

SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR WILDTIERBIOLOGIE
SOCIETE SUISSE DE BIOLOGIE DE LA FAUNE (SGW / SSBF)



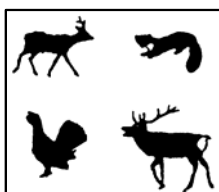
Belette femelle du Parc jurassien, (Vaud, 2004)

Situation des petits carnivores en Suisse et bases pour un programme de monitoring national

P. Marchesi, T. Maddalena, M. Blant, O. Holzgang

Avec la collaboration de :

Y. Bilat, A. Burri, T. Briner, S. Capt, F. Dunant, H. Jenny, J.-P
Müller, H. Muri, M. Roesli, D. Torriani, D. Weber, M. Zanini



Faune concept

Communauté d'étude de la faune sauvage

DROSESA SA, R. de la Poudrière 36, 1950 Sion, Tél. 027 / 323 70 17, e-mail : drosera@drosera-vs.ch
Dr Michel Blant, Ch. de Gratte-Semelle 20 2000 Neuchâtel, Tél+fax : 032 / 721 21 17, e-mail : mblant@vtx.ch
Maddalena e Associati Sagl, 6672 Gordevio, Tél. 091 / 753 27 09, e-mail : tmaddalena@ticino.com

Partenaire / Partner : **Otto Holzgang, 6003 Luzern**

Décembre 2004

Impressum :**Editeur**

Rapport Faune Concept, par le bureau Drosera SA, Sion.

Auteurs

Paul Marchesi, Tiziano Maddalena, Michel Blant & Otto Holzgang

Avec la collaboration de :

Yves Bilat, Antoine Burri, Thomas Briner, Simon Capt, François Dunant, Hannes Jenny, Jürg-Paul Müller, Hélène Muri, Marzia Roesli, Damiano Torriani, Darius Weber, Mirko Zanini

Responsable à l'OFEFP

Rolf Anderegg, Section chasse et faune sauvage

Groupe d'accompagnement

Rolf Anderegg, Simon Capt, Christine Breitenmoser, Joya Müller, Jürg-Paul Müller, Darius Weber

Citation

Marchesi P., Maddalena T., Blant M. & Holzgang O. (2004) : Situation des petits carnivores en Suisse et bases pour un programme de monitoring national. Rapport final Faune Concept, par le bureau Drosera SA, Sion. OFEFP & SGW/SSBF : 66pp. + 4 annexes.

Situation des petits carnivores en Suisse et bases pour un programme de monitoring national



Table des matières

1.	INTRODUCTION	7
1.1	Mandat	7
1.2	Objectifs.....	7
2.	MATÉRIEL ET MÉTHODES	9
2.1	Méthodes passives.....	9
2.1.1	Enquêtes (Survey)	9
2.1.2	Statistiques cantonales	10
2.2	Méthodes actives.....	11
2.2.1	Tunnels à traces.....	11
2.2.2	Pièges-photos.....	11
2.2.3	Indices de présence.....	12
2.3	Modélisation pour l'échantillonnage	12
3.	RÉSULTATS DES ENQUÊTES CANTONALES	14
3.1	Provenance et types d'observations	14
3.2	Statistiques cantonales (cantons Aargau, Luzern).....	21
3.3	Statut des espèces	28
4.	ANALYSES DE MÉTHODES POUR UN MONITORING ACTIF	31
4.1	Tunnel à traces.....	31
4.2	Pièges-photos	35
4.3	Indices de présence	39
5.	EFFICACITÉ DES MÉTHODES ET COMPARAISONS	41
6.	MODÉLISATION POUR UN ÉCHANTILLONNAGE STRATIFIÉ	44
7.	PROPOSITIONS POUR UN PROGRAMME DE MONITORING NATIONAL	49
7.1	Définition des objectifs	49
7.2	Monitoring de type Survey.....	50
7.3	Monitoring de type Liste Rouge.....	51
7.4	Monitoring de type BDM (Biodiversität Monitoring)	54
7.5	Monitoring de type quantitatif	56
7.6	Comparaisons et synthèse	58
8.	CONCLUSION	60
9.	REMERCIEMENTS	62
	BIBLIOGRAPHIE	64

Annexes :

- 1) Cartes nationales par espèce (avant 1990, et dès 1990)
- 2) Cartes et figures de modélisation
- 3) Argumente zur Stichprobengrösse für ein Monitoring der kleinen Raubtiere in der Schweiz
- 4) Dossier photos
- 5) Formulaire prise de données manuscrit
- 6) Formulaire prise de données informatique.

