



L'indice nocturne : un indicateur des variations d'abondance des populations de cerfs

La gestion moderne des populations de grands herbivores repose sur le suivi simultané d'indicateurs de changement écologique (ICE). Si ces ICE ont été initialement développés et mis en place pour la gestion des populations de chevreuils, il existe une réelle demande de la part des gestionnaires des populations de cerfs pour lesquelles la mise au point d'indicateurs de ce type est beaucoup moins avancée. Une étude engagée depuis 1978 à La Petite Pierre nous permet aujourd'hui de proposer un nouvel ICE pour cette espèce emblématique. Lumière sur l'indice nocturne, qui doit permettre de suivre les variations d'abondance des populations de cerfs.

Les ICE, une approche moderne pour gérer les populations d'ongulés

Les travaux réalisés ces dernières années sur les méthodes de suivi des populations d'ongulés ont abouti au développement d'indicateurs de changements écologiques ou ICE (voir Morellet, 2008). Cette approche propose aux gestionnaires de réaliser une gestion adaptative de leurs populations, en suivant les tendances de plusieurs ICE au cours du temps. On reconnaît ainsi trois familles complémentaires d'ICE :

❶ ceux qui renseignent sur les variations d'abondance des populations (ex : indice kilométrique ou IK pour le chevreuil) ;

❷ ceux qui renseignent sur la performance des animaux (ex : poids des jeunes, longueur des pattes, taux de bichettes gestantes) ;

❸ ceux qui informent sur la pression qu'exercent les grands herbivores sur leur milieu (ex : indice de consommation ou IC).

Le suivi simultané d'ICE appartenant à chacune de ces trois familles permet d'appréhender la relation entre la population et son environnement ; alors que l'approche basée uniquement sur une estimation d'effectif (ex : comptage flash) ne le permet pas. Grâce à l'étude des variations temporelles des ICE, le gestionnaire peut caractériser le fonctionnement



Contact nocturne dans la réserve de La Petite Pierre avec une biche porteuse d'un collier d'identification.

© A. Larbi.

d'une population et ajuster les mesures de gestion en fonction des objectifs qu'il aura préalablement définis. Cette approche repose sur un suivi à long terme : au fur et à mesure que les données s'accumulent, l'évaluation des variations s'affine, permettant une amélioration constante des mesures de gestion.

La mise au point d'ICE pour chacune des espèces d'ongulés chassées en France

**JEAN-LUC HAMANN¹,
CHRISTOPHE BONENFANT²,
JACQUES MICHALLET³,
HUBERT HOLVECK⁴,
FRANÇOIS KLEIN¹,
MATHIEU GAREL^{1, 3}**

¹ ONCFS, CNERA Cervidés-sanglier – La Petite Pierre.

cneracs@oncfs.gouv.fr

² CNRS, UMR 5558, Université Claude Bernard Lyon 1 – Villeurbanne.
christophe.bonenfant@univ-lyon1.fr

³ ONCFS, CNERA Faune de montagne – Gières.
cnerafm@oncfs.gouv.fr

⁴ ONF – Neuwiller-les-Saverne.
hubert.holveck@onf.fr

constitue un objectif prioritaire pour l'ONCFS et ses différents partenaires. Pour le cerf, des ICE de performance ont déjà été validés, comme la masse corporelle des faons ou le taux de gestation des bichettes (Bonenfant *et al.*, 2002). Par contre, bien que largement pratiqué dans toute la France comme ICE d'abondance, l'indice nocturne n'avait pas encore fait l'objet d'une telle validation.

L'indice nocturne : modalités de mise en œuvre

Sur la base du suivi à long terme de la population de cerfs de la Réserve nationale de chasse et de faune sauvage (RNCFS) de La Petite Pierre (**encadré 1**), nous avons comparé et testé la validité, en tant qu'ICE, de deux indices pouvant renseigner sur les variations relatives d'abondance des populations de cerfs (Garel *et al.*, 2010), à savoir :

- ① le nombre de cerfs détectés par kilomètre de circuit parcouru (noté AI-I) ;
- ② le nombre de groupes de cerfs détectés par kilomètre de circuit parcouru (noté AI-G)¹.

