

Protocole de suivi des populations de Lynx

Photodétection du Lynx (*Lynx  
lynx*) : résultats et analyse  
d'une pré-étude de faisabilité

Analyse et rédaction  
Opérateurs

BASILLE Mathieu  
BALESTRA Laurent  
HENRI Jean-Pierre  
LAMBRECH Michel  
MARBOUTIN Eric  
PERNET Laura  
TOUZAIN Lauriane

*Stagiaire CNERA PAD*  
*SD39 – ONCFS*  
*ONF 73*  
*SD73 – ONCFS*  
*DER38 – ONCFS*  
*Stagiaire CNERA PAD*  
*Vacataire CNERA PAD*

# Sommaire

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>MATERIEL ET METHODES</b> .....	<b>3</b>
2.1	MATERIEL UTILISE .....	3
2.2	MISE EN OEUVRE DE LA METHODE.....	5
2.3	ANALYSE DES DONNEES .....	6
<b>3</b>	<b>RESULTATS</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	<b>11</b>
4.1	PERFORMANCE DE LA METHODE.....	11
4.2	ANALYSE DE LA METHODE .....	14
4.2.1	<i>Précautions lors de l'installation des pièges à photos</i> .....	14
4.2.2	<i>Réglages des pièges à photos</i> .....	15
4.3	PERSPECTIVES .....	16
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>19</b>

## Remerciements

Cette étude a été possible grâce à l'investissement de nombreux partenaires, qu'ils en soient remerciés, avec en particulier une mention spéciale pour les agents de l'ONF et des SD ONCFS du Jura et de la Savoie, ainsi que pour Jean Mornico (Lieutenant de Louveterie).

# 1 Introduction

Le déclin du lynx (*Lynx lynx*) s'est amorcé très tôt en Europe. Dès la fin du Moyen Age, l'espèce avait disparu des plaines et des petits massifs forestiers. En 1800 en France, on ne signale plus sa présence que dans les grands massifs montagneux (les Pyrénées, les Alpes, le Jura et le Massif Central) (Breitenmoser, 1998). Les dernières captures de lynx remontent au début du XVIII<sup>e</sup> siècle dans les Vosges, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle dans le Jura et au début du XX<sup>e</sup> siècle dans les Alpes et les Pyrénées. Les premières réapparitions en France datent du début des années 70, dans les massifs jurassiens et alpins (Vandel, 2001). Ces premiers lynx étaient tous issus de réintroductions d'adultes en Suisse. Un programme de réintroduction a ensuite été conduit en France de 1983 à 1993. Il a permis la réintroduction de 21 lynx dans les Vosges. Les trois massifs montagneux et forestiers (Alpes, Jura, Vosges) sont reliés par des connexions plus ou moins opérationnelles qui doivent en théorie permettre aux populations de lynx de se développer. La colonisation des nouveaux milieux par les lynx se ferait progressivement, de proche en proche au fil des générations, engendrant ainsi une répartition plus ou moins régulière dans l'espace selon la disponibilité en habitats favorables.

Bien que le lynx soit un mammifère cryptique difficile à recenser, on estime le nombre total de lynx en France entre 100 et 200 individus sur les trois massifs. Cette estimation repose essentiellement sur le recueil d'indices de présence par les correspondants locaux du Réseau Grands Carnivores (Vandel & Stahl, 2003). Les correspondants du Réseau sont chargés de relever eux-mêmes ou de vérifier les observations réalisées par des chasseurs, des promeneurs ou autres. Ils remplissent alors un formulaire renseignant la date, le lieu, la catégorie d'indice de présence, dont la fiabilité est ensuite analysée par le responsable du Réseau. Une analyse de ces indices permet de déterminer l'aire de répartition minimale de chaque population de lynx. La méthode de vérification est standardisée mais l'effort de recherche ne l'est pas. Les habitats les plus fréquentés à la fois par les observateurs et les animaux fourniront donc beaucoup d'indices de présence du lynx. Ainsi les estimations les plus précises correspondent aux populations de lynx des massifs jurassien et vosgiens où des zones continues de présence sont reportées. En revanche, pour les Alpes, les indices sont beaucoup moins nombreux. La moins bonne accessibilité du milieu dans les massifs alpins pourrait ne pas permettre une pression d'observation aussi efficace que dans le Jura ou les Vosges. La présence du lynx a été relevée sous forme d'îlots sur l'ensemble des Alpes du Nord, sur près de 400 km du nord

au sud (Vandel, 2001). Etant donné le mode de dispersion des lynx, la colonisation vers le Sud à partir du Jura et des Alpes Suisses devrait se faire de proche en proche à partir de noyaux démographiques actifs. Or ce n'est pas le cas, les observations sont disséminées dans l'espace, sans détection de noyaux de reproduction. Sur une aire de colonisation de cette importance, cela laisse à penser que les informations concernant la présence du lynx dans les Alpes sont incomplètes.

Afin d'estimer au mieux l'aire de répartition du lynx sur le massif alpin, il convient alors de récolter un maximum de données sur l'ensemble du massif. Pour cela, l'évaluation de méthodes plus systématiques que la vérification des indices de présence par le Réseau semble nécessaire. Il s'agit par exemple des pièges à photos, des pièges à poils, ou encore des collectes de fèces (Wilson & Delahay, 2001). Ces trois méthodes, comme la collecte d'indices par le Réseau sont des approches indirectes pour l'étude de populations d'animaux cryptiques et/ou à faible abondance. L'utilisation des pièges à photos permet d'établir la présence des animaux (Zielinsky & Kucera, 1995) mais aussi d'estimer la taille des populations (Karanth, 1994, Karanth & Nichols, 1998, 2000) ainsi que les patrons d'activité journaliers (Breitenmoser *et al.*, 1992). Elle peut constituer également une surveillance permanente sans intervention humaine (Manet & Herman, 2003, Koerth & Kroll, 2000). Le champ d'application des pièges à photos peut en outre être élargi en leur associant d'autres systèmes comme les pièges à poils (Basille, 2003). Dans le cas du lynx, les pièges à photos sont classiquement utilisés sur proies, c'est-à-dire qu'ils sont installés sur des proies attribuées au lynx afin d'exploiter le fait que le lynx revient se nourrir plusieurs fois sur la même proie.