Situation der Kleinraubtiere in der Schweiz und Grundlagen für ein nationales Monitoring

Zusammenfassung

Bei Kleinraubtieren sind die Grundlagen ungenügend, um Status und Populationsentwicklung der verschiedenen Arten auf nationalem Niveau zu beurteilen. Deshalb hat das BUWAL (Sektion Jagd und Wildtiere) entschieden, ein nationales Biomonitoringprojekt (oder Survey) der Schweizerischen Gesellschaft für Wildtierbiologie (SGW / SSBF) für die folgenden Arten zu unterstützen: *Mustela nivalis*, *Mustela erminea*, *Mustela putorius*, *Martes foina*, *Martes martes*, *Felis silvestris* und *Procyon lotor*.

Während der ersten Etappe (2002, 2003) wurden grossflächig für jede der oben genannten Kleinraubtierarten möglichst viele Daten zu Verbreitung, Habitat und wenn möglich auch Häufigkeit gesammelt werden. Diese Daten sind eine Grundlage für die konzeptionelle Erarbeitung eines Monitoringprogramms dienen. Während zwei Jahren wurden in 14 Kantonen Umfragen durchgeführt und so insgesamt 13'850 Datensätze gesammelt, was in etwa zu einer Verdoppelung der Daten zu Marderartigen in der Datenbank des Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (SZKF) führte.

Während der zweiten Etappe (2004) wurden mit Hilfe standardisierten Methoden die Möglichkeit für ein Langzeit-Monitoring (Verbreitung und Populationsentwicklung) von Kleinraubtieren vorgelegt evaluiert.

In mehreren Kilometerquadraten von vier biogeografischen Regionen der Schweiz (Mittelland, Alpennordflanke, Alpensüdflanke, östliche Zentralalpen) wurden Methodentests (Umfragen; Spurenfallen; Fotofallen; Anwesenheit aufgrund Spuren und Fährten) durchgeführt. Die systematischen Aufnahmen zeigen trotz der beschränkten Stichprobe, dass kleine Arten (Mauswiesel, Hermelin und Iltis) am besten mit Spurenfallen nachgewiesen werden können. Fotofallen hingegen ergeben bessere Resultate bei Stein- und Baumarder. Die Methoden wurden weder für Wildkatze noch Waschbär getestet.

Die Resultate der Studie zeigen welche Methoden für ein aktives Monitoring im Sinne der Roten Liste oder des Biodiversitätsmonitorings (Präsenz / Absenz einer Art) am ehesten in Frage kommen. Bei gewissen Arten können zudem passive Methoden als Ergänzung wichtig sein. Beispielsweise liefern kantonale Fallwild- und Abschussstatistiken beim Monitoring von Iltis oder Stein- und Baumarder durchaus wertvolle Hinweise. Bei Arten wie Wildkatze oder Waschbär sind Umfragen zielführender. Weiter können regionale begrenzte Umfragen notwendig sein, um den regionalen Status einzelner Arten abzuklären, wie beispielsweise beim Iltis, der vermutlich aus dem Wallis oder Tessin verschwunden ist.

Anhand der Surveydaten wurden in Zusammenarbeit mit dem SZKF Modellrechnungen durchgeführt, um vier verschiedene Monitoringtypen (Survey, Rote Liste, BDM, Quantitativ) auf ihre Eignung hin zu prüfen. Weiter wurde anhand von Modellierungen der minimal notwendige Stichprobenumfang (bei stratifiziertem oder zufälligem Stichprobennetz) für ein nationales Monitoring dieser Arten berechnet. Die Resultate der Modellierung bei einem stratifiziertem Stichprobennetz lieferten zudem für jede der untersuchten Arten indirekt Informationen über deren ökologischen Ansprüche in der Schweiz. Diese konnten auch für die Eingrenzung der potenziellen Verbreitungsgebiete verwendet werden.

Die durchgeführten Tests zeigen die Möglichkeiten und Grenzen für ein Kleinraubtiermonitoring in der Schweiz. Die letzten Kapitel des Berichts behandeln die verschiedenen Monitoringvarianten mit ihren Zielen, Vorteilen, Anwendungen und einer groben Schätzung der Kosten.

Situation des petits carnivores en Suisse et bases pour un programme de monitoring national

Resumé

Les informations concernant les petits carnivores sont insuffisantes pour définir le statut des différentes espèces et les tendances des populations au niveau national.

Pour combler cette lacune, la Section chasse et faune sauvage de l'OFEFP a décidé de soutenir un projet de biomonitoring national (ou Survey) proposé par la Société suisse de la biologie de la faune (SSBF / SGW) concernant 7 petits carnivores régis par la Loi fédérale sur la chasse : *Mustela nivalis*, *Mustela erminea*, *Mustela putorius*, *Martes foina*, *Martes martes*, *Felis silvestris* et *Procyon lotor*.

