

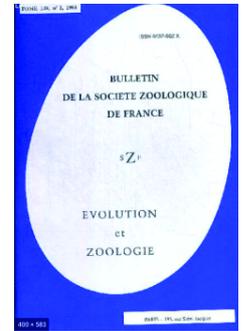


Bulletin de la Société Zoologique de France

2021, volume 146 (3), pages 149 à 157

ISSN : 0037-962X

<http://societe-zoologique.fr/>



Premières données sur les mammifères victimes du trafic routier dans le Nord-Ouest algérien

Djamel ABDELHAMID¹; Farid BOUNACEUR^{*1}, Fatima Zohra BISSAAD² & Stéphane AULAGNIER³

1. Équipe de recherche Biologie de la conservation en zones arides et semi-arides, Laboratoire Agronomie Environnement, Université de Tissemsilt.

2. Laboratoire de Recherche de Bioinformatique, Microbiologie appliquée et Biomolécules (BMAB). Université M'Hamed Bougara de Boumerdes. f.bissaad@univ-boumerdes.dz.

3. Laboratoire Comportement et Écologie de la Faune Sauvage, INRAE, Université de Toulouse, CS 52627, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France.

Correspondance : Farid Bounaceur, <fbounaceur@yahoo.fr>.

Manuscrit reçu le 23/06/2021, accepté le 23/07/2021, mis en ligne le 24/11/2021

Résumé La faune sauvage, notamment les mammifères, est confrontée à une menace croissante, la mortalité causée par les collisions routières. Au cours de nos déplacements hebdomadaires, un dénombrement des cadavres victimes du trafic routier a été entrepris de 2016 à 2019 sur le tronçon Bir Ould Khelifa-Tiaret de la route nationale 14. Un total de 192 spécimens toutes espèces mammaliennes confondues a été recensé, avec un fort effectif de Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*), devant le Lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*), le Sanglier (*Sus scrofa*) et les Carnivores, Renard roux (*Vulpes vulpes*), Genette commune (*Genetta genetta*), Chacal du Sénégal (*Canis anthus*)... Les plus fortes mortalités ont été enregistrées au cours du printemps et de l'été. L'examen des cadavres révèle un nombre important de mâles, plus enclins à effectuer des déplacements en période de reproduction.

Mots-clés Collisions routières, mortalité, méditerranéen, carnivores, conservation.

First data on wild mammal road-kills in north-western Algeria

Abstract Nowadays, wildlife suffers from increasing mortality due to road-kill. Carcasses of mammals were recorded along the National Road 14 between Bir Ould Khelifa and Tiaret during weekly journeys from 2016 to 2019. A total of 192 carcasses of mammals were identified, including a very high number of Algerian hedgehog (*Atelerix algirus*). The other main mammal road-kills were rabbit (*Oryctolagus cuniculus*), wild boar (*Sus scrofa*) and the carnivores red fox (*Vulpes vulpes*), common genet (*Genetta genetta*) and African golden wolf (*Canis anthus*). The highest number of carcasses was recorded in the spring and the summer. Mortality was male-biased due to their movement behaviour during the reproductive period.

Keywords Road casualties, mortality, Mediterranean, carnivores, conservation.

Introduction

L'explosion démographique de la population humaine favorise le développement d'infrastructures routières à travers le monde, ce qui a suscité de nombreuses inquiétudes quant à la pression anthropique exercée ces dernières décennies sur l'environnement et les habitats de la planète Terre (HADDAD, 2015 ; LAURANCE *et al.*, 2015 ; VAN DER REE *et al.*, 2015). IBISCH *et al.* (2016) ont montré que les routes principales fractionnent la surface terrestre du

globe en 600 000 parcelles environ, dont plus de la moitié ont une superficie <1 km², et seulement 7 % mesurent plus de 100 km². Ces infrastructures exercent une forte menace sur la biodiversité en réduisant et fragmentant les biotopes naturels et en dégradant la qualité du paysage (SAUNDERS *et al.*, 2002 ; COFFIN, 2007 ; BENNETT, 2017). Les conséquences sur la faune sauvage peuvent être délétères, affectant jusqu'à la viabilité de populations, conduisant parfois à des extinctions locales (BENITEZ-LOPEZ *et al.*, 2010 ; VAN DER REE *et al.*, 2011).

L'un des plus importants impacts directs des routes est la collision des animaux avec les véhicules (FORMAN & ALEXANDER 1998 ; BENNETT, 2017) qui pourrait causer des millions de victimes par an dans le monde (NYHUS, 2016). Dans leur examen sur les effets écologiques des routes, FORMAN & ALEXANDER (1998) ont conclu que, « au cours des trois dernières décennies, le nombre d'animaux victimes du trafic routier va probablement dépasser la chasse comme principale cause de mortalité des vertébrés terrestres ». À titre d'exemple, en Belgique, des inventaires de terrain ont permis d'extrapoler le nombre de vertébrés victimes de collisions routières à 4 millions chaque année (RODTS *et al.*, 1998).

Aux États-Unis, ce nombre est estimé à plus d'un million chaque jour (ERICKSON *et al.*, 2005 ; LOSS *et al.*, 2014). Les mammifères comptent parmi les groupes les plus affectés ; ainsi, environ 29 millions des mammifères seraient tués chaque année sur les routes en Europe (BISSONETTE *et al.*, 2008 ; LANGBEIN *et al.*, 2011 ; GRILO *et al.*, 2020).

Réduire la mortalité induite par les infrastructures routières réside dans l'identification des sites de franchissement dont l'emplacement peut varier en fonction des types d'habitats et du paysage caractéristiques entourant les différents segments de route (ČERVINKA *et al.*, 2015 ; RUSSO *et al.*, 2020).

En Algérie, le développement économique, l'augmentation du niveau de vie de la population au cours des dernières décennies où l'acquisition de véhicules est devenue une nécessité pour chaque ménage, ont augmenté considérablement le parc automobile, induisant une intensité croissante du trafic routier, cause de mortalité pour des vertébrés sauvages ou domestiques.

Peu de données sont disponibles sur la mortalité routière des mammifères en Algérie. Aucune étude n'a été réalisée en dehors de l'unique travail qui a quantifié la mortalité routière du Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) sur un transect routier de 100 km entre Béjaïa et Bouira dans l'Est algérien (MOUHOU-SAYAH *et al.*, 2009).