Une étude utilisant la méthode du piégeage photographique a été menée en France au cours du printemps et de l'été 2003. Il s'agissait in fine d'estimer, par simulation (bootstrap), quel effort minimal de piégeage il faudrait consentir pour espérer détecter la présence du lynx à un coût raisonnable (estimé par la combinaison nombre de pièges x nombre de photographies) (Marboutin *et al.*, 2003). La méthode utilisée était de type systématique avec les pièges répartis sur une surface donnée en se basant sur les connaissances préalables et la topographie du milieu, et non en plaçant les pièges sur des proies. Le site choisi dans les Alpes est situé en basse vallée de Maurienne ; un autre site a été intégré à cette étude dans le Jura. Le site de Maurienne a pour objectif d'estimer la probabilité de mettre en évidence la présence d'un animal par piégeage photographique, sans avoir forcément d'indices préalables (attaques au cheptel domestique, proies sauvages, empreintes...etc.), mais plutôt des suspicions quant à sa

possible présence (milieu favorable, animaux déjà détectés dans des zones environnantes). L'autre site (Jura) devait servir de référence en matière de probabilité de piégeage photographique du lynx en zone où le Réseau fournit des indices abondants. Il devait être utilisé, au cas où la probabilité de piégeage apparaîtrait excessivement faible en Maurienne, pour vérifier que cette valeur résulte bien du contexte écologique local (densité de lynx et variables environnementales) et pas de la méthode elle-même (Marboutin *et al.*, 2003).

Dans ce rapport seront présentés le fonctionnement des pièges à photos et la mise en œuvre de la méthode dans les différents massifs. Une autre partie présentera les résultats obtenus par les pièges à photos. Une dernière partie traitera de l'analyse de ces résultats afin d'établir l'adéquation de cette méthode avec les objectifs initialement définis.

## **2 Matériel et méthodes**

### **2.1 Matériel utilisé**

Le système *Trailmaster* utilisé (Goodson Associates, Lenexa, Kansas, USA) est constitué de deux éléments : un détecteur infrarouge, le TM550, combiné à un appareil photo 35mm, le TM35-1, (*Fig. 1*). L'ensemble coûte environ 1000€. Le TM550 détecte passivement une combinaison de chaleur et de mouvement. Le champ de détection est large de 150°, haut de 4° et profond de près de 20m. Il est découpé en plusieurs sous-unités, les fenêtres de détection. Lorsqu'un animal à sang chaud se déplace dans ce champ, le détecteur enregistre un « événement » : il stocke la date et l'heure (heure et minutes). Le détecteur peut stocker jusqu'à 1000 événements.

Trois paramètres peuvent être réglés au niveau du détecteur : la sensibilité, le délai et la période (Trailmaster, 1999). La sensibilité est une combinaison entre le nombre de fenêtres de détection coupées et le temps accordé pour couper ces fenêtres. Le nombre de fenêtres de détection est défini par le nombre « P » ajustable de 1 à 5. Le temps est défini par le nombre Pt ajustable de 0.5 seconde à 10 secondes. Lorsque les deux conditions de paramètres sont réalisées, le détecteur enregistre un événement. La sensibilité augmente lorsque le nombre P diminue et/ou lorsque le nombre Pt augmente. Le délai est le temps de latence entre deux photographies successives défini par le nombre « cd » réglable de 6 secondes à 98 minutes. Si

le détecteur décèle un déplacement d'une source de chaleur pendant ce temps de latence, un événement est quand même enregistré mais la photographie n'est pas prise. Le délai entre deux événements successifs est également réglable. Il est défini par le nombre « Ed » réglable de 6 secondes à 2 minutes. Il est également possible de moduler l'activité de l'appareil par le réglage « CTZ » : soit le système fonctionne en continu toute la journée, soit il fonctionne sur une ou deux périodes définies par l'utilisateur. Les piles du système permettent une utilisation théorique sur 8 à 12 mois. Le système est prévu pour être opérationnel à des températures comprises entre -40 et 55°C. La détection est cependant plus efficace lorsque la différence de température entre la source de chaleur et l'environnement est élevée, c'est-à-dire en environnement froid.

L'appareil utilisé avec le TM550 est un appareil compact de marque Olympus avec des lentilles 35 mm Carl Zeiss. La mise au point est automatique de 0.35 m à l'infini. Le rembobinage et le flash sont également automatiques. L'appareil est utilisé avec des films classiques 24×36. Les piles de l'appareil doivent normalement fonctionner entre 4 à 6 semaines (entre 10 et 14 pellicules de 36 poses), selon la température. L'appareil fonctionne jusqu'à des températures de -35°C. L'appareil est relié au détecteur par un fil de 8m, ce qui autorise de multiples placements. L'appareil est à l'abri des intempéries grâce à une plaque métallique de protection sommaire. Le système est fourni avec des sangles de nylon et un pied pour fixer l'appareil sur l'arbre. Il faut bien veiller à ce que le support ne bouge pas pour ne pas avoir de déclenchements aléatoires. L'ensemble pèse environ 2 kg avec les piles, et peut être transporté dans une boîte de 25×20×10 cm. Le système est résistant aux intempéries et fonctionne sous la pluie et sous la neige.

Les données stockées dans le détecteur peuvent être transférées sur un ordinateur portable ou bien relevées à la main. *Trailmaster* propose en outre un collecteur de données très portable, le TM Data Collector (250 € ; dans ce paragraphe, les prix donnés sont ceux pratiqués aux USA auxquels il faut rajouter les droits de douane, les taxes et le coût de l'importation), afin de faciliter la récupération des données lorsque plusieurs stations sont relevées en un jour en réduisant le temps passé à chaque station. Un logiciel de statistiques est également proposé, le TM Stat Pack (150 €). Celui-ci permet d'ordonner les données en listes ou graphiques. Un autre accessoire, le TM Multi-Camera Trigger II (50 €) permet de brancher plusieurs appareils photo sur un même détecteur (jusqu'à trois par boîte, avec possibilité de raccorder les boîtes en chaîne) afin d'avoir plusieurs angles de vue sur le même animal, par exemple les deux

profils de l'animal comme utilisé par Karanth & Nichols (1998, 2000) pour identifier des tigres.



**Figure 1 :** le système Trailmaster TM550 à déclenchement infrarouge passif. De gauche à droite : détecteur, appareil photo, plaque de protection. Juste en dessous de l'appareil, système de fixation à l'arbre avec un trépied. L'appareil photo est relié au détecteur par un fil de 8m. (tirée de Zielinsky et Kucera, 1995).

## 2.2 Mise en oeuvre de la méthode

Les pièges à photos sont disposés de manière à maximiser la probabilité de capture et dans le but de répartir équitablement les pièges sur la zone à prospecter. Pour cela, ils sont placés aux endroits où le Réseau Lynx a pu relever des indices de présence les hivers précédents (2001-2002 et 2002-2003). En l'absence d'indices du Réseau, la disposition des pièges repose sur d'autres données : lieux de passage obligé pour la faune sauvage à cause du relief, lieux où des populations d'ongulés sauvages sont présentes – le lynx se nourrissant principalement de chevreuils (*Capreolus capreolus*, 15-30 kg) et de chamois (*Rupicapra rupicapra*, 25-50 kg) (Breitenmoser *et al.*, 1992, Schmidt, 1999) –, facilité d'accès des sites et, bien sûr, connaissances des agents de terrain.