Dans un premier temps, l'objectif de ce **Survey** était de récolter le plus grand nombre d'informations possible sur ces petits carnivores au niveau national (répartition, habitat, éventuellement abondance), et de fournir des indications pour la mise en place après quelques années d'un monitoring de ces espèces. Durant 2 ans (2002, 2003), des enquêtes ont été conduites auprès de 14 cantons et ont permis de récolter environ 13'850 données, ce qui correspond *grosso modo* à la moitié des données mustélidés de Suisse enregistrées dans la banque de données du Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF).

Dans une deuxième étape (2004), l'objectif principal s'est réorienté dans le sens de fournir des bases plus précises pour un **monitoring** à long terme des petits carnivores (distribution et tendances des populations), avec des méthodes standardisées.

Des tests de méthodes (enquêtes, tunnels à traces, pièges photos, indices de présence) ont ainsi été menés sur quelques surfaces kilométriques réparties dans quatre zones biogéographiques suisses (Plateau, Nord des Alpes, Sud des Alpes, Grisons) où la présence des espèces cibles était connue. Les essais de relevés systématiques, bien que limités, montrent que la détection des petites espèces (belette, hermine et putois) est mieux appropriée par la méthode des tunnels à traces, tandis que la méthode des pièges-photos donne de meilleurs rendements pour la fouine et la martre. Les méthodes n'ont pas pu être testées sur le chat sauvage et le raton laveur.

Les résultats de l'étude indiquent quelles méthodes paraissent préférables pour un monitoring actif de type Listes Rouges ou BDM (détection de la présence / absence des espèces), tout en sachant qu'il n'est pas exclu de compléter ces monitorings, suivant les espèces, avec des méthodes dites passives. Par exemple, il apparaîtrait judicieux d'utiliser quoiqu'il en soit aussi des statistiques cantonales pour monitorer la fouine, la martre ou le putois, ou de mener des enquêtes ciblées pour le chat sauvage et le raton laveur. De plus, des études locales complémentaires sont encore nécessaires pour comprendre le statut régional de certaines espèces, comme pour le putois qui a peut-être disparu du Valais ou du Tessin.

Des analyses des données du Survey et leurs modélisations ont également été réalisées pour qualifier 4 différents types de monitoring (Survey, LR, BDM, Quantitatif), et essayer de désigner la grille d'échantillonnage minimale nécessaire pour un monitoring national de ces espèces selon un échantillonnage au hasard ou stratifié. De plus, les résultats de la modélisation effectuée avec le CSCF pour l'échantillonnage stratifié ont permis indirectement d'obtenir aussi des informations sur les exigences écologiques de ces espèces en Suisse, et de délimiter leurs aires potentielles de répartition.

Les tests effectués, bien que limités dans le temps, ont montré les possibilités pratiques et les limites pour un monitoring des petits carnivores en Suisse. Dans les derniers chapitres du rapport sont ainsi présentés des variantes de monitoring avec leurs objectifs, les avantages, les modalités d'exécutions et une estimation grossière des coûts.

Situazione dei piccoli carnivori in Svizzera e basi per un programma di monitoraggio nazionale

Riassunto

Le informazioni riguardanti i piccoli carnivori si rivelano insufficienti per definire lo statuto delle diverse specie e per comprendere le tendenze delle popolazioni a livello nazionale.

Per questo motivo il Settore caccia e fauna selvatica dell'UFAFP ha deciso di sostenere un progetto di biomonitoring (o Survey) nazionale proposto dalla Società svizzera di biologia della fauna (SSBF / SGW) concernente 7 specie di piccoli carnivori inclusi nella Legge federale sulla caccia : *Mustela nivalis*, *Mustela erminea*, *Mustela putorius*, *Martes foina*, *Martes martes*, *Felis silvestris* e *Procyon lotor*.

In un primo tempo l'obiettivo del **Survey** era quello di raccogliere il maggior numero possibile di informazioni su questi piccoli carnivori a livello nazionale (distribuzione, habitat, eventualmente abbondanza), e di fornire indicazioni per un loro futuro monitoraggio. Durante 2 anni (2002, 2003) una serie di inchieste svolte presso 14 cantoni hanno permesso di raccogliere 13'850 occorrenze, corrispondenti *grosso modo* alla metà dei dati mustelidi registrati presso la banca dati del Centro Svizzero di Cartografia della Fauna (CSCF).

In un secondo tempo (2004), l'obiettivo principale si è orientato verso l'elaborazione di metodologie più precise per un **monitoraggio** a lungo termine dei piccoli carnivori (distribuzione e tendenze in atto) con l'impiego di metodi standardizzati.