Deux études récentes ont par ailleurs identifié le trafic routier comme cause de mortalité chez l'Hyène rayée (*Hyaena hyaena*) (BENAMEUR-HASNAOUI *et al.*, 2019 ; DEROUICHE *et al.*, 2020). Devant cette lacune, nous avons jugé utile d'établir un premier constat sur l'identité et le nombre des mammifères victimes du trafic routier sur un parcours de 150 km de la route nationale 14 qui traverse différents biotopes (terres agricoles, forêts, milieux ouverts et limites d'un Parc National).

Nous avons essayé de recenser sur une base hebdomadaire entre 2016 et 2019 les lieux de collisions routières et évaluer l'incidence spatiotemporelle du trafic routier sur les différentes espèces, à l'exclusion des petits mammifères dont la recherche nécessite un déplacement pédestre (MORELLE & GENOT, 2012) et qui sont rapidement emportés par des charognards.

Matériel et méthodes

Recueil de données

Le protocole s'appuie sur le repérage à bord d'un véhicule des cadavres d'animaux le long d'un itinéraire routier de la

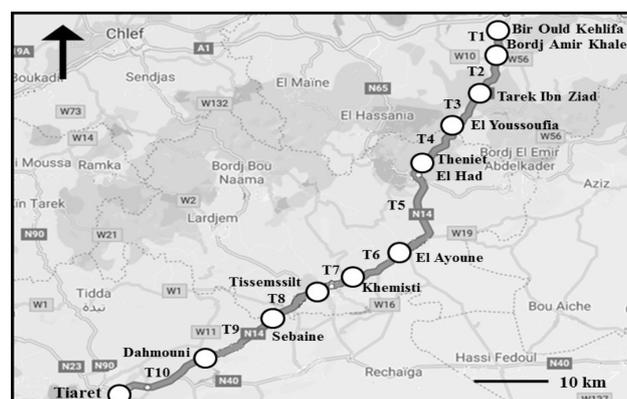
route nationale 14 de la sortie de la commune de Bir Ould Khelifa, wilaya de Ain Defla, jusqu'à l'entrée de la ville de Tiaret, soit un parcours de 165 km (Figure 1).

Cet itinéraire a été emprunté par les deux observateurs (AD et BF) lors de leurs déplacements hebdomadaires au cours de l'année (un aller et retour pour chaque observateur soit quatre journées de recueil de données par semaine). Toutefois, les observations ont été interrompues au cours des périodes de vacances d'hiver (15 jours), de printemps (15 jours) et d'été (60 jours).

L'enregistrement des observations d'animaux tués par collision a été effectué à l'aide d'une fiche « collision » unique à chaque découverte de cadavre en bordure de route. En raison des conditions de repérage des cadavres, seuls les grands et moyens mammifères ont été pris en compte.

Traitement et analyse des données

Pour chaque animal, l'espèce, la date, l'emplacement, l'environnement immédiat, le sexe et âge (mâles ou femelles, adultes ou juvéniles) ont été notés. Ces deux derniers paramètres n'ont pu être évalués pour les spécimens très endommagés qui ont été classés dans une catégorie « Indéterminés ». Le parcours de Bir Ould Khelifa jusqu'à Tiaret a été divisé en dix tronçons de 7 à 12 km en fonction des différentes agglomérations qui jalonnent la route, ce qui nous permettra de déterminer les habitats et/ou les secteurs à haut risque de mortalité. Un indice de mortalité routière ($Imr = \text{nombre de cadavres par kilomètre et par an}$) a été calculé : $Imr = 365 * c / s * d$, avec c le nombre de cadavres trouvés au cours de l'année pendant la période s (en jours) et la distance d (en km) (MOUHOU-SAYAH *et al.*, 2009). La corrélation entre nombre de cadavres et longueur des tronçons ou nombre d'ouvrages a été évaluée par le coefficient ρ de Spearman, la répartition des cadavres en fonction des tronçons par un test de Chi-carré.



- Plaines alluviales: association d'herbiers et d'arboriculture d'irrigation.
- Contreforts des montagnes : couvert végétal avec des arbres rustiques et des pinèdes.
- Région montagneuse : strate arborescente et pelouses alpines.

Figure 1

Itinéraire pour le suivi des mammifères victimes des collisions routières le long de la nationale 14 entre Bir Ould Khelifa et Tiaret (nord-ouest algérien).

The National Road 14 between Bir Ould Khelifa and Tiaret (north-western Algeria) which was surveyed for mammal road-kills.

Résultats

Analyse spécifique des mammifères victimes des collisions routières

Le recensement des mammifères affectés par les collisions routières montre une écrasante majorité de Hérisson d'Algérie avec un taux cumulé sur les quatre années de 68,2 %, avec un nombre relativement constant au cours des quatre années (Tableau 1). La deuxième espèce recensée est le Lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*) avec 9,38 % des cadavres ou 4 à 6 spécimens par an, beaucoup plus souvent rencontré que le Lièvre méditerranéen (*Lepus mediterraneus*). Le seul ongulé sauvage, le Sanglier (*Sus scrofa*), juvéniles ou marçassins, arrive en troisième, surtout à la faveur de l'année 2017. Les Carnivores comptent surtout des victimes parmi le Renard roux (*Vulpes vulpes*), la Genette commune (*Genetta genetta*), le Chacal du Sénégal (*Canis anthus*) et la Mangouste ichneumon (*Herpestes*

ichneumon). Un seul Chat ganté (*Felis lybica*) a été identifié, ainsi qu'un seul Porc-épic (*Hystrix cristata*).

L'année 2017 a été la plus « meurtrière » avec un indice de mortalité routière de 0,45 nettement supérieur aux trois autres. C'est aussi l'année qui a permis de recenser le nombre maximal de cadavres pour toutes les espèces, y compris celles qui n'ont été observées qu'une seule fois.

Analyse spatiale des mammifères victimes des collisions routières

La mortalité n'est pas corrélée à la longueur des tronçons ($\rho = 0,430$, $p > 0,05$), mais à des tronçons particuliers ($\chi^2 = 85,12$; $ddl = 9$; $p < 0,001$) avec un maximum de 67 cadavres pour le tronçon de 25 km entre Theniet el Had à Layoune, alors qu'il n'est que de 22 pour le tronçon de 27 km entre Tissemsilt et Sebaine (Tableau 2). L'indice de mortalité routière indique que le tronçon le plus mortifère

Tableau 1

Nombre de mammifères (n), par espèce, victimes de collisions routières sur la nationale 14 entre Bir Ould Khelifa et Tiaret (Algérie) de 2016 à 2019.