Trois circuits d'une trentaine de kilomètres chacun parcourent l'ensemble des 2 727 ha de la RNCFS de La Petite Pierre, soit une densité moyenne de 3,67 km/100 ha permise par le réseau carrossable relativement important de cette réserve. La fréquence des sorties est de deux par mois de décembre à avril inclus. Pour la validation des deux indices nocturnes, seules les sorties réalisées de février à avril sont prises en compte, afin de s'affranchir de l'impact des prélèvements par la chasse sur les estimations d'effectifs.

Les animaux sont repérés à l'œil nu, très souvent par le reflet du phare dans leurs yeux. Les jumelles permettent ensuite d'affiner les observations. Chaque rencontre avec un groupe de cerfs est reportée sur une carte ; la taille et la composition du groupe sont notées sur une fiche (faons, daguets, biches et bichettes, cerfs

Lors des sorties nocturnes, chaque rencontre avec un groupe de cerfs est reportée sur une carte ; la taille et la composition du groupe sont notées sur une fiche. À partir de ces observations, deux indices d'abondance peuvent être dégagés : le nombre d'individus vus par kilomètre et le nombre de groupes vus par kilomètre.

© A. Larbi.



ou individus non identifiés). Dès que le groupe est identifié, le véhicule repart pour éviter qu'il ne fuie vers une autre zone, ce qui pourrait entraîner un double comptage. À la fin de chaque sortie, les conditions d'observation sont notées sur les fiches pour distinguer les circuits sur lesquels elles étaient optimales (nuit claire, absence de pluie, de nappes de brouillard...) de ceux réalisés dans des conditions moins favorables.

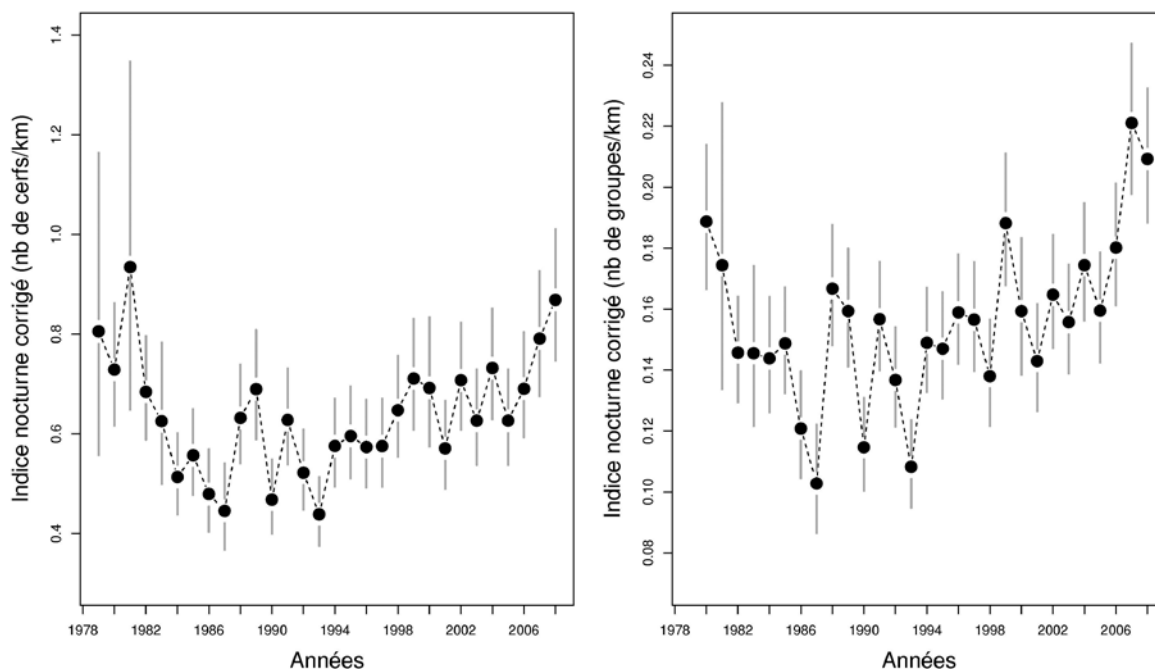
Des variations importantes de l'abondance