Dei test metodologici (inchieste, tunnels per le tracce, trappole fotografiche, indici di presenza) sono quindi stati eseguiti in alcuni km² distribuiti in quattro regioni (Altipiano, Nord delle Alpi, Sud delle Alpi, Grigioni) rappresentanti 4 zone biogeografiche della Svizzera dove la presenza delle specie bersaglio era già conosciuta. Le prove sistematiche eseguite, anche se limitate, indicano che le piccole specie (donnaia, ermellino e puzzola) si possono meglio osservare con il metodo dei tunnels per le tracce, mentre le trappole fotografiche sono più efficienti per la martora e la faina. Non è invece stato possibile testare i due metodi con il gatto selvatico e il procione.

I risultati dello studio forniscono indicazioni sulle metodologie più idonee per un monitoraggio attivo del tipo Liste Rosse o BDM (messa in evidenza della presenza / assenza delle specie). Non viene tuttavia esclusa la possibilità di completare questi monitoraggio, a seconda delle specie, con dei metodi cosiddetti passivi. Ad esempio, vale in ogni caso la pena utilizzare le statistiche cantonali per monitorare la faina, la martora, o la puzzola o di condurre delle inchieste mirate per il gatto selvatico e il procione. Inoltre, degli studi complementari a livello regionale sono necessari per meglio comprendere lo statuto locale di determinate specie quali ad esempio la puzzola che potrebbe essere scomparsa dal Vallese o dal Ticino.

I dati raccolti durante il *Survey* sono inoltre stati analizzati e modellizzati, in collaborazione con il CSCF, per qualificare 4 differenti tipi di monitoraggio (Survey, LR, BDM, Quantitativo), e per identificare la griglia di campionamento necessaria e sufficiente per un monitoraggio nazionale di queste specie secondo un campionamento casuale o stratificato. Inoltre, i risultati della modellizzazione per il campionamento stratificato hanno pure permesso, indirettamente, di ottenere delle informazioni sulle esigenze ecologiche delle specie analizzate e di definire i loro areali potenziali di distribuzione.

I test effettuati, anche limitati nel tempo, hanno messo in evidenza le possibilità pratiche e i limiti per un monitoraggio dei piccoli carnivori in Svizzera. Nei capitoli conclusivi del rapporto sono presentate delle possibili varianti di monitoraggio con i loro obiettivi, i vantaggi, le modalità di esecuzione e una stima dei costi.

1. INTRODUCTION

1.1 Mandat

La Section chasse et faune sauvage de l'OFEFP a décidé de soutenir un projet de biomonitoring national (ou Survey) proposé par la Société suisse de la biologie de la faune (SSBF / SGW). Il s'agit du biomonitoring à long terme en Suisse de 7 petits carnivores concernés par la Loi fédérale sur la chasse (LChP) :

Mustélidés :	Belette (<i>Mustela nivalis</i>)	Félidés :	Chat sauvage (<i>Felis silvestris</i>)
	Hermine (<i>Mustela erminea</i>)		
	Putois (<i>Mustela putorius</i>)	Procyonidés :	Raton laveur (<i>Procyon lotor</i>)
	Fouine (<i>Martes foina</i>)		
	Martre (<i>Martes martes</i>)		

La SSBF / SGW a accepté de piloter ce mandat financé par l'OFEFP et de confier sa réalisation à un groupe de spécialistes réunis dans la communauté de travail Faune Concept, avec la collaboration du Centre de cartographie de la faune de Neuchâtel (CSCF).

Le bureau Drosera SA, membre de Faune Concept, est chargé de coordonner le projet.

Ce mandat a été suivi par un groupe d'accompagnement comprenant des membres de la Section chasse et faune sauvage de l'OFEFP et de la SSBF / SGW. Il s'agit des personnes suivantes :

Rolf Anderegg, Simon Capt, Christine Breitenmoser, Joya Müller, Jürg-Paul Müller, Darius Weber.

1.2 Objectifs

Depuis les travaux réalisés pour l'élaboration de l'Atlas de mammifères de Suisse, il y a une vingtaine d'années (Hausser, 1995), le nombre d'informations nouvelles concernant les petits carnivores a nettement baissé. Actuellement, il manque des données pour définir le statut de différentes espèces et les tendances des populations au niveau national.

L'objectif du **Survey** a été de récolter dans un premier temps le plus grand nombre d'informations possibles sur ces petits carnivores au niveau national (répartition, habitat, éventuellement abondance), et de fournir des indications pour la mise en place après quelques années d'un monitoring de ces espèces. En outre, il était prévu de mener éventuellement des recherches particulières sur les espèces dont le statut national ou régional est mal connu.

Suite à deux premières années d'enquêtes réalisées auprès de 12 cantons (2002, 2003), une réorientation du projet a été demandée par les mandants en automne 2003, pour des questions de budget et de façon à planifier plus rapidement un monitoring futur des petits carnivores.

Il n'a donc pas été possible de couvrir l'entier du territoire national avec ce Survey et plusieurs cantons importants, pour lesquelles des données actualisées sur les petits carnivores font défaut, resteraient encore à étudier.