Number of individuals (n) of mammal species recorded as road-kills on National Road 14 between Bir Ould Khelifa and Tiaret (Algeria) from 2016 to 2019.

Années	2016	2017	2018	2019	Total	%
Taxa	(n)	(n)	(n)	(n)		
<i>Atelerix algirus</i>	31	38	30	32	131	68,2
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	4	6	4	4	18	9,4
<i>Sus scrofa</i>	2	5	1	1	9	4,7
<i>Vulpes vulpes</i>	2	4	1	1	8	4,2
<i>Genetta genetta</i>	1	4	1	2	8	4,2
<i>Canis anthus</i>	1	3	2	0	6	3,1
<i>Herpestes ichneumon</i>	2	2	0	1	5	2,6
<i>Lepus mediterraneus</i>	2	2	0	1	5	2,6
<i>Felis lybica</i>	0	1	0	0	1	0,5
<i>Hystrix cristata</i>	0	1	0	0	1	0,5
Total	45	66	39	42	192	
%	23,4	34,4	20,3	21,9		
I_{mr}	0,30	0,45	0,26	0,28		

Tableau 2

Analyse spatiale des mammifères victimes de collisions routières sur la nationale 14 entre Bir Ould Khelifa et Tiaret (Algérie) de 2016 à 2019 : nombre de cadavres par tronçon et par an et indices annuels de mortalité routière.

Spatial analyses of mammal road-kills recorded on National Road 14 between Bir Ould Khelifa and Tiaret (Algeria) from 2016 to 2019: number of carcasses per road section and per year, and indexes of mammal road-kill.

Tronçons routiers	Nbre de ponts et tunnels souterrains	Distance en km	2016 (n)	2017 (n)	Années 2018 (n)	2019 (n)	Total	Index I _{mr}
Bir Ould Khehlifa / Bordj Amir Khaled	4	6	3	4	2	2	11	2,43
Bordj Amir Khaled / Tarek Ibn Ziad	42	19	3	5	3	2	13	0,90
Tarek Ibn Ziad / El Youssoufia	8	7	0	2	1	0	3	0,56
El Youssoufia / Theniet El Had	39	14	2	2	1	1	6	0,56
Theniet El Had / Layoune	46	25	11	20	18	18	67	3,55
Layoune / Khemisti	3	5	4	8	4	4	20	5,30
Khemisti / Tissemsilt	27	11	4	5	2	1	12	1,44
Tissemsilt / Sebaine	7	27	6	8	3	5	22	1,08
Sebaine / Dahmouni	8	9	7	6	3	5	21	3,09
Dahmouni / Tiaret	17	13	5	6	2	4	17	1,73

Tableau 3

Distribution temporelle des mammifères victimes de collisions routières sur la nationale 14 entre Bir Ould Khelifa et Tiaret (Algérie) de 2016 à 2019.

Temporal distribution of mammal road-kills recorded on National Road 14 between Bir Ould Khelifa and Tiaret (Algeria) from 2016 to 2019.

Saisons	Années	2016 (n)	2017 (n)	2018 (n)	2019 (n)	Total	%
Automne		6	10	4	4	24	12,50
Hiver		3	4	2	2	11	5,73
Printemps		23	33	22	25	103	53,65
Été		13	19	11	11	54	28,13

est Layoune à Khemisti avec 20 cadavres pour seulement 3 km, devant Theniet el Had à Layoune (67 cadavres pour 15 km) et Sebaine à Dahmouni (21 cadavres pour 8 km), qui sont trois secteurs de plaine couverte de cultures de céréales. À l’opposé, les tronçons El Youssoufia à Theniet El Had et Bordj Amir Khaled à Tarek Ibn Ziad qui traversent des secteurs accidentés couverts de forêts claires de pins d’Alep (*Pinus halepensis*) et chênes verts (*Quercus ilex*), occasionnent peu de mortalité (6 et 13 cadavres pour respectivement 14 et 19 km). La seule double voie de 17 km entre Dahmouni et Tiaret s’inscrit dans la moyenne de mortalité sur le parcours.

Le nombre de passages souterrains, tunnels et ponts n’est pas significativement corrélé avec le nombre de victimes ($\rho = 0,039$, $p > 0,10$), même si le tronçon qui compte le moins d’ouvrages, Layoune à Khemisti, est le plus mortifère. Mais le tronçon Theniet El Had à Layoune qui compte le plus d’ouvrages est aussi l’un des plus mortifères.

Variations saisonnières des mammifères victimes des collisions routières

La distribution temporelle de la mortalité montre des variations saisonnières avec une prédominance du printemps

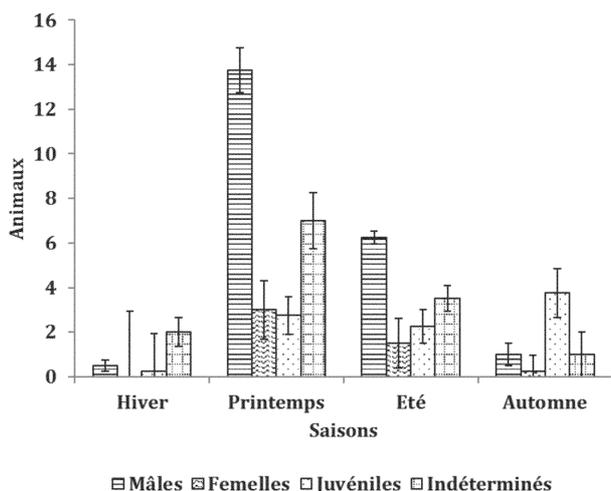


Figure 2

Variations saisonnières, en fonction du sexe et de l’âge, du nombre de mammifères victimes de collisions routières sur la nationale 14 entre Bir Ould Khelifa et Tiaret (Algérie) de 2016 à 2019.

Seasonal variations, according to sex and age, of mammal road-kills recorded on National Road 14 between Bir Ould Khelifa and Tiaret (Algeria) from 2016 to 2019.

qui enregistre plus de la moitié des mammifères victimes du trafic routier (Tableau 3). Le nombre diminue au cours de l’été, puis de l’automne pour atteindre un minimum au cours de l’hiver.

L’examen des tranches d’âges et du sexe en fonction des saisons (Figure 2) indique que les mâles adultes sont les principales victimes du trafic routier, notamment au printemps et en été. La mortalité des cadavres dont le sexe et l’âge sont restés indéterminés et, beaucoup plus faible, des femelles, présente la même distribution. Enfin, les juvéniles constituent l’essentiel des cadavres observés en automne.