Sur les 31 années de suivi, les indices d'abondance moyens ont été de 0,60 animal/km pour AI-I et de 0,15 groupe/km pour AI-G, pour une taille moyenne de 5,1 individus/groupe. De fortes variations interannuelles ont été observées depuis 1979 (**figure 2**). Les prélèvements importants du début des années 1980 (en

¹ Pour plus de détails sur ce protocole, le lecteur pourra se reporter au supplément du *Bulletin Mensuel de l'ONC* n° 62 (1982) : fiche technique n° 9, « Méthodes de recensement des populations de cerf élaphe ».

Figure 2

Variations interannuelles des indices d'abondance AI-I (à gauche) et AI-G (à droite) pour le cerf sur la RNCFS de La Petite Pierre. (On note l'absence de valeur pour AI-G en 1979 car la taille de groupe n'avait pas été rapportée cette année-là.)



moyenne 80 individus par an avant 1983 contre 40 après) ont conduit à une diminution importante des indices suivie d'une période de stabilité relative d'une dizaine d'années. Depuis 2001, les deux indices augmentent de manière continue et similaire ($r = 0,92$).

Des indices sensibles aux conditions d'observation

Comme cela a déjà été démontré chez d'autres ongulés (voir Cugnasse & Garel

(2003) pour le mouflon notamment), les conditions d'observation durant les comptages affectent le nombre des observations réalisées, et donc la valeur moyenne des indices. Par exemple, en présence de nappes de brouillard ou de faible pluie, les valeurs indiciaires obtenues étaient respectivement 24,4 % et 31,6 % plus faibles pour AI-I et AI-G que lorsque les conditions d'observation étaient jugées optimales. Afin de pouvoir comparer de manière fiable les indices phares d'une sortie à l'autre ou d'une année à l'autre,

une correction statistique de ces indices est donc apparue nécessaire. Cette correction a été appliquée dans la suite des analyses.

Un ICE d'« abondance » pour l'espèce cerf

Les effectifs de cerfs ont été calculés à partir des animaux marqués et non marqués qui ont été observés lors des comptages au phare. Pour des raisons statistiques, l'estimation des effectifs n'a été

Encadré 1

La RNCFS de La Petite Pierre, un site approprié pour valider de nouveaux ICE

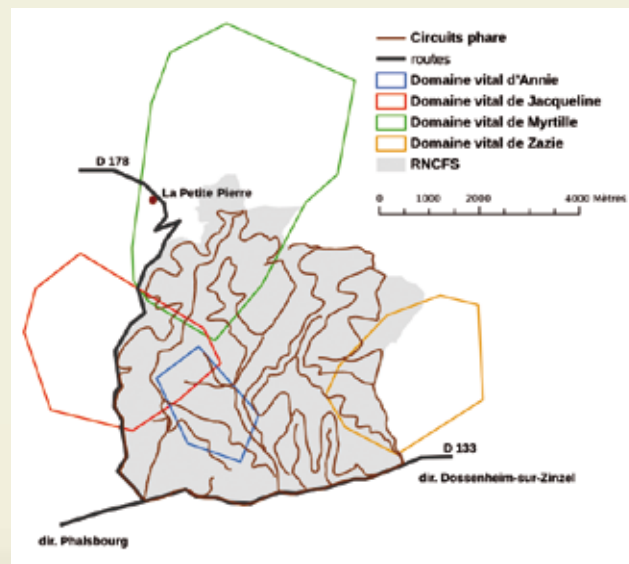
Pour le chevreuil, l'ensemble des ICE développés a été validé sur des sites de référence qui ont pour la plupart la particularité d'être enclos (Chizé et Trois-Fontaines notamment). Sur ces territoires, les indicateurs testés ont été comparés aux variations réelles d'effectifs de la population, estimées par capture-marquage-recapture (CMR, voir *tableau 1*). Cette étape de validation est indispensable pour s'assurer que l'indicateur répond de manière cohérente aux variations d'abondance de la population, ainsi que pour mettre en évidence d'éventuelles limites dans son utilisation. Pour le cerf, la RNCFS de La Petite Pierre est le seul site en France où l'on dispose des suivis et du recul nécessaires pour valider les différentes familles d'ICE. En effet, cette population, suivie depuis 1978 par l'ONCFS en partenariat avec l'ONF, a subi de fortes variations d'effectifs et un nombre conséquent d'individus ont été marqués (380 cerfs et biches entre 1978 et 2010), autorisant l'application de méthodes d'estimation d'effectif par CMR. Le site de La Petite Pierre a déjà permis la validation de la masse corporelle des faons et de la proportion de bichettes gestantes comme ICE de performance.