En parallèle à ce Survey, le groupe de travail s'est investi dans diverses activités de contact avec le public et les naturalistes (conférences), de vulgarisation dans la presse et des revues (cf par exemple : Holzgang et al., 2003; Baumgartner, 2004), et deux cours SSBF / SGW ont été organisés à St-Maurice (VS, mars 2003) puis à Chur (GR, mars 2004) sur la biologie et les méthodes de terrain pour le monitoring des mustélidés.

Dans une deuxième étape (2004), l'objectif principal s'est réorienté dans le sens de fournir des bases plus précises pour un **monitoring à long terme** des petits carnivores (distribution et tendances des populations), avec des méthodes standardisées.

Des tests de méthodes ont donc été menés sur quelques surfaces kilométriques réparties dans 4 zones biogéographiques suisses (Plateau, Nord des Alpes, Sud des Alpes, Grisons) où la présence des espèces cibles était connue.

Des analyses des données du Survey et leurs modélisations ont également été réalisées pour qualifier les différents types de monitoring et essayer de désigner la grille d'échantillonnage minimale nécessaire pour un monitoring national de ces espèces selon un échantillonnage au hasard (cf § 7.4) ou de type stratifié (cf § 6 et 7.3).

Notons que les résultats de la modélisation effectuée avec le CSCF pour l'échantillonnage stratifié ont permis indirectement d'obtenir aussi des informations sur les exigences écologiques de ces espèces en Suisse et de délimiter leurs aires potentielles de répartition.

Finalement, ce travail a été entrepris dans le but de permettre un monitoring à long terme qui remplisse autant que possible les objectifs suivant :

- la surveillance des espèces;
- la gestion et la protection des espèces;
- la réactualisation de la Liste Rouge des mammifères, en ce qui concerne les petits carnivores;
- l'élaboration d'une liste des espèces prioritaires et des plans d'actions spécifiques (programme Mammalia);
- l'extension du programme BDM-CH aux mustélidés.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Méthodes passives

2.1.1 Enquêtes (Survey)

Le projet de Survey des petits carnivores se base, dans une première phase, sur la récolte d'indications de présence des espèces cibles auprès de tierces personnes. Il s'agit donc d'un biomonitoring passif, essentiellement basé sur des enquêtes menées auprès des services cantonaux compétents, de biologistes, de naturalistes, de musées ou de taxidermistes possédant des observations sur ces espèces.

Les données des différents observateurs ont été transmises aux coordinateurs régionaux sous une des formes suivantes :

- 1) un formulaire informatique (Excel), pouvant être envoyé par mail;
- 2) un formulaire manuscrit avec toutes les indications;
- 3) une carte topographique éventuelle au 1:25'000 (croix et date à l'endroit de la localisation).

Elles ont été ensuite contrôlées (exactitude, fiabilité, etc.) et classées selon les critères du tableau 1, puis compilées dans un seul fichier Excel qui a été transmis à S. Capt du CSCF pour l'élaboration des cartes de répartition. Les données provenant des cantons concernés et recueillies directement par le CSCF sont également comptabilisées. Toutes les données récoltées lors du projet sont déposées au CSCF.

N°	Fiabilité	M. nivalis M. erminea P. lotor	M. putorius	M. martes M. foina	F. silvestris
1	Sûre	Cadavre* Empaillé, crâne Capture* Bonne photo* Observation sûre°	Idem	Idem	Mensurations sur animal* Analyse génétique
2	Vraisemblable	Crotte (photo) Trace (photo) Obs. possible ou de non spécialiste°	Piste (photo°) Idem Batracien dévoré°	Crotte sûre (lieu, odeur)° Empreinte sûre (photo)° idem Cris en ville (fouine)	Capture* Bonne photo* Observation sûre°
3	Incertain	Terrier, nid, vestiges de repas Obs. peu fiable° Indices douteux°	Idem Crotte (photo)	Idem Crotte (photo°)	Crotte (photo°) Trace (photo°) Obs. possible ou de non spécialiste°

Tableau 1 : Critères de fiabilité utilisés.

* vérification par un spécialiste ou un membre du projet

° jugement par un spécialiste ou un membre du projet

- Les observations trop douteuses ou imprécises n'ont pas été retenues dans la base de données.
- Les observations ou déterminations s'arrêtant aux genres (*Mustela*, *Martes*, *Felis*) n'ont pas été prises en compte sauf cas particuliers (lieu étonnant, preuve pouvant venir plus tard, etc.);
- En cas de contact avec l'observateur pour contrôle de la donnée, des questions détournées ont été posées sur des critères distinctifs de l'animal (taille, lieu, couleur, ressemblance, etc.) et non pas directes (p.ex. a-t-il une grande queue à bout noir ?).