Discussion

Analyse globale de la mortalité routière des Mammifères

En préambule, il convient de préciser que les études sur le nombre d’animaux victimes du trafic routier ne peuvent indiquer qu’un nombre minimum, sachant que le nombre de cadavres repérés est généralement sous-estimé. C’est pourquoi certains auteurs, comme BERTHOUD (1980), suggèrent de multiplier le nombre de cadavres de mammifères observés le long d’un axe routier avec un coefficient de 2 à 5 pour donner une valeur plus réaliste de l’incidence des routes sur les animaux.

Pour un parcours de 136 km, le nombre de 192 mammifères victimes de trafic routier en quatre ans de suivi reste très largement inférieur à celui rapporté dans la littérature, possiblement en lien avec un trafic routier assez modeste avec 800 véhicules/h (Service des mines et des transports de la wilaya de Tissemsilt, com. pers.). Ainsi en cinq années dans la vallée de la Soummam, le nombre total des hérissons tués sur la route nationale reliant Béjaïa à Bouira (100 km) était de 459 animaux (MOUHOU-SAYAH et al., 2009). L’indice de mortalité routière des mammifères le long de la nationale 14 est ainsi inférieur à celui rapporté pour le seul hérisson d’Algérie dans la vallée de Soummam où il varie entre 1,38 et 3,13 cadavres/ km/ an (MOUHOU-SAYAH et al., 2009). En Europe occidentale, cet indice pour le seul hérisson européen (*Erinaceus europaeus*) varie entre 0,01 et 5,6 animaux/km/an (REEVE, 1994 ; HUIJSER et al., 1998 ; MORELLE & GENOT, 2012 ; HAIGH et al., 2014). En fonction de l’importance du réseau routier et de la densité du trafic, il peut être plus élevé, comme en Belgique (13,5 ; HOLSBECK et al., 1999) ou aux Pays-Bas (11,9 ; VAN DEN TEMPEL, 1993). La fréquence des collisions est plus élevée sur les routes principales où le

volume de trafic et la vitesse des véhicules sont plus élevés (MCSHEA *et al.*, 2008; LANGBEIN *et al.*, 2011). Néanmoins, le nombre de collisions peut se stabiliser, voire diminuer, au-dessus d'une densité de trafic seuil à partir duquel les animaux évitent de traverser les routes (CLARKE *et al.*, 1998; CLEVENGER *et al.*, 2003; SEILER, 2004; GAGNON *et al.*, 2007). Plus largement, l'incidence de mortalité routière varie considérablement selon les espèces de mammifères, les espèces particulièrement victimes du trafic routier sont généralement largement répandues à la faveur de l'utilisation de différents habitats (VERKAAR & BEKKER, 1991; FORMAN *et al.*, 2003) et en général les plus abondantes (GRILO *et al.*, 2009).

Ainsi les espèces les plus vulnérables sont les hérissons, comme il ressort de notre étude, ou celle de la vallée de Soumam (MOUHOU-SAYAH *et al.*, 2009) et de la réserve de biosphère de Lanzarote (TEJERA *et al.*, 2018) pour *Atelerix algirus*. En Europe, le trafic routier peut tuer jusqu'à 19 % de la population suédoise (GÖRANSSON *et al.*, 1976) et même 26 % de la population néerlandaise d'*Erinaceus europaeus* (HUIJSER, 1999). Des impacts locaux peuvent affecter considérablement le recrutement de la population et sa survie comme il a été identifié en Grande-Bretagne (WEMBRIDGE *et al.*, 2016; PETTETT *et al.*, 2017).

Autre espèce largement répandue et aux effectifs élevés localement, *Oryctolagus cuniculus* est la deuxième victime du trafic routier, comme à Lanzarote (TEJERA *et al.*, 2018). En Irlande, c'est le mammifère le plus souvent retrouvé tué sur les routes (HAIGH, 2012). En Espagne, comme en France, l'espèce est peu présente dans les statistiques qui portent surtout sur les collisions occasionnant des constats (e.g. SAENZ-DE-SANTA-MARIA & TELLERIA, 2015; SAINT-ANDRIEUX *et al.*, 2020). Les dépendances des infrastructures de transport constituent des lisières susceptibles de répondre aux exigences écologiques d'*Oryctolagus cuniculus* et pourraient constituer des axes de développement pour cette espèce (LETTY *et al.*, 2008).

Parmi les Carnivores, *Vulpes vulpes* et *Genetta genetta* apparaissent les plus exposés à la mortalité routière. Pour le Renard roux, nos données sont comparables à celles obtenues en Europe (BAKER *et al.*, 2007; PLANILLO *et al.*, 2018). En Suisse, c'est même la deuxième victime du trafic routier après le Chevreuil (*Capreolus capreolus*) (MEIA, 2016). Au Portugal, GRILO *et al.* (2009) ont rapporté une mortalité de 20 renards pour 100 km. Dans ce pays également, les collisions routières seraient une des principales causes de mortalité de la Genette commune (CAMPS I MUNERA, 2015), qui pourtant tend à éviter les zones proches des routes (GRILO *et al.*, 2008). Les plus faibles incidences sur *Canis anthus* et *Herpestes ichneumon*, et surtout *Felis lybica*, sont à rapporter à leurs plus faibles effectifs et des mœurs plus nocturnes. Ces cas de mortalité de Carnivores ont été recensés seulement dans quelques tronçons, ce qui peut être expliqué par la présence d'habitats privilégiés par ces espèces et par leurs proies (GRILO *et al.*, 2009; PLANILLO *et al.*, 2018).

Nos observations rejoignent des données non encore publiées concernant la mortalité due au trafic routier dans la région des Bibans, wilaya de Béjaïa, où deux années après son ouverture à la circulation automobile, la pénétrante autoroutière de Béjaïa a un fort impact sur la faune sauvage,

selon les constatations quotidiennes des utilisateurs et riverains (Quotidien *El Watan*, 10 janvier 2020). Un militant de l'environnement, Ghilas Himi, rapporte que l'impact sur les Carnivores (genette, mangouste, hérisson, etc.) et sur le Chacal du Sénégal en particulier, est tout simplement dévastateur alors que des centaines de cadavres ont été observés.