Il est à noter que la RNCFS est un site ouvert et que les animaux y entrent et en sortent librement. De ce fait, si certains individus ont un domaine vital circonscrit à la RNCFS, pour d'autres il est partiellement chevauchant avec l'extérieur, tandis que certains ne font que pénétrer ponctuellement dans la réserve (*figure 1*). Cependant, tous ces animaux « à risque » sont comptabilisés au moment des comptages. Les estimations d'effectifs consécutives correspondent donc à l'ensemble des cerfs du « bassin versant » sur lequel évoluent les animaux susceptibles d'être observés lors des comptages. Cette zone est en réalité beaucoup plus vaste que la RNCFS elle-même, mais ne concerne qu'une

fraction de la population de cerfs du massif de La Petite Pierre telle qu'elle est définie par les gestionnaires locaux. Pratiquement, il est donc très difficile de connaître la surface occupée par les animaux pris en compte dans cette opération et de calculer une densité de cerfs. C'est pour cela que nous ne parlons que d'effectifs par la suite.

Figure 1

Cartographie des contours de la RNCFS de La Petite Pierre, des circuits de comptages nocturnes et des domaines vitaux de quelques biches équipées de colliers émetteurs ou GPS.



Le marquage d'individus permet de réaliser un suivi des effectifs qui sert de référence pour valider les ICE.

© B. Hamann.

possible que pour 16 des 31 années où le suivi au phare a été réalisé, soit entre 1985 et 2008 (**tableau 1**). La taille médiane de la population est de 281 individus sur l'ensemble de l'étude, après chasse et avant les naissances. Il existe une forte variabilité des estimations entre les années (de 136 en 1993 à 590 en 2002), avec une plus forte incertitude autour de celles à fortes valeurs d'effectifs (par exemple en 1988, 2002 et 2008 – **tableau 1**).

Ces estimations permettent de valider sans ambiguïté les deux indices d'abondance obtenus à partir des comptages au phare (AI-I et AI-G) comme des ICE pertinents pour le suivi des populations de cerfs en milieu forestier. Les corrélations observées entre ces indices et les effectifs de cerfs estimés sont significatives et positives (**figure 3**). En d'autres termes, les deux indices suivent globalement les variations temporelles des effectifs de cerfs. Nous proposons ainsi l'indice nocturne comme premier ICE de la famille « suivi d'abondance » pour l'espèce cerf en milieu forestier.

À ce titre, le nombre de groupes observés par kilomètre (AI-G, **figure 3b**, $r = 0,75$) semble être plus performant que le nombre d'individus par kilomètre (AI-I, **figure 3a**, $r = 0,68$) pour suivre les variations d'abondance de la population. Ceci suggère qu'il serait plus facile de détecter et de compter les groupes que de

compter tous les individus. Toutefois, il est à noter que, même aux plus fortes valeurs d'effectifs estimés, aucun des indices ne sature ; c'est-à-dire que leur variation continue de traduire celle des effectifs.

Par rapport aux effectifs estimés, la proportion d'individus détectés lors des comptages au phare est relativement variable d'une année à l'autre (**figure 3**). Les conditions d'observation, l'expérience des observateurs ou encore les modifications du milieu au cours du temps induisent des changements dans la probabilité annuelle de détecter les animaux, qui demeure inconnue pour les sites autres que ceux où les indices ont été validés comme à la RNCFS de La Petite Pierre. En d'autres termes, AI-I et AI-G restent des indices et ne permettent en aucun cas de quantifier le nombre d'animaux présents sur un territoire ni, par exemple, de calculer des taux d'accroissement des populations.

