux similaires de diversité comportementale. Il est à noter que la variation de la diversité comportementale n'était pas systématiquement associée au nombre d'observations ( $I$  de Moran =  $0,169$ ,  $p = 0,064$ ), ce qui renforce l'absence de relation directe entre l'activité et la complexité comportementale.



**Figure 6.** Répartition spatiale des pièges photographiques dans la zone d'étude. Chaque point représente un point d'échantillonnage, situé selon les coordonnées de Gauss-Boaga. La taille des points est proportionnelle au nombre de contacts enregistrés, tandis que l'intensité de la couleur (dégradé de vert) indique la diversité comportementale, exprimée par le nombre d'activités distinctes observées à chaque caméra

#### 4. DISCUSSION

Bien qu'elle se limite à une période de deux ans pour une seule meute de loups, cette étude fournit une description préliminaire des schémas spatiaux et temporels de l'activité des loups au sein de la réserve naturelle relativement petite des Calanchi di Atri. L'activité des adultes est restée globalement stable d'une année à l'autre, tandis que celle des louveteaux a varié de manière marquée, tant en intensité qu'en termes de calendrier. Cette variabilité interannuelle pourrait influencer la stabilité de la cellule familiale, même si un suivi à plus long terme est nécessaire pour en évaluer les conséquences démographiques. Sur le plan spatial, l'activité des adultes a présenté des fluctuations spécifiques à certains sites, tandis que la répartition des louveteaux a connu des changements plus marqués, certaines zones étant abandonnées et d'autres nouvellement occupées.

Les différences observées dans l'activité spatio-temporelle d'une année à l'autre peuvent refléter une variabilité intrinsèque des individus et des dynamiques sociales propres à chaque portée, d'autant plus que les louveteaux représentent des individus différents chaque année. Cependant, les conditions climatiques ont également pu contribuer aux schémas observés. Une sécheresse prolongée, combinée à des températures élevées, s'est produite de fin juin à mi-août 2024 (Figure S2). La pénurie d'eau a probablement conduit les bergers à abandonner les pâturages de haute altitude et à déplacer leurs activités de pâturage vers des zones de plus basse altitude – où la présence des loups était plus constante, comme l'indique le déplacement des moutons vers des zones qui avaient été utilisées uniquement pour la production de foin

les années précédentes (2020-2023) (Gallizia et Pennacchioni, communication personnelle). **Par conséquent**, la présence accrue de bétail autour des pièges photographiques A, B et C, ainsi que les déplacements quotidiens des troupeaux à l'aube et au crépuscule et la présence de chiens de protection et de machines agricoles, ont peut-être joué un rôle dans le fait que la famille de loups a progressivement **évit** cette zone. L'absence de détections de loups par le piège photographique A, situé près de l'exploitation d'élevage, concorde avec des études antérieures indiquant que les loups ont tendance à éviter les zones où l'activité humaine est intense [11-16]. **À l'inverse**, l'activité des loups a augmenté de manière significative au niveau du piège photographique F, suggérant une **redistribution spatiale** plutôt qu'un déclin global. L'utilisation régulière de cette zone indique qu'elle servait de voie d'accès principale à la tanière, ce qui est corroboré par des observations directes du transport de nourriture concentré à cet endroit. **Par conséquent**, la famille de loups a rapidement adapté ses schémas de déplacement tout en restant à proximité de la tanière. De tels ajustements représentent probablement des stratégies d'adaptation visant à minimiser les perturbations tout en conservant l'accès aux ressources essentielles [17-19].

Des facteurs de stress environnementaux ont également pu influencer les résultats reproductifs. La modification des schémas de déplacement et les contraintes potentielles sur l'efficacité de la recherche de nourriture ont pu affecter l'allocation d'énergie et l'investissement parental, contribuant peut-être à la diminution du nombre de détections de louveteaux enregistrées en 2024 par rapport à 2023.

Les observations comportementales ont été fortement dominées par quelques activités clés ; **cependant**, les différences liées à l'âge ont révélé des schémas clairs liés au stade de développement et aux rôles sociaux au sein du groupe. Le décalage entre les niveaux d'activité et la diversité comportementale indique que les sites fréquemment utilisés ne sont pas nécessairement ceux qui favorisent les répertoires comportementaux les plus complexes. Ce résultat souligne l'importance d'intégrer des mesures de la diversité comportementale aux mesures traditionnelles de l'activité lors de l'interprétation de l'utilisation de l'espace à partir des données des pièges photographiques.

La concentration spatiale observée d'une grande diversité comportementale suggère la présence de « points chauds » comportementaux, où les loups s'adonnent à un éventail plus large d'activités. Dans la zone d'étude, ces points chauds étaient situés près de la tanière et pourraient correspondre à des sites écologiques clés tels que des zones d'alimentation, des aires de repos ou des lieux d'interaction sociale. **À l'inverse**, les sites caractérisés par une moindre diversité comportementale pourraient servir principalement de corridors de déplacement, où les animaux sont fréquemment détections mais ne présentent qu'une gamme limitée de comportements.

Dans l'ensemble, les schémas observés dans cette étude suggèrent que les loups peuvent présenter des réponses spatiales **flexibles** dans des conditions environnementales et anthropiques variables. **Cependant**, compte tenu de la nature **exploratoire** de l'étude, des recherches supplémentaires incluant plusieurs meutes et des séries chronologiques plus longues sont nécessaires pour tester ces hypothèses et fournir un soutien inférentiel plus solide.