Analyse spatiale de la mortalité routière des mammifères

La mortalité routière des mammifères victimes est très variable entre les dix tronçons identifiés, avec une plus forte incidence dans les plaines de cultures, comme dans la vallée de la Soumam. La plus forte mortalité d'*Atelerix algirus* y était concentrée dans des secteurs correspondant à des biotopes tels que les réseaux de haies, les abords des bois, les remblais riches en herbes et arbustes, les prairies et champs cultivés de l'ouest d'El Soummam près des villages faiblement urbanisés (MOUHOU-SAYAH *et al.*, 2009). C'est aussi le cas de la pénétrante autoroutière de Béjaïa, selon le quotidien *El Watan*, qui compte huit « points noirs » sur le tronçon Ahnif à Akbou situés au niveau de couloirs de passage de la forêt vers l'eau de la vallée, notamment au niveau de la localité de Handis (commune d'Ait Rzine), seul couloir entre la chaîne de montagnes et la région boisée des Bibans.

Le parcours routier étudié, qui traverse un relief accidenté, compte un nombre important de passages souterrains, tunnels et ponts en faveur, sans que ces ouvrages aient une influence sur la mortalité routière des mammifères. Leur emplacement dans le paysage et leurs caractéristiques physiques et environnementales n'apparaissent pas assez favorables pour faciliter la traversée de la route nationale 14 en toute sécurité. La maintenance d'ouvrages comme les passages inférieurs (ponceaux) avec nettoyage régulier, surtout pendant le pic de mortalité, devrait améliorer leur utilisation par la faune (GRILO *et al.*, 2013; VILLALVA *et al.*, 2013). Des mesures favorisant la perméabilité de la route doivent être privilégiées à proximité des aires protégées, notamment à la sortie de Theniet El Had, afin de sécuriser la dispersion de la faune. Par ailleurs, le tronçon entre Theniet el Had et Layoune, second le plus mortifère, est situé en bordure du Parc National de Theniet el Had.

Les études menées en Europe montrent que les collisions sont plus fréquentes sur les sections des routes situées entre bois et milieux ouverts du fait que les animaux se déplacent souvent entre des aires de repos protégées et des prairies ou des cultures à la recherche de nourriture, qu'ils soient herbivores ou carnivores (BASHORE *et al.*, 1985; HUBBARD *et al.*, 2000). Lorsque les paysages traversés par les routes sont homogènes, les collisions sont plus uniformément distribuées dans l'espace que dans les paysages hétérogènes (BASHORE *et al.*, 1985; HUBBARD *et al.*, 2000). L'emplacement de passages à faune doit donc tenir compte des caractéristiques du paysage à proximité de la route (CARSIGNOL, 2006; RIGHETTI, 2008).

Analyse temporelle de la mortalité routière des mammifères

Une nette différence de mortalité a été constatée entre les quatre années de suivi, l'année 2017 étant plus mortifère pour toutes les espèces de mammifères, conséquence soit

de départs de feux qui auraient incité les animaux à se réfugier dans la vallée à proximité de la route nationale, soit de densités de population plus élevées liées à des ressources trophiques plus abondantes. Pour le seul *Atelerix algirus*, MOUHOU-B-SAYAH *et al.* (2009) ont noté que la mortalité routière variait légèrement d'une année à l'autre, les différences climatiques pouvant avoir un impact sur les périodes d'activité et notamment retarder la sortie d'hibernation (MOUHOU-B-SAYAH *et al.*, 2008). Une telle variation de mortalité peut aussi s'expliquer par une augmentation ponctuelle du nombre d'animaux (plus forte reproduction) ou des changements de leur comportement (augmentation des mouvements quotidiens ou de la dispersion) en fonction des conditions environnementales (STEINER *et al.*, 2014). L'effectif, mais aussi la densité de population, compte parmi les facteurs qui affectent le nombre de collisions (MYSTERUD, 2004 ; SEILER, 2004). Le comportement est par ailleurs à l'origine du pic de mortalité routière au printemps, voire jusqu'à l'été (MORRIS & BERTHOUD, 1987 ; CLARKE *et al.*, 1998) en réponse à la saisonnalité de la reproduction (notamment des accouplements), de la dispersion des jeunes adultes ou de la recherche de nourriture au sortir de l'hiver (VITALE, 1989 ; CLEVINGER *et al.*, 2003).

Ainsi dans notre étude, les principales victimes au printemps (et été) sont les mâles adultes, souvent à la recherche d'une partenaire, alors qu'en fin d'été et automne, ce sont les juvéniles, en dispersion, qui comptent le plus de victimes. Une telle mortalité routière biaisée en direction des mâles a été rapportée pour *Erinaceus europaeus* (BERTHOUD, 1980 ; KRISTIANSSON, 1990 ; REEVE & HUIJSER, 1999 ; HAIGH *et al.*, 2014) mais aussi pour la Loutre européenne (*Lutra lutra*) (PHILCOX *et al.*, 1999) ainsi que pour les ongulés sauvages, cervidés et Sanglier (SPELLERBERG, 1998 ; SODEIKAT & POHLMAYER, 2003 ; SEILER, 2004). Pour *Atelerix algirus*, MOUHOU-B-SAYAH *et al.* (2009) ont aussi observé un tel biais avec un sex-ratio (m/f) de 1,45, sex-ratio variant entre 1,1 et 1,5 selon les mois pour les *Erinaceus europaeus* victimes de collisions routières aux Pays-Bas (REEVE & HUIJSER, 1999). Cette mortalité saisonnière, essentiellement liée aux mouvements induits par la reproduction, a été également rapportée pour *Paraechinus aethiopicus* en Éthiopie (ABU BAKER *et al.*, 2017). La dispersion des jeunes est une autre cause d'augmentation de la mortalité avérée. Ainsi les pics estivaux de mortalité d'*Atelerix algirus* à Lanzarote (TEJERA *et al.*, 2018), d'*Erinaceus europaeus* en France (MORELLE & GENOT, 2012) ou d'*Oryctolagus cuniculus* en Irlande (HAIGH, 2012) sont associés aux déplacements de juvéniles inexpérimentés sous la pression d'une augmentation saisonnière de la population (KÜNKELE & VON HOLST, 1996).

Pour *Vulpes vulpes*, HAIGH (2012) a montré une augmentation de la mortalité à partir du juillet et septembre, avec notamment un élargissement des domaines vitaux des femelles non reproductrices (HENRY *et al.*, 2005). Des observations similaires ont été recueillies chez d'autres petits carnivores en Europe comme le Blaireau européen (*Meles meles*) qui a tendance à se déplacer davantage au cours de l'été (ROGERS *et al.*, 1998) ou la Fouine (*Martes foina*) qui augmente son activité en journée au printemps (POSILLICO *et al.*, 1995).