Des conditions d'application précises

Une répétition de quatre sorties au minimum par an est recommandée, en utilisant les mêmes circuits à des dates similaires, en fin d'hiver avant le débourement de la végétation, et dans des conditions d'observation comparables. Ces répétitions permettent de quantifier la

variabilité d'échantillonnage des comptages autour des moyennes annuelles et de réaliser des tests statistiques de tendance (Morellet, 2008). Une diminution du parcours, un nombre plus réduit de répétitions, ou encore une campagne de comptages réalisée une année sur deux ou trois augmente l'erreur d'échantillonnage et diminue la capacité à détecter des changements d'abondance. En d'autres termes, plus la surface échantillonnée sera petite ou plus le nombre de répétitions sera réduit, plus il sera difficile de déterminer si la tendance de l'ICE « indice nocturne » est à l'augmentation, à la diminution ou à la stabilité. En tout état de cause, le maintien strict du même protocole sur le long terme pour l'indice nocturne est indispensable ; toute modification rendrait l'interprétation et la pertinence de l'indice caduques.

Nous insistons ici sur la nécessité de travailler sur les moyennes de séries annuelles de données, et non sur la valeur maximale obtenue lors des différentes répétitions. L'objectif n'est pas d'avoir une estimation proche du nombre d'animaux réellement présents, mais bien de raisonner en variation relative (augmentation, diminution ou stabilité de l'indice). D'ailleurs, au cours de nos analyses, nous avons pu constater que la valeur maximale était beaucoup moins corrélée à l'effectif estimé que la valeur moyenne.

Tableau 1 Résultats des indices d'abondance nocturnes et des effectifs estimés par la méthode d'Arnason, Schwarz et Gerrard appliquée à la population de cerfs de la RNCFS de La Petite Pierre.

Le principe de cette méthode repose sur l'hypothèse que la distribution du nombre d'observations des animaux non marqués est similaire à celle des animaux marqués. De ces deux valeurs sont déduites une probabilité de détection des animaux et une estimation des effectifs.

Année	n	m	mp	N	se*N	AI-I	AI-G
1985	331	25	15	279,34	80,48	0,552	0,149
1988	356	25	19	590,16	228,22	0,623	0,168
1989	389	22	12	267,99	76,59	0,677	0,160
1990	281	14	9	267,62	110,29	0,462	0,115
1993	272	22	10	136,67	34,76	0,436	0,108
1994	379	24	12	224,16	57,86	0,575	0,149
1996	365	27	15	263,63	68,69	0,573	0,159
1997	369	29	18	338,70	93,50	0,575	0,157
1998	367	27	12	180,56	41,14	0,637	0,139
1999	400	13	9	463,09	216,35	0,705	0,189
2001	314	16	10	282,43	105,92	0,571	0,143
2002	419	15	11	590,69	278,68	0,707	0,165
2003	384	27	13	214,60	51,014	0,626	0,156
2004	430	19	13	496,03	189,02	0,732	0,174
2005	375	16	10	337,29	126,73	0,626	0,159
2008	497	20	13	500,61	175,48	0,864	0,210

n : nombre total d'animaux vus par année ; m : nombre total d'animaux marqués vus ; mp : nombre d'animaux marqués différents vus ; N : effectif estimé ; se*N : écart type ; AI-I : indice d'abondance du nombre d'individus vus par kilomètre ; AI-G : indice d'abondance du nombre de groupes vus par kilomètre.

Figure 3

Relations observées entre les effectifs de cerfs estimés par CMR à la RNCFS de La Petite Pierre et les indices d'abondance nocturnes :

a) AI-I (nb indiv./km) et

b) AI-G (nb groupes/km)

(Les données ont été transformées sur l'échelle logarithmique (ln) pour des raisons statistiques.)