En conformité avec le CSCF, un Code de précision concernant les coordonnées et un code de précision concernant la date ont été rajoutés pour chaque information dans la base de données (tableaux 2 et 3).

Code	Précision	Exemple
0	Sans indication	
1	9km ²	
2	1.1 – 8.9km ²	
3	1 km ²	596 / 135
4	0.1 km ²	596.1 / 135.4
5	0.01 km ²	596.15 / 135.43
6	0.001 km ²	596.152 / 135.437

Tableau 2 : Code de précision des coordonnées.

Données	Jour	Mois	Années	Code précision date
1950			1950	
09.1987		9	1987	
12.5.1999	12	5	1999	
Dans les années 1950			1955	5 (signifie +/- 5 ans)
Été 1965		7	1965	1 (Signifie +/- 1 mois)
Première quinzaine de mai 2002	7	5	2002	7 (signifie +/- 7 jours)

Tableau 3 : Code de précision de date.

2.1.2 Statistiques cantonales

Anand der Jagd- und Fallwildstatistik der Kantone Aargau und Luzern wird untersucht, welche Aussagen bezüglich Populationsentwicklungen bei Marderartigen anhand kantonaler Statistiken gezogen werden können. Bei den Kantonen Bern, Freiburg, Jura, Basel Landschaft, Graubünden und Zürich wurde ebenfalls abgeklärt, ob die Statistiken für die Analyse verwendet werden können. Leider waren die Statistiken gemäss den kantonalen Jagdverwaltungen entweder nicht systematisch zuverlässig, die Datenreihe zu kurz oder es wurde nicht zwischen Baum- und Steinmarder unterschieden. Die Statistiken konnten daher für die Analyse nicht verwendet werden.

Vorgehen: Für alle Berechnungen wurde der natürliche Logarithmus \ln verwendet, weil dies zu einer symmetrischeren Fehler-Verteilung um die Regressionslinie führt. Da das Verkehrsaufkommen nicht konstant ist und daher das Fallwildaufkommen beeinflusst, wurde eine polynomiale Regression mit dem Fallwild als abhängige und dem Verkehrsaufkommen (DTV = Durchschnittlicher Tagesverkehr) als unabhängige

Variable gerechnet. Das Ziel dieser Regressionsrechnung war also, das Fallwild mit dem Verkehrsaufkommen zu korrigieren. Um zu untersuchen, ob beim Abschuss ein Trend besteht, wurde in der Regel ebenfalls eine polynomiale Regression mit dem Abschuss als abhängige und dem Jahr als unabhängige Variable gerechnet (wobei nicht die Jahrzahl sondern die Reihenfolge in die Regression einfluss, also das erste Jahr der entsprechenden Statistik als 1 verwendet wurde. Die Variable wird im folgenden „Jahr_t“ genannt). Da bei beiden Regressionsrechnungen autokorrelierte Daten verwendet werden (also die Daten vom Zeitpunkt t+1 stark vom Zeitpunkt t abhängen), muss der p-Wert der Regressionsrechnungen korrigiert werden. Dies kann man zum Beispiel erreichen, indem man die Freiheitsgrade df gemäss Bartlett (1946) korrigiert: $df' = N (1 - a_1 * a_2) / (1 + a_1 * a_2)$, wobei N die Anzahl der gepaarten Stichproben, a_1 der Grad der Autokorrelation erster Ordnung der abhängigen Variablen und a_2 der Grad der Autokorrelation erster Ordnung der unabhängigen Variablen ist. Mit zunehmender Autokorrelation nimmt entsprechend die Anzahl der Freiheitsgrade ab.

Die Residuen der jeweiligen Regression von Abschuss und Fallwild einer Art entsprechen trendbereinigten Daten. Sie wurden für die Analyse verwendet, ob Abschuss und Fallwild zeitgleiche oder zeitversetzte Schwankungen aufweisen. Für die Analyse wurde eine cross-correlation angewendet. Alle Analysen wurden mit STATISTICA 6.0 durchgeführt.

2.2 Méthodes actives

2.2.1 Tunnels à traces

La méthode des tunnels à traces (cf p.ex. King & Edgar, 1977, Riom, 1980; Marchesi et al., 2004) consiste à poser des tunnels en bois contreplaqué (longueur : 1 m; hauteur intérieure : 16 cm; largeur intérieure : 12 cm) aux endroits qui semblent propices aux passages des mustélidés (écotones forestiers, zones humides, haies, murets ou tas de pierres, etc.). Ces tunnels possèdent une planchette munie au centre d'un tampon encreur et latéralement de 2 papiers marqueurs d'empreintes. L'animal qui entre dans le tunnel s'imbibera les pattes dans l'encre (non toxique) et laissera ensuite les empreintes des pelotes digitales ou plantaires sur le papier révélateur. Cette méthode a pour principal avantage de fournir des empreintes détaillées, de tailles réelles et indélébiles.