Conclusion

L'analyse de la mortalité routière des mammifères, grands et moyens, observée sur un itinéraire parcouru pendant quatre ans dans le Nord-Ouest algérien entre Bir Ould Khelifa et Tiaret a révélé plusieurs sources de variabilité. Variabilité spécifique avec une prépondérance d'*Atelerix algirus* et une forte représentation d'*Oryctolagus cuniculus*, alors que les principaux carnivores étaient *Vulpes vulpes* et *Genetta genetta*. Variabilité spatiale avec des tronçons plus mortifères en relation avec le paysage traversé. Variabilité temporelle avec une plus forte incidence des collisions sur les mâles adultes au printemps (sur les juvéniles à l'automne). Ces données sont en accord avec la littérature, pour autant elles ne permettent pas de mesurer un éventuel impact négatif sur la faune de ces mammifères, ni même d'une seule espèce. Dans un contexte d'augmentation du trafic routier est-il possible de se satisfaire d'un simple constat et ne faudrait-il pas développer des dispositifs permettant la traversée en toute sécurité des routes par la faune ? De tels dispositifs (« passages à faune ») sont devenus obligatoires dans certains pays européens lors de la construction et de l'entretien des infrastructures routières. Ils sont largement utilisés par de nombreuses espèces, dont les Carnivores (CLEVINGER *et al.*, 2001 ; GRILLO *et al.*, 2008). Plus largement des mesures pour limiter, voire éviter, les collisions sont détaillées dans la littérature (e.g. GRILLO *et al.*, 2009 ; GUNSON *et al.*, 2011 ; VAN DER GRIFT *et al.*, 2013 ; VAN DER REE *et al.*, 2015 ; WILLIAMS *et al.*, 2019), mais sont-elles applicables en Algérie ?

Remerciements

Les auteurs remercient la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (DGRSDT).

Références

- ABU BAKER, M.A., REEVE, N., CONKEY, A.A., MAC DONALD, D.W. & YAMAGUCHI, N. (2017).- Hedgehogs on the move: testing the effects of land use change on home range size and movement patterns of free-ranging Ethiopian hedgehogs. *PLoS ONE*, **12**, e0180826.
- BAKER, P.J., DOWDING, C.V., MOLONY, S.E., WHITE, P.C. & HARRIS, S. (2007).- Activity patterns of urban red foxes (*Vulpes vulpes*) reduce the risk of traffic-induced mortality. *Behavioral Ecology*, **18**, 716-724.
- BASHORE, T.L., TZILKOWSKI, W.M. & BELLIS, E.D. (1985).- Analysis of deer-vehicle collision sites in Pennsylvania. *Journal of Wildlife Management*, **49**, 769-774.
- BENAMEUR-HASNAOUI, H., BOUNACEUR, F., OUABED, A. & AULAGNIER, S. (2019).- Présence relictuelle de l'Hyène rayée *Hyaena hyaena* (Mammalia, Hyaenidae) dans l'extrême nord-ouest algérien. *Bulletin de la Société zoologique de France*, **141**, 51-59.
- BENITEZ-LOPEZ, A., ALKEMADE, R. & VERWEIJ, P.A. (2010).- The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis. *Biological Conservation*, **143**, 1307-1316.