Les premiers pièges à photos ont été placés en basse vallée de Maurienne (Savoie), sur la rive droite de l'Arc entre les communes d'Argentine et de La Chapelle. Huit pièges ont été posés entre le 26 mars 2003 et le 1<sup>er</sup> avril 2003. L'aire ainsi échantillonnée avoisine les 40 km<sup>2</sup> (Marboutin *et al.*, 2003). Les pièges ont ensuite été relevés à plusieurs reprises (avec une à trois semaines d'intervalle) puis enlevés entre le 12 et le 14 mai 2003. Ces huit pièges ont alors été « basculés » sur la rive gauche de l'Arc sur les communes de Saint Léger à Saint Rémy entre le 20 et le 23 mai 2003. Ils ont à nouveau été relevés toutes les une à deux semaines puis enlevés définitivement entre le 18 et le 19 juin. L'aire échantillonnée sur la rive gauche avoisine les 50 km<sup>2</sup>.

Dans le secteur Jura, sept pièges ont été placés dans un premier temps sur la rive droite du lac Vouglans (commune d'Onoz) entre le 17 et le 18 avril. Ils ont été relevés toutes les 2 à 3 semaines puis enlevés le 26 mai 2003. Ils ont alors été « basculés » sur la rive gauche du lac (communes de Meussia et Soucia) le 27 mai 2003. Après un relevé deux semaines plus tard, ils ont été enlevés définitivement le 23 juin 2003. L'aire échantillonnée était d'environ 45 km<sup>2</sup> pour chacune des deux rives du lac.

Tous les pièges ont au préalable été nettoyés. Leurs piles ont été changées et la date et l'heure ont été réglées sur le détecteur. En Maurienne, tous les pièges ont été réglés avec les mêmes réglages de sensibilité, de délai et de période ( $P=3$ ,  $Pt=2.5$ ,  $Cd=1.5$ , 24h/24). Pour le premier site du Jura, des réglages différents ont été adoptés pour chaque piège ( $P=1$  à 2,  $Pt=0.5$  à 1.5,  $Cd=1$  à 1.5, 24h/24). Tous les pièges disposés sur le deuxième site du Jura ont eu les mêmes réglages ( $P=1$ ,  $Cd=1$ , 24h/24) sauf un piège réglé sur la période 19h-8h à cause de sa situation sur une piste forestière fréquentée par des touristes et des ouvriers forestiers.

Trois régions étaient prévues à l'origine : Maurienne, Jura et Vosges. Cependant, à cause de problèmes de fourniture de matériel, la manipulation ne s'est effectuée normalement qu'en basse vallée de Maurienne. Dans le Jura, la mise en place s'est trouvée retardée et le nombre d'appareils réduits de 8 à 7. La manipulation dans les Vosges n'a pas pu être réalisée pour les mêmes raisons.

### 2.3 Analyse des données

Les données ont dans un premier temps été stockées dans une base de données. Celle-ci renseigne le numéro de l'événement, le site, le code du piège, la date et l'heure de



l'événement ainsi que la période de la journée (jour ou nuit), le numéro de la photographie, le nombre d'animaux photographiés ainsi que l'espèce du ou des animaux et la présence de jeunes, un commentaire sur la photographie (photographie d'essai, photographie vide ou photographie hors cadre, photographie déclenchée par des randonneurs), les défauts des photographies (photographie floue, sombre, noire...) et enfin les dates de pose et de relevé des pièges.

Les pièges ont ensuite été classés à partir des photographies obtenues. Les pièges manifestement défectueux ont été écartés de l'analyse. Ont été déclarés « défectueux » tous les pièges qui présentaient un défaut dans les photographies obtenues (dévidement de la pellicule sur un seul événement ou photographies prises à heures régulières par exemple). Les pièges restant définissent le nombre de journées de piégeage, obtenu en cumulant tous les jours de mise en service de chaque piège non défectueux.

Si les résultats le permettent (et on peut penser à priori que ce sera le cas), les données des deux sites de Maurienne, d'une part et des deux sites du Jura, d'autre part, seront regroupées. Cela permettra d'établir des profils de composition faunistique sur les deux types d'environnements étudiés (alpin et jurassien). Dans un premier temps la fréquence de photographies vides par rapport à celle des photographies exploitables (c'est-à-dire avec la présence d'animaux) permettra de définir si l'installation des pièges était correcte. Les espèces d'animaux photographiées seront ensuite classées en plusieurs catégories : lynx, « inévitables », « indésirables » (photographies évitables par des réglages de l'appareil plus adéquats en sensibilité) et « anecdotiques » (moins de 3% des photographies sur chaque région ; cela regroupe les photographies n'indiquant rien concernant les caractéristiques de la faune et les réglages du détecteur appliqués. Le seuil est pris volontairement bas afin de ne pas exclure trop de données). La fréquence de photographies indésirables par rapport à celle des photographies inévitables permettra de définir si les pièges étaient bien réglés ou non au niveau de la sensibilité. La fréquence de photographies de lynx sur l'ensemble des photographies réalisées permettra de déterminer l'efficacité de cette méthode de photodétection.

Les résultats sont ensuite triés par heure et période de la journée, ceci afin éventuellement de définir certaines périodes de la journée particulièrement favorables à la mise en activité des appareils. En Pologne, les lynx sont plus actifs la nuit que le jour : entre 50 et 75% de l'activité locomotrice se passe la nuit (entre 16h et 8h) selon le sexe et l'âge des lynx (Schmidt, 1999). Il faut donc s'attendre à avoir plus de photographies de lynx pendant la nuit.

### 3 Résultats

Au total, 15 pièges ont été déployés sur les premiers sites de Maurienne et du Jura puis basculés sur les deuxièmes sites. Cela correspond à un ensemble de 30 pièges utilisés sur toute la période. Ces 30 pièges ont fournis 918 événements dont 740 photographies. Toutes les informations ont été regroupées dans une base de données enregistrée au format Excel.