Les tunnels sont soumis à un contrôle hebdomadaire et les déterminations des empreintes sont faites selon la taille et la forme des pelotes. La fiabilité des déterminations dépend de la qualité des empreintes et ne peut être assurée à chaque fois. Cette méthode étant d'autre part en cours de développement, la précision des critères de détermination utilisés ne peut être encore complètement garantie.

2.2.2 Pièges-photos

Les pièges-photos utilisés sont de deux sortes différentes : un modèle américain (marque Camtraker) et un modèle suisse (Band-Genossenschaft Berne), ce dernier étant utilisé par le KORA dans le cadre du monitoring loup et lynx. Ces deux modèles fonctionnent selon le même principe : un détecteur infrarouge déclenche l'appareil de photo au passage d'un animal. Des films négatifs couleurs de 20 poses et de 400 ASA ont été utilisés.

Tests individuels : En 2003, des tests préliminaires avaient été entrepris en différents endroits de Suisse afin de déterminer l'efficacité de l'utilisation de pièges photos pour détecter la présence de petits carnivores (espèces-cibles : hermine, putois, fouine et

martre). Les appareils avaient été disposés indépendamment dans des milieux variés, plus ou moins ouverts, correspondant aux habitats des espèces cible.

Test effectué sur 1 km² : l'expérience s'est déroulée dans la région des Plans-sur-Bex (Vaud; coord. 573/122), connue pour être fréquentée par au moins 4 espèces de petits carnivores (hermine, putois, fouine, martre). Les appareils ont été réglés pour être fonctionnels entre 20 heures et 7 heures. Le temps minimum entre deux prises de vue a été fixé à 10 secondes.

Les pièges ont été disposés dans des boisements (peuplement de haute futaie, cordon boisé le long de cours d'eau, lisière à proximité d'étangs) de manière à favoriser la prise de vue des espèces cibles, et non pas de façon aléatoire. Ils ont été fixés à des supports (piquets, arbres) à un mètre du sol, le long de cours d'eau, de sentier ou de chemin forestier.

La campagne de photos a duré 38 jours (du 6 mai au 9 juin 2004). Elle a été précédée par une semaine d'essais durant laquelle les appareils ont été testés. Les pièges ont été contrôlés toutes les semaines (changement de l'accumulateur, du film, contrôle de l'état de marche des pièges). Des appâts ont également été disposés devant les pièges à certaines occasions.

2.2.3 Indices de présence

Les indications sur la méthode des indices de présence reprises dans ce rapport se basent sur le travail systématique effectué par le bureau Hintermann & Weber (Weber, 2000) dans 3 carrés kilométriques situés dans le Jura neuchâtelois (Sagneule), en Valais (val d'Illiez) et dans les Alpes vaudoises (Morcles). Dans chacun de ces carrés ont été menées :

1. des recherches estivales d'indices en 1999, à raison de 1 passage de 7 à 8h d'investigations de terrain;
2. des recherches d'informations auprès des gardes faune et des indigènes en été 1999;
3. des recherches d'indices sur neige en hiver 2000, à raison de 6,5 h d'investigations de terrain.

Lors de ces investigations, tous les indices de présence (traces sur neige ou dans la boue, crottes, terriers, restes de proie, etc.) ont été recherchés par des biologistes de terrain expérimentés.

2.3 Modélisation pour l'échantillonnage

Un modèle de distribution potentielle a été calculé avec le programme GRASP (voir Lehmann et al. 2002) pour chacune des espèces. Cette prédiction de distribution est calculée en fonction de variables environnementales (tableau 4). On confronte pour l'établissement du modèle prédictif la valeur de ces variables dans les carrés kilométriques¹ avec observation des espèces (informations récoltées durant l'enquête + données CSCF) avec celles des surfaces sans observation. On obtient pour résultat des variables corrélées à la distribution observée de l'espèce (variables expliquant la distribution) et des variables sans rapport avec la distribution.

¹ La valeur des variables est connue à l'hectare, et une moyenne est calculée par carré kilométrique.

La contribution isolée de chaque variable a été calculée dans un premier temps, permettant de sélectionner pour l'établissement du modèle uniquement les variables ayant un potentiel d'explication suffisant (entre 1 et 2.5 % de la déviance totale, selon les espèces). En d'autres termes, les variables qui n'avaient aucune chance d'être en rapport avec la distribution de l'espèce ont été éliminées d'entrée.

En cas de redondance possible, seules les variables apportant la meilleure explication ont été gardées pour le modèle (p. ex. entre densité à 1000 m et à 5000 m, ou entre forêt et conifères - feuillus).