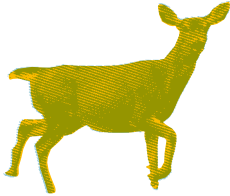


Figure 3a

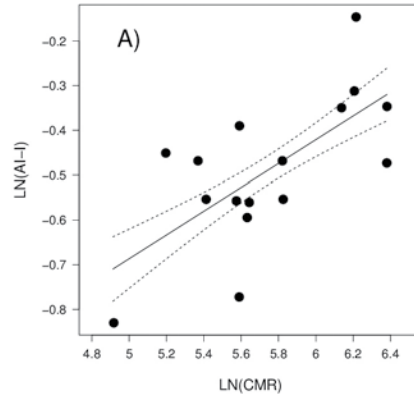
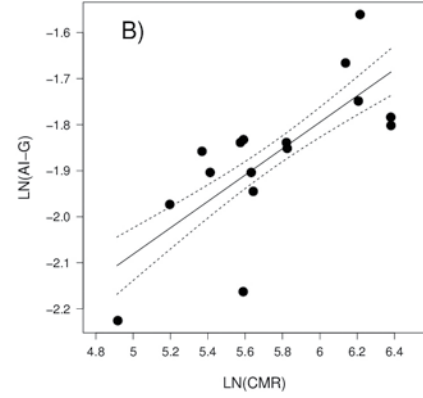


Figure 3b



En outre, un suivi sur plusieurs années consécutives est indispensable et indiquera mieux la tendance que des suivis éparses, car des fluctuations assez importantes apparaissent entre chaque répétition et entre les années.

Enfin, l'utilisation de l'ICE « indice nocturne » dans un contexte écologique différent, comme en montagne par exemple, ne peut pas être garantie par cette étude. En effet, la dynamique de formation des groupes et les probabilités de détection des individus ou des groupes sont très certainement différentes de ce qui est rencontré en forêt de basse et moyenne altitude. En milieu ouvert, où les individus

“ Une répétition de quatre sorties au minimum par an est recommandée, en utilisant les mêmes circuits à des dates similaires et dans des conditions d'observation comparables. ”

Il est préférable d'effectuer les sorties au phare en fin d'hiver, avant le débourement de la végétation, pour une meilleure détection des animaux.

© B. Hamann.



se regroupent plus facilement, la taille moyenne des groupes pourrait être un meilleur indicateur que AI-G ou AI-I (voir Toïgo *et al.*, 1996) pour un exemple sur le bouquetin). Une expérimentation destinée à mesurer l'évolution de l'abondance des cervidés en moyenne montagne est d'ailleurs en cours dans le massif des Bauges (département de la Savoie). Dans le cas de la RNCFS de La Petite Pierre, on observe des regroupements importants de cerfs en hiver, soit sur des zones de gagnage ou suite à des formations de hardes de détresse causées par des perturbations humaines. Cependant, la taille moyenne de ces groupes n'a pas varié avec l'effectif et n'a donc pas été retenue comme ICE pour cette espèce (Garel *et al.*, 2010).

Conclusions

L'indice nocturne est la méthode de suivi des populations de cerfs la plus largement appliquée par les gestionnaires en France. Un faisceau d'éléments semblait montrer son intérêt et sa pertinence, mais à ce jour aucune validation scientifique n'avait été réalisée. Les développements précédents montrent que cet indicateur, exprimé tant en nombre moyen d'individus que de groupes observés au cours des opérations, traduit de manière pertinente les tendances des effectifs présents sur le territoire suivi. Ainsi validé comme ICE d'abondance au même titre que l'IK pour le chevreuil (Vincent *et al.*, 1991) ou l'IPS pour le chamois (Dubray *et al.*, 2008), il permettra de compléter efficacement les indicateurs de performance déjà opérationnels (ex : masse corporelle des faons) pour la mise en place d'une gestion adaptative. Il est important de rappeler ici que la mise en œuvre sur le terrain de cette méthode doit respecter strictement le code de la route (**encadré 2**).