Sur ces 30 pièges, 28 ont été retenus et leurs photographies analysées. Deux pièges ont été déclarés défectueux : un premier piège sur la rive droite de la Maurienne parce qu'il prenait des photographies à heure fixe (3h03, 4h03 ou 5h03) tout au long de l'étude ; un deuxième sur la rive gauche de la Maurienne dont le déclenchement s'est bloqué sur un événement (l'appareil a dévidé la pellicule entière sur cet événement). Les 28 pièges retenus ont enregistré 856 événements au total (399 en Maurienne / 457 dans le Jura), correspondant à 691 photographies (331/360) sur 953 journées de piégeage (508/445). A noter que les événements sur le 1<sup>er</sup> site de Maurienne n'ont pas été relevés. 318 photographies (148 en Maurienne / 170 dans le Jura) étaient vides, 42 (25/17) résultaient d'essais et de tests sur l'appareil et 6 (5/1) comportaient des photographies de randonneurs. Il restait donc 325 photographies (153/172) d'animaux dont 32 (16/16) mal cadrées (animal partiellement coupé par le bord de la photographie). Dans la partie gauche du Jura, un chat domestique a été pris une fois en photo et un chien trois fois successivement. Ces quatre photographies ont également été écartées pour l'analyse. Il restait alors 321 photographies exploitables (154/168) de faune sauvage.

**Tableau I :** Tableau de synthèse des photographies triées par catégories. Les deux secteurs de Maurienne ainsi que ceux du Jura ont été regroupés en deux régions seulement.

	Maurienne	%	Jura	%	Total	%
Vides	148	44,71	170	47,22	318	46,02
Essais	25	7,55	17	4,72	42	6,08
Randonneurs	5	1,51	1	0,28	6	0,87
Animaux	153	46,22	172	47,78	325	47,03
Total	331	100	360	100	691	100

Les données issues des deux secteurs de Maurienne présentaient les mêmes profils de faune. Elles ont donc été regroupées pour toute la Maurienne. Il en a été de même pour les deux secteurs du Jura. Les effectifs ainsi recueillis par région sont résumés dans les Tableau II. En Maurienne, le patron de faune est très marqué par une prédominance des chamois (plus de 60% des photographies prises). Les autres espèces représentatives sont dans l'ordre le chevreuil (17.7%), le blaireau et les martes ou fouines (5.9%) et le sanglier (4.6%).

Dans le Jura, la distribution est beaucoup plus diversifiée avec plusieurs espèces bien représentées : les oiseaux (27.4%), le blaireau (23.8%), le chevreuil (10.7%), le renard (10.1%), le chamois (8.3%), les micromammifères (7.7%) et enfin le sanglier (7.1%).

**Tableau II :** Tableau de synthèse des photographies triées par espèces. Les deux secteurs de Maurienne ainsi que ceux du Jura ont été regroupés en deux régions seulement.

	Maurienne	%	Jura	%	Total	%
Blaireau	9	5,88	40	23,81	49	15,26
Bouquetin	2	1,31	0	0,00	2	0,62
Cerf	2	1,31	0	0,00	2	0,62
Chamois	94	61,44	14	8,33	108	33,64
Chat Sauvage	0	0,00	4	2,38	4	1,25
Chevreuil	27	17,65	18	10,71	45	14,02
Ecureuil	0	0,00	2	1,19	2	0,62
Marte ou fouine	9	5,88	2	1,19	11	3,43
Micromammifères	0	0,00	13	7,74	13	4,05
Oiseau	1	0,65	46	27,38	47	14,64
Renard	2	1,31	17	10,12	19	5,92
Sanglier	7	4,58	12	7,14	19	5,92
<b>Total</b>	<b>153</b>	<b>100</b>	<b>168</b>	<b>100</b>	<b>321</b>	<b>100</b>

Les résultats ont alors été triés en trois classes : lynx, « inévitables » (c'est-à-dire les blaireaux, les bouquetins, les chamois, les chevreuils, les renards et les sangliers), « indésirables » (c'est-à-dire les martes ou fouines, les micromammifères et les oiseaux) et « anecdotiques » (toutes les espèces représentant moins de 3% de chaque région). Aucune photographie de lynx n'a pu être prise dans les deux régions (Tab. III). La Maurienne présente un taux de photographies « indésirables » de 5.9% qui est assez faible. En revanche le Jura présente un taux de photographies « indésirables » très élevé d'environ 35%. Le taux de photographies « inévitables » sur l'ensemble de l'étude s'élève à près de 75%.

**Tableau III :** Tableau de synthèse des photographies triées par classe d'animaux. Quatre catégories sont définies : lynx, « inévitables », « indésirables » (photographies évitables par des réglages de l'appareil plus adéquats en sensibilité) et « anecdotiques » (moins de 3% des photographies sur chaque région).

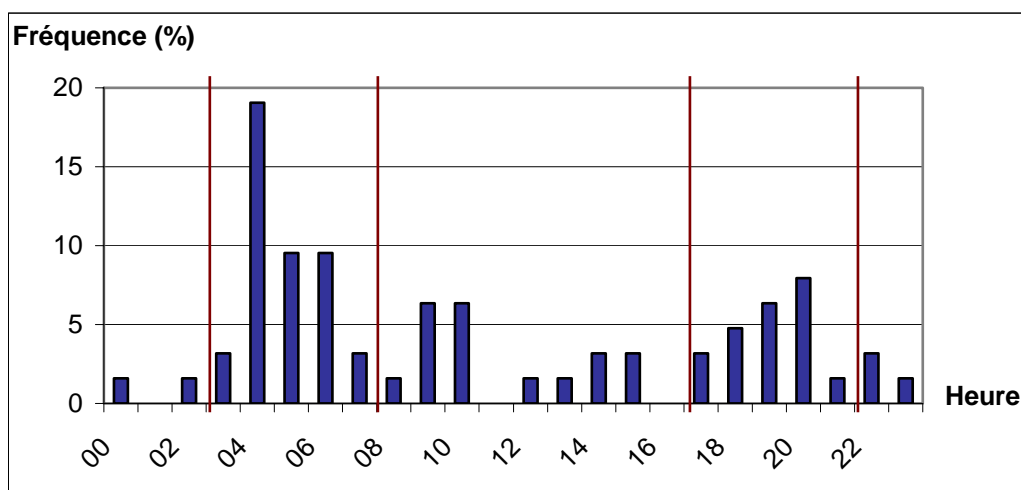
	Maurienne	%	Jura	%	Total	%
Lynx	0	0	0	0	0	0
Inévitables	137	89,54	101	60,12	238	74,14
Indésirables	9	5,88	59	35,12	68	21,18
Anecdotiques	7	4,58	8	4,76	15	4,67
<b>Total</b>	<b>153</b>	<b>100</b>	<b>168</b>	<b>100</b>	<b>321</b>	<b>100</b>