## References

1. Nowak, R.M.; Federoff, N.E. The systematic status of the Italian wolf *Canis lupus*. *Acta Theriol.* 2002, 47, 333–338. [\[CrossRef\]](#)
2. Ostermann-Miyashita, E.-F.; Kirkland, H.; Eklund, A.; Hare, D.; Jansman, H.A.H.; Kiffner, C.; Linnell, J.D.C.; Rigg, R.; Stone, S.A.; Uthes, S.; et al. Bridging the gap between science, policy and stakeholders: Towards sustainable wolf–livestock coexistence in human-dominated landscapes. *People Nat.* 2025, early view. [\[CrossRef\]](#)
3. Musto, C.; Cerri, J.; Capizzi, D.; Fontana, M.C.; Rubini, S.; Meriardi, G.; Berzi, D.; Ciuti, F.; Santi, A.; Rossi, A.; et al. First evidence of widespread positivity to anticoagulant rodenticides in grey wolves (*Canis lupus*). *Sci. Total Environ.* 2024, 915, 169990. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Peterson, R.O.; Ciucci, P. The wolf as a carnivore. In *Wolves: Behavior, Ecology and Conservation*; Mech, L.D., Boitani, L., Eds.; University of Chicago Press: Chicago, IL, USA, 2003; pp. 104–130.
5. Linnell, J.; Odden, J.; Smith, M.E.; Aanes, R.; Swenson, J.E. Large carnivores that kill livestock: Do “problem individuals” really exist? *Wildl. Soc. Bull.* 1999, 27, 698–705.
6. Gervasi, V.; Salvatori, V.; Catullo, G.; Ciucci, P. Assessing trends in wolf impact on livestock through verified claims in historical vs. recent areas of occurrence in Italy. *Eur. J. Wildl. Res.* 2021, 67, 82. [\[CrossRef\]](#)
7. Piscopo, N.; Gentile, L.; Scioli, E.; Eguren, V.G.; Carvajal Urueña, A.M.; García, T.Y.; Alberti, J.P.; Esposito, L. Management Models Applied to the Human-Wolf Conflict in Agro-Forestry-Pastoral Territories of Two Italian Protected Areas and One Spanish Game Area. *Animals* 2021, 11, 1141. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
8. Guadagno, E.; Gallizia, A.; Galosi, L.; Quagliardi, M. Protection of farms from wolf predation: A field approach. *Land* 2023, 12, 1316. [\[CrossRef\]](#)
9. Muzi, H.; Vallesi, A.; Pennacchioni, G.; Trenta, F.; Ferretti, M.; De Ascentiis, A.; Gallizia, A. Spatiotemporal Activity and Farmers’ Perception of the Red Fox in a Regional Reserve of Central Italy: A Case Study. *Wildl.* 2025, 2, 1. [\[CrossRef\]](#)
10. R Developmental Core Team. *A Language and Environment for Statistical Computing*; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2024.
11. Zub, K.; Theuerkauf, J.; Jędrzejewski, W.; Jędrzejewska, B.; Schmidt, K.; Kowalczyk, R. Wolf pack territory marking in the Białowieża primeval forest (Poland). *Behaviour* 2003, 140, 635–648. [\[CrossRef\]](#)
12. Iliopoulos, Y.; Youlatos, D.; Sgardelis, S. Wolf pack rendezvous site selection in Greece is mainly affected by anthropogenic landscape features. *Eur. J. Wildl. Res.* 2014, 60, 23–34. [\[CrossRef\]](#)
13. Sazatornil, V.; Rodríguez, A.; Klaczek, M.; Ahmadi, M.; Álvares, F.; Arthur, S.; Blanco, J.C.; Borg, B.L.; Cluff, D.; Cortes, Y.; et al. The role of human-related risk in breeding site selection by wolves. *Biol. Conserv.* 2016, 201, 103–110. [\[CrossRef\]](#)
14. Mancinelli, S.; Falco, M.; Boitani, L.; Ciucci, P. Social, behavioural and temporal components of wolf (*Canis lupus*) responses to anthropogenic landscape features in the central Apennines, Italy. *J. Zool.* 2019, 309, 114–124. [\[CrossRef\]](#)
15. Sunde, P.; Kjeldgaard, S.A.; Mortensen, R.M.; Olsen, K. Human avoidance, selection for darkness and prey activity explain wolf diel activity in a highly cultivated landscape. *Wildl. Biol.* 2024, 2024, e01251. [\[CrossRef\]](#)
16. Storch, I.; Tallian, A.; Boitani, L.; Bernardi, C.; Kusak, J.; Şekercioğlu, Ç.; Smith, D.; Vucetich, J.; Zimmermann, B. Wolves across borders. *Wildl. Biol.* 2024, 2024, e01417. [\[CrossRef\]](#)
17. Versluijs, E.; Eriksen, A.; Fuchs, B.; Wikenros, C.; Sand, H.; Wabakken, P.; Zimmermann, B. Wolf Responses to Experimental Human Approaches Using High-Resolution Positioning Data. *Front. Ecol. Evol.* 2022, 10, 792916. [\[CrossRef\]](#)
18. Smith, A.F.; Kasper, K.; Lazzeri, L.; Schulte, M.; Kudrenko, S.; Say-Sallaz, E.; Churski, M.; Shamovich, D.; Obrizan, S.; Domashevsky, S.; et al. Reduced human disturbance increases diurnal activity in wolves, but not Eurasian lynx. *Glob. Ecol. Conserv.* 2024, 53, e02985. [\[CrossRef\]](#)
19. Rio-Maior, H.; Nakamura, M.; Álvares, F.; Beja, P. Planning human-dominated landscapes for wolf conservation: The role of resting habitats. *Landsc. Ecol.* 2025, 40, 178. [\[CrossRef\]](#)