Il reste que cette méthode a une puissance statistique limitée et ne permet pas de mesurer les très faibles variations d'effectifs ; ce qui fait dire à ses détracteurs qu'elle ne serait ni utile, ni pertinente. Mais au regard de l'évolution très forte des populations de cerfs en France comme partout en Europe (Milner *et al.*, 2006), avec des progressions de 300 à 500 % au cours des vingt-cinq dernières années, on peut être tout à fait optimiste sur l'intérêt de cet outil – comme des autres ICE – pour détecter de telles fluctuations et apporter des éléments pour la gestion rationnelle des populations.



Encadré 2

Restrictions sur la mise en place des indices nocturnes

Dans l'état actuel de la réglementation, la réalisation d'indices nocturnes au phare sur les routes ouvertes à la circulation est impossible en raison des risques liés à une circulation à vitesse très réduite, avec arrêts fréquents et usage de phares portatifs qui peuvent éblouir les autres usagers de la route et provoquer des accidents. De plus, sur ces routes, le port de la ceinture de sécurité est obligatoire pour tous les passagers des véhicules. Cette dernière disposition signifie en outre que chaque véhicule ne peut embarquer que le nombre de passagers prévu par le certificat d'immatriculation.

La plupart de ces restrictions ne s'appliquent pas aux pistes et chemins forestiers. Toutefois, la question de l'assurance des passagers reste essentielle et suppose que le contrat aborde bien toutes les particularités propres aux comptages nocturnes. Certaines assurances couvrent par exemple les risques liés à la position « debout » dans le véhicule, mais le nombre de passagers assurés reste toujours lié aux caractéristiques du véhicule.

Le respect impératif de toutes ces dispositions ne remet pas en cause l'intérêt de cette méthode, mais conduit à revoir et à adapter certains volets des protocoles de réalisation, notamment pour ce qui concerne les routes ouvertes à la circulation.



Avant d'entreprendre des indices nocturnes, il faut bien veiller à ce que le contrat d'assurance du véhicule comporte les dispositions propres à ce type d'activité.

© A. Guillem/ONCFS.

Remerciements

Après plus de trente années et près de 300 sorties, il est impossible de citer tous les valeureux compteurs, occasionnels ou réguliers, qui y ont participé. Qu'ils sachent que, professionnels ou bénévoles, encore actifs ou déjà retraités, leur participation a été déterminante à cette validation

scientifique et toujours appréciée des organisateurs. Au-delà, il nous faut aussi rappeler que le travail scientifique conduit sur la RNCFS de La Petite Pierre n'est possible que grâce à la volonté des dirigeants de l'ONF d'une part, et de l'ONCFS d'autre part, d'ériger et de maintenir ce territoire en site d'étude et de le doter de moyens matériels et humains adaptés. ■

Bibliographie

- Bonenfant, C., Gaillard, J.-M., Klein, F. & Loison, A. Sex- and age-dependent effects of population density on life history traits of red deer *Cervus elaphus* in a temperate forest. *Ecography*, 2002, 25, 446-458.
- Cugnasse, J.-M. & Garel, M. Suivi de l'abondance des populations d'ongulés sauvages en montagne : l'exemple du Mouflon méditerranéen. *Faune Sauvage*, 2003, 260, 42-49.
- Garel, M., Bonenfant, C., Hamann, J.-L., Klein, F. & Gaillard, J.-M. Are abundance indices derived from spotlight counts reliable to monitor red deer population? *Wildlife Biology*, 2010, 16, 77-84.
- Milner, J., Bonenfant, C., Myrsterud, A., Gaillard, J.-M., Csányi, S. & Stenseth, N. C. Temporal and spatial development of red deer harvesting in Europe: biological and cultural factors. *Journal of Applied Ecology*, 2006, 43, 721-734.
- Morellet, N. 2008. La gestion des grands herbivores par les indicateurs de changements écologiques. *Faune Sauvage*, 282 : 9-18.
- Toïgo, C., Gaillard, J.-M., & Michallet, J. La taille des groupes : un bioindicateur de l'effectif des populations de bouquetins des Alpes (*Capra ibex ibex*)? *Mammalia*, 1996, 60, 463-472.
- Vincent, J.-P., Gaillard, J.-M., & Bideau, E., Kilometric index as biological indicator for monitoring forest roe deer populations. *Acta Theriologica*, 1991, 36, 315-328.