Les informations de date et d'heure étaient connues pour 221 photographies (63 en Maurienne, 158 dans le Jura). Les distributions des photographies selon l'heure ont alors été comparées entre la Maurienne et le Jura. Pour cela, les photographies ont été regroupées en classes d'heures : 3h-8h, 8h-17h, 17h-22h, 22h-3h correspondant respectivement à l'aube, la

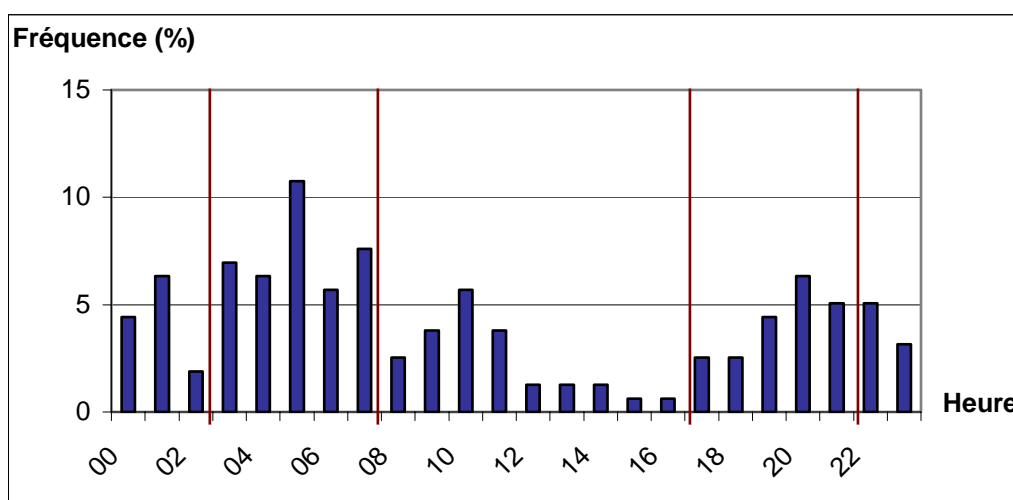
journée, le crépuscule et la nuit (*Tab. IV*). Les distributions ainsi comparées sont semblables ( $\chi^2_{\text{obs}}=5.32 < \chi^2_{3\text{ddl},\alpha=5\%}=7.81$ ). La tendance est encore plus significative si l'on ne considère que l'aube, la journée et le crépuscule ( $\chi^2_{\text{obs}}=0.93 < \chi^2_{3\text{ddl},\alpha=5\%}=5.99$ ). La distribution globale des photographies présente alors deux pics principaux à l'aube (3h-8h) et au crépuscule (17h-22h), un pic secondaire autour de 10h-11h et une fréquence faible la journée entre 12h et 17h. La Maurienne présente en outre une fréquence très faible la nuit (22h-3h) (*Fig. 2*) alors qu'elle est plus élevée dans le Jura (*Fig. 3*). Les deux pics de l'aube et du crépuscule regroupent près de 70% des photographies pour la Maurienne et près de 60% pour le Jura. Les photographies prises pendant la nuit complète (crépuscule + nuit + aube) représentent un peu plus de 75% des photographies dans les deux sites (*Tab. IV*).

**Tableau IV :** Distribution des photographies par classes d'heures en Maurienne et dans le Jura. Les classes d'heure correspondent respectivement à l'aube, à la journée, au crépuscule et à la nuit.

	Maurienne	%	Jura	%	Total	%
3-8h	28	44.44	59	37.34	87	39.37
8-17h	15	23.81	33	20.89	48	21.72
17-22h	15	23.81	33	20.89	48	21.72
22-3h	5	7.94	33	20.89	38	17.19
Total	63	100	158	100	221	100.00



**Figure 2 :** Fréquence des photographies d'animaux par heure dans la Maurienne. Les données regroupent toutes les photographies d'animaux prises dont l'heure a pu être relevée directement sur la photographie ou à partir du détecteur, soit 51 photographies. Les traits verticaux définissent les quatre classes d'heure (l'aube de 3h à 8h, la journée de 8h à 17h, le crépuscule de 17h à 22h et la nuit de 22h à 3h).



**Figure 3 :** Fréquence des photographies d'animaux par heure dans le Jura. Les données regroupent toutes les photographies d'animaux prises dont l'heure a pu être relevée directement sur la photographie ou à partir du détecteur, soit 151 photographies. Les traits verticaux définissent les quatre classes d'heure (l'aube de 3h à 8h, la journée de 8h à 17h, le crépuscule de 17h à 22h et la nuit de 22h à 3h).

## 4 Discussion

### 4.1 Performance de la méthode

Le bilan est simple : aucune photographie de lynx n'a été prise sur un total de 740 photographies pour 30 pièges. Si l'on écarte les pièges considérés comme défectueux, le total de photographies est ramené à 535 dont 299 comportant des animaux (mais aucun lynx) pour 28 pièges. La méthode de photodétection est relativement onéreuse : coût des appareils (environ 1000€ par piège), coût des pellicules et des développements (42 pellicules utilisées pour l'étude entière), coût de main d'œuvre puisque la mise en place et les relevés des pièges monopolisent des agents de terrain pendant un certain temps... La conclusion à ce stade est que la méthode ne permet pas de répondre aux objectifs initiaux, l'investissement consenti étant la limite supérieure acceptable, et les conditions de sa mise en œuvre étant très proches de celles dans lesquelles elle serait utilisée en situation de réel monitoring du lynx.

Il est alors intéressant de comparer les résultats obtenus avec ceux issus du même type d'étude conduite en Suisse. Entre 1998 et 2002, une expérience de suivi du lynx par photodétection associée à un suivi par télémétrie a été initiée dans les Alpes Suisses (KORA, 2002). Les pièges à photos étaient réglés pour être actifs seulement la nuit. Durant l'hiver 2001/2002, 31 pièges à photos ont été installés et 2 sessions de suivi de 21 jours chacune ont

été réalisées (étude intensive). Les pièges à photos étaient disposés le long de routes forestières et de sentes naturelles sur une surface de 600 km<sup>2</sup> dans le nord-ouest des Alpes suisses. Durant ces 2 sessions, 39 clichés de lynx ont été réalisés sur 1241 nuits de piégeage effectives. Le total de photographies prises était de 1963. La proportion de lynx photographiés atteint quasiment 2%. Le nombre moyen de nuits de piégeage pour photographier un lynx est de 31.82 nuits.

Les objectifs et les conditions de l'étude étaient cependant totalement différents en Suisse de ce qu'ils étaient en France. Il s'agissait d'estimer le nombre de lynx dans les Alpes Suisses par une méthode de capture-recapture. Pour cela, un maximum de lynx a été équipé de colliers émetteurs et suivi de manière régulière. La capture a permis d'identifier les individus afin de pouvoir les reconnaître à posteriori sur les photographies. Les captures physiques des lynx associées aux « recaptures » (photographies répétées d'un même lynx) permettent alors d'estimer la taille de la population.