- BENNETT, V.J. (2017).- Effects of road density and pattern on the conservation of species and biodiversity. *Current Landscape Ecological Report*, **2**, 1-11.
- BERTHOUD, G. (1980).- Le hérisson et la route. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, **34**, 361-372.
- BISSONETTE, J.A., KASSAR, C.A. & COOK L.J. (2008).- Assessment of costs associated with deer-vehicle collisions: Human death and injury, vehicle damage, and deer loss. *Human-Wildlife Conflicts*, **2**, 17-27.
- CAMPS I MUNERA, D. (2015).- *La Gineta*. Almenara, Tundra, 276 pp.
- CARSIGNOL, J. (2006).- *Routes et passages à faune 40 ans d'évolution. Bilan d'expériences*. Bagnaux, SETRA, 54 pp.
- ČERVINKA, J., RIEGERT, J., GRILL, S. & ŠALEK, M. (2015).- Large-scale evaluation of carnivore road mortality: The effect of landscape and local scale characteristics. *Mammal Research*, **60**, 233-243.
- CLARKE, G.P., WHITE, P.C., & HARRIS, S. (1998).- Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-West England. *Biological Conservation*, **86**, 117-124.
- CLEVENGER, A.P., CHRUSZCZ, B. & GUNSON, K.E. (2001).- Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. *Wildlife Society Bulletin*, **29**, 646-653.
- CLEVENGER, A.P., CHRUSZCZ, B. & GUNSON, K.E. (2003).- Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, **109**, 15-26.
- COFFIN, A.W. (2007).- From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, **15**, 396-406.
- DEROUICHE, L., BOUNACEUR, F., BENAMOR, N., HADJLOUM, M., BENAMEUR-HASNAOUI, H., OUNAS, H., IRZAGH, A., BOUALEM, A., BELMOURES, R., DJEGHIM, C. & AULAGNIER, S. (2020). Distribution and status of the striped hyena *Hyaena hyaena* (Linnaeus, 1758) (Mammalia, Hyaenidae) in Algeria. *Mammalia*, **84**, 421-428.
- ERICKSON, W.P., JOHNSON, G.D. & YOUNG, D.P. (2005).- *A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions*. Technical Report PSW-GTR-191. US Department of Agriculture, pp. 1029-1041.
- FORMAN, R.T.T., SPERLING, D., BISSONETTE, J.A., CLEVENGER, A.P., CUTSHALL, C.D., DALE, V.H., FAHRIG, L., FRANCE, R., GOLDMAN, C.R., HEANUE, K., JONES, J.A., SWANSON, F.J., TURRENTINE, T. & WINTER, T.C. (2003).- *Road ecology: science and solutions*. Covelo, Island Press, 504 pp.
- FORMAN, R.T.T. & ALEXANDER, L.E. (1998).- Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecological Systems*, **29**, 207-231.
- GAGNON, J.W., THEIMER, T.C., DODD, N.L., BOE, S. & SCHWEINSBURG, R.E. (2007).- Traffic volume alters elk distribution and highway crossings in Arizona. *Journal of Wildlife Management*, **71**, 2318-2323.
- GÖRANSSON, G., KARLSSON, J. & LINGREN, A. (1976).- Igelkottenochbiltrafik. *Fauna och Flora*, **71**, 1-6.
- GRILO, C., BISSONETTE, J.A. & SANTOS-REIS, M. (2008).- Response of carnivores to existing highway culverts and underpasses: implications for road planning and mitigation. *Biodiversity and Conservation*, **17**, 1685-1699.
- GRILO, C., BISSONETTE, J.A. & SANTOS-REIS, M. (2009).- Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: consequences for mitigation. *Biological Conservation*, **142**, 301-313.
- GRILO, C., BISSONETTE, J.A. & CRAMER, P.C. (2013).- Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity (pp. 73-114). In *Highways: construction, management, and maintenance*. Hauppauge, Nova Science Publisher Inc., 182 pp.
- GRILO, C., KOROLEVA, E., ANDRÁŠIK, R., BÍL, M. & GONZÁLEZ SUÁREZ, M. (2020).- Roadkill risk and population vulnerability in European birds and mammals. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **18**, 323-328.
- GUNSON, K.E., MOUNTRAKIS, G. & QUACKENBUSH, L.J. (2011).- Spatial wildlife-vehicle collision models; a review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of Environmental Management*, **92**, 1074-1081.
- HADDAD, N.M. (2015).- Corridors for people, corridors for nature. *Science*, **350**, 1166.
- HAIGH, A. (2012).- Annual patterns of mammalian mortality on Irish roads. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, **23**, 58-66.
- HAIGH, A., O'RIORDAN, R.M. & BUTLER, F. (2014).- Hedgehog *Erinaceus europaeus* mortality on Irish roads. *Wildlife Biology*, **20**, 155-160.
- HENRY, C., POULLE, M.L. & ROEDER, J.J. (2005).- Effect of sex and female reproductive status on seasonal home range size and stability in rural red foxes (*Vulpes vulpes*). *Ecoscience*, **12**, 202-209.
- HOLSBEEK, L., RODTS, J. & MUYLDERMANS, S. (1999).- Hedgehog and other animal traffic victims in Belgium: results of countrywide survey. *Lutra*, **42**, 111-119.
- HUBBARD, M.W., DANIELSON, B.J. & SCHMITZ, R.A. (2000).- Factors influencing the location of deer-vehicle accidents in Iowa. *Journal of Wildlife Management*, **64**, 707-712.
- HUIJSER, M.P. (1999).- Human impact on populations of hedgehogs *Erinaceus europaeus* through traffic and changes in the landscape: a review. *Lutra*, **42**, 39-56.
- HUIJSER, M.P., BERGERS, P.J.M. & DEVRIES, H.J.G. (1998).- Hedgehog traffic victims: how to quantify effects on the population level and the prospect for mitigation (pp 171-180). In: Evink G.L., Garrett P., Zeigler D., Berry J. (eds). *Proceedings of the International Conference on Wildlife ecology and Transportation*. Tallahassee, Florida Department of Transportation, 263 pp.
- IBISCH, P.L., HOFFMANN, M.T., KREFT, S., PE'ER, G., KATI, V., BIBER-FREUDENBERGER, L., DELLA SALA, D., VALE, M.M., HOBSON, P.R. & SELVA, N. (2016).- A global map of roadless areas and their conservation status. *Science*, **354**, 1423-1427.
- KRISTIANSSON, H. (1990).- Population variables and causes of mortality in a hedgehog (*Erinaceus europaeus*)