Les pièges étaient en outre placés sur des carcasses de proies attribuées au lynx. Celui-ci revient se nourrir plusieurs jours de suite sur la même proie, augmentant ainsi la probabilité de capture photographique.

Enfin le suivi des lynx par télémétrie permet d'être certain de la position des lynx et donc de la présence d'un animal dans la zone où un piège est placé. Ceci contribue encore à améliorer l'efficacité des pièges, ce qui permet au final de limiter le nombre de pièges et de prospecter une surface plus étendue avec une densité de pièges moindre.

Les probabilités de capture dans les Alpes Suisses et dans les deux régions étudiées en France sont clairement différentes (39 lynx pour 1963 photographies en Suisse, 0 lynx pour 691 photographies en France,  $\chi^2_{\text{obs}}=13.66 > \chi^2_{1\text{ddl},\alpha=5\%}=3.84$ ). Il est pourtant possible d'utiliser les résultats suisses pour les appliquer en France. Le milieu des Alpes Suisses est un milieu alpin du même type que celui de la Maurienne. En revanche, la densité de lynx dans les Alpes Suisses est du même ordre de grandeur que celle du Jura (de l'ordre de 1 à 1.5 lynx/100 km<sup>2</sup>). Si l'on admet que la probabilité de piégeage du lynx est à peu près comparable dans les Alpes Suisses et le Jura français, on peut alors estimer à l'aide d'une loi de Poisson la probabilité d'avoir 0 photographie de lynx pour notre étude dans le Jura : la probabilité de n'obtenir aucune photographie de lynx est de  $10.95 \times 10^{-5}$  dans le Jura ; la probabilité de n'avoir aucune journée de piégeage avec succès (photographie d'un lynx) est de  $2.63 \times 10^{-3}$ . Ces deux probabilités sont quasi nulles.

Dans cette approche, nous avons cependant écarté les différences entre la méthode utilisée en Suisse et celle utilisée en France. Nous avons vu que la probabilité de capture en Suisse est augmentée de deux manières : en plaçant les pièges sur des proies de lynx et en suivant les lynx par télémétrie. Ces deux paramètres supposent que la présence du lynx est attestée dans la zone d'étude ce qui est incompatible avec les objectifs de la méthode en France qui vise justement à déterminer la présence du lynx. En revanche les pièges sont placés en France avec une densité supérieure à celle de la Suisse. En effet, si un nombre comparable de pièges a été utilisé dans les deux pays (31 pour la Suisse et 28 pour la France), la surface échantillonnée est beaucoup plus grande en Suisse qu'en France (environ 600km<sup>2</sup> en Suisse et 180km<sup>2</sup> en France). Cela devrait avoir pour conséquence une probabilité de capture plus élevée en France en cas de présence du lynx dans la zone échantillonnée mais en contrepartie la probabilité de se trouver effectivement sur une zone à lynx devrait être beaucoup plus faible. Au vu des résultats obtenus dans le Jura français (aucune photographie de lynx), en zone de présence certifiée du lynx, il semblerait cependant que la méthode n'augmente pas la probabilité de capture en cas de présence du lynx. Quatre zones ont été échantillonnées en France mesurant entre 40 et 50km<sup>2</sup> chacune. Cette surface échantillonnée est relativement faible comparée aux domaines vitaux des lynx qui font environ 185 km<sup>2</sup> pour les mâles et 72 km<sup>2</sup> pour les femelles en zone centrale (Breitenmoser *et al.*, 1992). Cela diminue encore la probabilité de se trouver dans une zone fréquentée par les lynx puisqu'un ou deux lynx maximum pourraient être détectés par zone alors que quinze lynx ont été recensés dans l'aire d'étude dans les Alpes Suisses.

Tous ces paramètres ont pour résultat une probabilité de détection sans doute bien plus faible en France que dans les Alpes Suisses. Si l'on divise la probabilité de détection par 10, la probabilité d'avoir 0 photographie de lynx atteint 35.24% pour le Jura. Ce chiffre paraît beaucoup plus proche de la réalité puisqu'il prend en compte toutes les différences de méthodologie. Cette probabilité de n'avoir aucune photographie de lynx doit être encore plus élevée en Maurienne où la densité de lynx est bien plus faible, sinon nulle.

Il semblerait donc que cette méthode de photodétection soit peu efficace pour attester la présence du lynx dans des zones où elle est juste suspectée (cas de la Maurienne) mais également dans des zones où la présence du lynx est confirmée depuis plusieurs années (cas du Jura). Ce commentaire ne concerne pas les cas de piégeage photographique sur proies.

## 4.2 Analyse de la méthode

Pour pouvoir améliorer les résultats (c'est-à-dire avoir moins de déchets : déclenchements aléatoires, photographies vides ou mal cadrées, photographies « indésirables »), il convient de bien respecter certaines précautions d'utilisation et d'installation des pièges. Les pièges doivent être inspectés, nettoyés, réglés et testés (appareil photo et détecteur) avant d'aller sur les sites d'installation. Une fois les sites choisis, l'installation doit respecter certaines conditions.

### 4.2.1 Précautions lors de l'installation des pièges à photos

Les résultats en Maurienne et dans le Jura sont comparables en ce qui concerne les photographies vides et celles comportant des animaux hors cadre qui représentent environ 50% du total des photographies prises (respectivement 45% et 47% de photographies vides et 4.8% et 4.4% de photographies mal cadrées pour la Maurienne et le Jura). Afin de minimiser le nombre de ces photographies « ratées », il faut bien veiller à respecter quelques consignes d'installation.

Au moment de la pose du piège, il faut fixer le détecteur sur un support qui ne bouge pas (Trailmaster, 1999). De la même manière, toutes les branches qui pourraient être dans le champ de détection doivent être éliminées. Il semblerait en effet que les mouvements des branches déclenchent de manière inopportune les appareils photo (Kucera & Barrett, 1993). Il convient alors de dégager au maximum le champ de détection ou bien de choisir un site où la végétation ne gênera pas. Le détecteur ne doit pas non plus être placé trop bas pour ne pas augmenter le risque de photographier des petits animaux. *Trailmaster* recommande de fixer le détecteur à environ 50 cm de hauteur pour détecter des ours et à 25 cm pour des animaux de la taille d'une dinde (Trailmaster, 1999). Une bonne hauteur pour le lynx serait donc d'environ 35-40 cm pour que le champ de détection se trouve un peu en dessous de l'épaule du lynx. Zielinsky et Kucera (1995) recommandent cependant de fixer le piège à 3-4 m du sol pour éviter les problèmes de vol ou de dégradation volontaire. C'est en effet ce qu'il faut faire si des problèmes de ce genre surviennent. Enfin, afin de bien repérer les pièges (utile lors des changements de sites pour repérer les problèmes récurrents), il faut affecter un numéro à chaque piège. Ceci se fait en réglant la valeur Unit Number sur les détecteurs (Trailmaster, 1999).



Le champ de détection doit aussi être réglé de manière adéquate pour le faire correspondre au champ de l'appareil photo (le champ du détecteur est de 150°, celui de l'appareil 35mm est d'environ 63°). En ce sens, placer l'appareil photo sur le même arbre que le détecteur peut faciliter ce réglage et permet de mieux comprendre la cause de déclenchement puisque la photographie représente alors exactement ce que le détecteur enregistre. L'ajout de scotch sur les parties latérales de la lentille de détection permet de réduire le champ du détecteur en largeur. En revanche, il est déconseillé de placer du scotch en haut et en bas de la lentille (Trailmaster, 1999). C'est de toute façon inutile étant donnée le faible angle de détection en hauteur (4°). Une fois le champ défini, il faut le vérifier en suivant la procédure de vérification de champ (mode Set Up du TM550). Si l'aire de détection ne convient pas, il faut alors recommencer la procédure en ajustant le scotch. Cette procédure permet d'éviter que des animaux hors-cadre déclenchent l'appareil photo. Dans le cadre de cette étude, environ 10% des photographies comportant des animaux étaient mal cadrées (31 photographies comportaient un animal partiellement hors cadre).

Les relevés doivent être effectués régulièrement. Dans notre étude, par trois fois une pellicule a été finie avant le relevé suivant : dans un cas la pellicule a été finie au bout de 10 jours, dans les deux autres cas, la pellicule a été finie au bout de 12 jours. Si l'on ne veut perdre aucune information, il serait alors nécessaire de relever les détecteurs tous les 10 jours. Cependant, au regard des autres pièges, une vérification régulière tous les 15 jours devrait suffire à réduire très fortement les pertes d'informations. Les relevés doivent en outre être impérativement effectués sur le détecteur afin de ne pas être tributaire des photographies pour définir la date et l'heure. En effet, un certain nombre d'appareils photo n'a pas inscrit la date et l'heure en bas de la photographie bien que tous les appareils aient été vérifiés et réglés avant l'installation. De plus, selon les conditions de luminosité des photographies, l'inscription en rouge peut être totalement illisible. Ainsi dans notre étude, certaines photographies n'ont pu être datées lorsque les relevés n'étaient pas effectués sur le détecteur, soit parce que l'appareil n'avait pas inscrit la date et l'heure, soit parce que l'inscription était illisible.

#### 4.2.2 Réglages des pièges à photos

En Maurienne, le taux de photographies « indésirables » (martes et fouines, oiseaux et micromammifères) est d'environ 6%. En revanche, il est d'environ 35% dans le Jura. Vu ces résultats, il semblerait que les réglages adoptés en Maurienne soient globalement mieux adaptés. Tous les pièges en Maurienne ont été mis en place avec les mêmes réglages de

sensibilité ( $P=3$ ,  $Pt=2.5$ ). En revanche, les réglages de sensibilité étaient différents dans le Jura ( $P=1$  à  $2$ ,  $Pt=0.5$  à  $1.5$ ). Ces derniers réglages entraînent un fort taux de déclenchement par des petits animaux (oiseaux, micromammifères) qui peuvent couper une plus petite fenêtre de détection en un court laps de temps. En augmentant les deux valeurs de  $P$  et  $Pt$ , ces petits animaux ne peuvent plus remplir les deux conditions en même temps. *Trailmaster* recommande des réglages de  $P$  élevé et de  $Pt$  assez faible pour détecter de gros animaux (par exemple  $P=5$ ,  $Pt=2.5$ ) (Trailmaster, 1999). Ainsi, les réglages utilisés en Maurienne seraient peut-être plus adaptés pour détecter des lynx : le temps imparti pour la détection est le même mais le nombre de fenêtres coupées pendant ce laps de temps est inférieur pour compenser la plus petite taille des lynx par rapport à des animaux plus gros (ours, cerfs, élans...).

Les heures de déclenchement des appareils apportent une information supplémentaire. Dans notre étude, tous les pièges étaient activés 24h/24 (à l'exception d'un piège dans le Jura). La faune sauvage piégée présente exactement le même patron d'activité que celui présumé du lynx. Entre 50 et 75% de l'activité locomotrice du lynx se passe la nuit entre 16h et 8h (Schmidt, 1999). Sur notre étude, environ 76% des photographies sont prises la nuit (entre 17h et 8h). De plus, le lynx présente un pic d'activité à l'aube et au crépuscule (Sunquist & Sunquist, 2002). Sur notre étude, deux pics sont également présents, le premier entre 3h et 8h environ et le deuxième entre 17h et 22h environ, correspondant respectivement à l'aube et au crépuscule. Il est donc inutile de réduire le déclenchement des pièges à certaines périodes, pendant la nuit par exemple. Cette réduction réduirait mécaniquement le nombre de photographies de faune sauvage (autre que lynx) mais réduirait aussi dans les mêmes proportions les photographies de lynx prises. Le gain de photographies non-lynx serait alors exactement annulé par la perte de photographies de lynx.

### 4.3 Perspectives

Le but premier de cette étude était d'estimer l'effort minimal de piégeage qu'il faudrait consentir pour espérer détecter la présence du lynx à un coût raisonnable dans les zones où le Réseau ne fournit pas d'indices de présence du lynx. L'étude a été menée pendant 3 mois avec 15 pièges au maximum utilisés simultanément. Ces pièges n'ont fourni aucune photographie de lynx sur un total de 691 photographies effectives, que ce soit dans un milieu où la présence du lynx n'est que soupçonnée (Maurienne) ou bien dans un milieu où la présence du lynx est confirmée depuis longtemps (Jura). Cela signifie que la méthode utilisée ne permet pas, dans les limites de l'investissement consenti, de définir la présence du lynx.

La première solution pour remédier à cela consiste à augmenter l'effort d'échantillonnage. Cela peut se faire soit en augmentant la surface échantillonnée avec la même densité de pièges soit en augmentant la densité de pièges sur la même surface. Dans les deux cas cela signifie augmenter le nombre de pièges et mécaniquement le nombre de photographies prises, c'est-à-dire le coût de la manipulation (estimé par la combinaison nombre de pièges x nombre de photographies). Ces coûts supplémentaires sont alors incompatibles avec les limites d'investissement initialement prévues.