- population in southern Sweden. *Journal of Zoology*, London, 220, 391-404.
- KÜNKELE, J. & VON HOLST, D. (1996).- Natal dispersal in the European wild rabbit. *Animal Behaviour*, **51**, 1047-1059.
- LANGBEIN, J., PUTMAN, R.J. & POKORNY, B. (2011).- Road traffic accidents involving ungulates and available measures for mitigation (pp 215-259). In Putman R.J., Apollonio M., Andersen R. (eds). *Ungulate management in Europe: Problems and practices*. Cambridge, Cambridge University Press.
- LAURANCE, W.F., PELETIER-JELLEMA, A., GEENEN, B., KOSTER, H., VERWEIJ, P., VAN DIJCK, P., LOVEJOY, T.E., SCHLEICHER, J. & VAN KUIJK, M. (2015).- Reducing the global environmental impacts of rapid infrastructure expansion. *Current Biology*, **25**, R259-R262.
- LETTY, J., AUBINEAU, J., PEROUX, R., MARCHANDEAU, S. & O.N.C.F.S. (2008).- Les Lagomorphes et les infrastructures de transport. *Mammalia*, **58**, 500-504.
- LOSS, S.R., WILL, T. & MARRA, P.P. (2014).- Estimation of bird-vehicle collision mortality on U.S. roads. *Journal of Wildlife Management*, **78**, 763-771.
- MCSHEA, W.J., STEWART, C.M., KEARNS, L.J., LICCIOL, S. & KOCKA, D. (2008).- Factors affecting autumn deer-vehicle collisions in a rural Virginia county. *Human-Wildlife Conflicts*, **2**, 110-121.
- MEIA, J.S. (2016).- *Le Renard*. Paris, Delachaux & Niestlé, 183 pp.
- MORELLE, S. & GENOT, J.C. (2012).- Suivi de la mortalité routière de la faune le long de la route départementale reliant Bitche à Sarreguemines. *Annales scientifiques de la réserve de Biosphère transfrontalière Vosges du Nord – Pfälzerwald*, **16**, 130-143.
- MORRIS, P. & BERTHOUD, G. (1987) - *La vie du Hérisson*. Paris, Delachaux & Niestlé, 127 pp.
- MOUHOUB-SAYAH, C., ROBIN, J.P., MALAN, A., PEVET, P. & SABOUREAU, M. (2008).- Patterns of body temperature change in the Algerian hedgehog (*Atelerix algirus*) during autumn and winter (pp 307-316). In: Love-Grove B.G., McKechnie A.E. (eds). *Hypometabolism in animals: hibernation, torpor and cryobiology*. Pietermaritzburg, University of Kwazulunatal, 424 pp.
- MOUHOUB-SAYAH, C., ROBIN, J.P., PÉVET, P., MONECKE, S., DOUMANDJI, S. & SABOUREAU, M., 2009.- Road mortality of the Algerian hedgehog (*Atelerix algirus*) in the Soummam Valley (Algeria). *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, **64**, 145-156.
- MYSTERUD, A. (2004).- Temporal variation in the number of car-killed red deer *Cervus elaphus* in Norway. *Wildlife Biology*, **10**, 203-211.
- NYHUS, P.J. (2016).- Human-wildlife conflict and coexistence. *Annual Review of Environment and Resources*, **41**, 143-171.
- PETTETT, C.E., JOHNSON, P.J., MOORHOUSE, T.P. & MACDONALD, D.W. (2017).- National predictors of hedgehog *Erinaceus europaeus* distribution and decline in Britain. *Mammal Review*, **48**, 1-6.
- PHILCOX, C.K., GROGAN, A.L. & MACDONALD, D.W. (1999).- Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in Britain. *Journal of applied Ecology*, **36**, 748-762.
- PLANILLO, A., MATA, C., MANICA, A. & MALO, J.E. (2018).- Carnivore abundance near motorways related to prey and roadkills. *Journal of Wildlife Management*, **82**, 319-327.
- POSILLICO, M., SERAFINI, P. & LOVARI, S. (1995).- Activity patterns of the stone marten *Martes foina* Erxleben, 1777, in relation to some environmental factors. *Hystrix*, **7**, 79-97.
- REEVE, N.J. (1994).- *Hedgehogs*. London, T. & A.D. Poyser, 304 pp.
- REEVE, N.J. & HUIJSER, M.P. (1999).- Mortality factors affecting wild hedgehogs: a study of records from wildlife rescue centers. *Lutra*, **42**, 7-24.
- RIGHETTI, A. (2008).- Passages à faune en Suisse : aperçu des étapes cruciales en faveur de la biodiversité (pp. 128-137). In : Actes des 4e rencontres "Routes et faune sauvage". Infrastructures de transport et petite faune. Bagnaux, S.E.T.R.A., 153 pp.
- RODTS, J., HOLSBECK, L. & MUYLDERMONS, S. (1998).- *Dieren onder onze wielen*. Koninklijk Belgisch Verbond voor de Bescherming van de Vogels. Brussel, Vubpress, 190 pp.
- ROGERS, L.M., DELAHAY, R., CHEESEMAN, C.L. LANGTON, S., SMITH, G.C. & CLIFTON-HADLEY, R.S. (1998).- Movement of badgers (*Meles meles*) in a high-density population: individual, population and disease effects. *Proceedings of the Royal Society, B Biological Science*, **265**, 1269-1276.
- RUSSO, L.F., BARRIENTOS, R., FABRIZIO, M., DI FEBBRARO, M. & LOY, A. (2020).- Prioritizing roadkill mitigation areas: a spatially explicit national-scale model for an elusive carnivore. *Diversity Distribution*, **26**, 1093-1103.
- SÁENZ-DE-SANTA-MARIA, A. & TELLERIA, J.L. (2015).- Wildlife-vehicle collisions in Spain. *European Journal of Wildlife Research*, **61**, 399-406.
- SAINT-ANDRIEUX, C., CALENGE, C. & BONENFANT, C. (2020).- Analyse comparative des facteurs biologiques et environnementaux associés aux collisions avec les véhicules pour trois espèces de grands ongulés. *Faune sauvage*, **327**, 4-10.
- SAUNDERS, S.C., MISLIVETS, M.R., CHEN, J. & CLELAND, D.T. (2002).- Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region, USA. *Biological Conservation*, **103**, 209-225.
- SEILER, A. (2004). Trends and spatial patterns in ungulate-vehicle collisions in Sweden. *Wildlife Biology*, **10**, 301-313.
- SPELLERBERG, I.F. (1998).- Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters*, **7**, 317-333.
- SODEIKAT, G. & POHLMAYER, K. (2003).- Escape movements of family groups of wild boar *Sus scrofa* influenced by drive hunts in Lower Saxony, Germany. *Wildlife Biology*, **9** (Suppl. 1), 257-263.
- STEINER, W., FRIEDRICH, L. & HACKL-ANDER, K. (2014).- A review on the temporal pattern of deer-vehicle accidents: impact of seasonal, diurnal and lunar effects in cervids. *Accident Analysis and Prevention*, **66**, 168-181.

- TEJERA, G., RODRIGUEZ, B., ARMAS, C. & RODRIGUEZ, A. (2018).- Wildlife-vehicle collisions in Lanzarote Biosphere Reserve, Canary Islands. *PLoS ONE*, **13**, e0192731.
- VAN DEN TEMPEL, R. (1993).- *Vogelslachtoffers in het wegverkeer*. (In Dutch with an English summary: Bird casualties in road traffic). Delft, Vogelbescherming Nederland, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 75 pp.
- VAN DER GRIFT, E.A., VAN DER REE, R., FAHRIG, L., FINDLAY, S., HOULAHAN, J., JAEGER, J.A.G., KLAR, N., MADRIÑAN, L.F. & OLSON, L. (2013).- Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity Conservation*, **22**, 425-448.
- VAN DER REE, R., JAEGER, J.A.G., VAN DER GRIFT, E.A. & CLEVINGER, A.P. (2011).- Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving toward larger scales. *Ecology and Society*, **16**, 48.
- VAN DER REE, R., SMITH, D.J. & GRILO, C. (Eds) (2015).- *Handbook of road ecology*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 552 pp.
- VERKAAR, H.J. & BEKKER, G.J. (1991).- The significance of migration to the ecological quality of civil engineering works and their surroundings (pp. 44-62). In: Van Bohemen H.D, Buizer D.A.G., Little D. (eds). *Nature engineering and civil engineering works*. Wageningen, Pudoc, 139 pp.
- VILLALVA, P., RETO, D., SANTOS-REIS, M., REVILLA, E. & GRILO, C. (2013).- Do dry ledges reduce the barrier effect of roads? *Ecological Engineering*, **57**, 143-148.
- VITALE, A.F. (1989).- Pattern of dispersion of young wild rabbits, *Oryctolagus cuniculus* L., in relation to burrows. *Ethology*, **83**, 306-315.
- WEMBRIDGE, D.R., NEWMAN, M.W.P., BRIGHT, P.W. & MORRIS, P. (2016).- An estimate of the annual number of hedgehog (*Erinaceus europaeus*) road casualties in Great Britain. *Mammal Communication*, **2**, 8-14.
- WILLIAMS, S.T., COLLINSON, W., PATTERSON-ABROLAT, C., MARNEWECK, D.G. & SWANEOEL, L.H. (2019).- Using road patrol data to identify factors associated with carnivore roadkill counts. *PeerJ*, **7**, e6650.