Une deuxième solution serait d'allonger la période d'étude. Cela a également pour conséquence d'augmenter le nombre de photographies prises mais aussi de monopoliser les agents de terrain plus longtemps. Une fois encore cela devient incompatible avec les limites d'investissement initialement prévues pour ce type d'étude.

Une meilleure solution serait d'utiliser un autre type de pièges, les pièges à poils. Les pièges à poils sont des appareils dont le but est de récolter les poils de l'animal qui vient s'y frotter. Cette méthode cumule plusieurs avantages : faible coût, meilleure détection et évolutivité supérieure.

Le coût des pièges à poils est défini par le matériel utilisé. Les pièges sont fabriqués à la main à partir de moquette ou de tapis sur lequel des fils de fer ou des clous sont rajoutés pour arracher un maximum de poils (McDaniel *et al.*, 2000). Le coût du matériel est donc très faible. Il faut cependant rajouter le coût en main d'œuvre au cours de l'installation et des relevés des pièges.

La détection des pièges à poils est à priori supérieure à celle des pièges à photos en ce qui concerne les lynx pour deux raisons. La première est liée au mode d'action des pièges à poils : il faut qu'un animal se frotte dessus pour pouvoir récupérer des poils. Ainsi un animal comme le lynx, qui a un comportement de marquage de son territoire, est plus à même de se frotter sur le piège. Il semblerait qu'il existe des éléments caractéristiques du paysage sur lesquels les lynx viennent plus particulièrement se frotter. La deuxième raison est la possibilité d'ajouter des parfums *ad-hoc* qui poussent le lynx à venir se frotter sur le piège. McDaniel *et al.* (2000) ont ainsi testé avec succès un parfum à base d'huile d'herbe à chat et de castoréum. Par ailleurs, cette méthode écarte tous les animaux qui n'ont pas de comportement de marquage (tout au moins de frottement régulier), notamment les ongulés.

Enfin, l'utilisation des pièges à poils ouvre des perspectives de recherche très intéressantes. Il est en effet possible d'identifier individuellement les lynx par une analyse génétique des poils (Foran *et al.*, 1997) et de définir le sexe de chaque individu. Cette méthode permet d'estimer les tailles de populations de lynx par un modèle de capture-recapture où les recaptures sont représentées par les captures répétées des poils d'un même animal (*e.g.* Woods *et al.*, 1999). L'analyse des poils permet en outre de définir les structurations génétiques des populations afin de déterminer les patrons de dispersion des lynx (Schwartz *et al.*, 2002).

## 5 Bibliographie

- Basille M (2003) Photodétection du Lynx (*Lynx lynx*) dans les Alpes françaises : étude de faisabilité. Université Claude Bernard, Lyon. Travail d'Etude et de Recherche.
- Breitenmoser U, Kavczensky P, Dötterer M, Breitenmoser-Würstein C, Capt S, Bernhart F & Liberek M (1992) Spatial organization and recruitment of lynx (*Lynx lynx*) in a re-introduced population in the Swiss Jura Mountains. *Journal of Zoology, London*, **231**: 449-464.
- Breitenmoser U (1998) Large predators in the Alps: the fall and rise of man's competitors. *Biological Conservation*, **83(3)**: 279-289.
- Foran D.R, Minta S.C & Heinemeyer K.S (1997) DNA-based analysis of hair to identify species and individuals for population research and monitoring. *Wildlife Society Bulletin*, **25(4)**: 840-847.
- Karanth K.U (1994) Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Wildlife Conservation Society*, **71**: 333-338.
- Karanth K.U & Nichols J.D (1998) Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, **79(8)**: 2852-2862.
- Karanth K.U & Nichols J.D (2000) Ecological status and conservation of tigers in India. *Final technical report to Division of International Conservation, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC and Wildlife Conservation Society, New York. Bangalore, India: Centre for Wildlife Studies*. 124pp.
- Koerth B.H & Kroll J.C (2000) Bait type and timing for deer counts using cameras triggered by infrared monitors. *Wildlife Society Bulletin*, **28(3)**: 630-635.
- KORA (2002) Foofallen-Monitoring im westlichen Berner Oberland 2001. Bericht Nr. 14d.
- Kucera T.E & Barrett R.H (1993) The Trailmaster camera system for detecting wildlife. *Wildlife Society Bulletin*, **21**: 505-508.
- Manet B, Herman R (2003) Photographie automatique et animaux à activité nocturne. *Forêt Wallonne*, **63** : 19-25.
- Marboutin E, Balestra L, Basille M, Lambrech M, Laurent A, Pernet L & Touzain L (2003) Evaluation de la probabilité de capture photographique de Lynx selon une stratégie d'échantillonnage de type systématique. *Protocole de suivi des populations de Lynx, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage*. 8p.
- McDaniel G.W, McKelvey K.S, Squires J.R & Ruggiero L.F (2000) Efficacy of lures and hair snares to detect lynx. *Wildlife Society Bulletin*, **28(1)**: 119-123.

- Schwartz M.K, Scott Mills L, McKelvey K.S, Ruggiero L.F & Allendorf F.W (2002) DNA reveals high dispersal synchronizing the population dynamics of Canada lynx. *Nature*, **415**: 520-522.
- Schmidt K (1999) Variation in daily activity of the free-living Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Bialowieza Primeval Forest, Poland. *Journal of Zoology, London*, **249**: 417-425.
- Sunquist M & Sunquist F (2002) Wild cats of the world. Editions *Chicago*. p: 177-184.
- Trailmaster (1999) TM550 Passive Infrared Trail Monitor. Operating Instructions. *Goodson & Associates, Inc.*, 11p.
- Vandel J.M (2001) Répartition du lynx (*Lynx lynx*) en France (massif alpin, jurassien et vosgien). Méthodologie d'étude et statut actuel. *Mémoire de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes*.
- Vandel J.M & Stahl P (2003). Bulletin d'Information n°9. Période du 01/01 au 31/12/2002. *Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage*. 29p.
- Wilson G.J & Delahay R.J (2001) A review of methods to estimate the abundance of terrestrial carnivores using field signs and observation. *Wildlife Research*, **28**: 151-164.
- Woods J.G, Paetkau D, Lewis D, McLellan B.N, Proctor M & Strobeck C (1999) Genetic tagging of free-ranging black and brown bears. *Wildlife Society Bulletin*, **27(3)**: 616-627.
- Zielinsky W.J & Kucera T.E (1995) American Marten, Fisher, Lynx, and Wolverine: Survey Methods for their Detection. *U.S. Forest Service, General Technical Report PSW-GTR-157*.