Variable explicative	Définition
a) facteurs	
Tjan	Température moyenne en janvier, corrélée avec l'inverse de l'altitude
Watbudget	Indice d'humidité-sécheresse (P-E : précipitations moins évaporation)
Nness	Tendance à l'exposition nord
Slope	Pente moyenne
Landuse	Utilisation du sol (GEOSTAT) à l'endroit de l'observation (ha)
Biogéographie	Région biogéographique
b) prédicteurs	
Densfor	Densité forêts (densité dans un rayon de 1000 ou 5000 m, moyenne des données ha)
Densconi	Densité forêts de conifères (id.)
Densdecid	Densité forêts de feuillus (id.)
Densagri	Densité surfaces agricoles (id.)
Densgrass	Densité surfaces herbagères (id.)
Denspature	Densité pâturages (id.)
Densriver	Densité eaux courantes (id.)
Denspop	Densité population, indice de densité des habitations (id.)
Denspond	Densité eaux stagnantes (lacs, étangs) colonisées par les batraciens (recens. KARCH) à 1000 m
Densstruct	Densité structures paysage (haies, allées d'arbres, arbres isolés) à 1000 m
c) distances	
Distwater	Distance aux eaux courantes

Tableau 4 : Variables explicatives testées dans la modélisation (sources : GEOSTAT, VECTOR 25).

*Facteurs : variables à distribution non linéaire (ex : altitude, région biogéographique).
Prédicteurs : variables à distribution linéaire (occupation possible de 0 à 100 % de la surface).*

Distances : variable exprimant une distance à un type d'élément paysager (ex : cours d'eau).

3. RÉSULTATS DES ENQUÊTES CANTONALES

3.1 Provenance et types d'observations

Entre 2002 et 2003 (poursuivies partiellement par certains cantons en 2004) les enquêtes ont pu être menées dans **14 cantons** (Argovie, Bâle campagne, Berne – limité à la partie Jura bernois², Fribourg, Genève, Grisons, Jura, Lucerne, Neuchâtel, Nidwald, Obwald, Schwytz, Tessin et Vaud), ce qui a permis de récolter environ **13'850 données** sur ces espèces (tableau 5).

Ceci correspond *grosso modo* à la moitié des données de mustélidés de Suisse enregistrées dans la banque de données du CSCF. En ce qui concerne le canton du Valais, il y a eu une assez bonne couverture réalisée dans le cadre d'une publication sur les mammifères de la vallée du Rhône (Marchesi & Lugon-Moulin, 2004).

CANTONS :	AG	BE	BL	FR	GE	GR	JU	LU	NE	NW	OW	SZ	TI	VD	Total	Total	Total
ESPECE :	2002	2003	2003	2003	2003	2003	2002	2002	2003	2003	2003	2003	2002	2002	enquête	enquête	CSCF
															+	+	pour
																	CH
Belette	11	5	5	17	44	312	14	4	14	1		4	22	55	508	920	1037
Hermine	20	110	20	190	157	466	75	114	99	46	5	33	33	332	1700	3883	4946
Putois	300	23	43	45	29	121	62	270	22	6		10	6	110	1047	1987	2809
Fouine	687	21	373	176	119	4004	252	2555	93	135	1	24	271	350	9061	11161	16463
Martre	232	12	18	66	14	125	33	697	26	22	5	4	5	128	1387	2200	2340
Chat sauvage	1	6	7				36		6					44	100	335	343
Raton laveur	13		6					15		2				1	37	82	139
Total enquête	1264	177	472	494	363	5028	472	3655	260	212	11	75	337	1020	13840		
Total enquête + CSCF	1421	1218	745	783	728	5684	1255	3753	1651	213	15	112	811	1978		20568	28077

Tableau 5 : Résultats définitifs (novembre 2004) des enquêtes cantonales (Survey). Données intégrées par le CSCF dans la base mammifères, après contrôle et suppression des doublons. Source : CSCF.

Cartes de répartitions (cf. annexe1)

Les **cartes nationales** de répartition des espèces, basées sur les données obtenues "enquête + CSCF" (tableau 5), sont séparées en deux périodes distinctes, soit depuis 1800 jusqu'en 1989 (< 1990) et depuis 1990 jusqu'en 2004 (>= 1990) afin de visualiser les éventuelles modifications de distribution survenues durant les quinze dernières années.

Le statut des espèces est discuté au chapitre 3.3.

Des **cartes cantonales** et des commentaires régionaux ont été envoyés à la plupart des cantons concernés par ce travail (voir p. ex. Marchesi & Burri 2003; Marchesi et al. 2004, Briner et al. 2004). Des périodes similaires avaient été considérées.

Source des données

² Pour des raisons politiques (restructuration cantonale des services du domaine Nature et Paysage), l'enquête sur Berne n'était prévue qu'en 2004 d'entente avec P. Juesy, inspecteur cantonal de la chasse.

Les observations récoltées dans le cadre de l'enquête 2002-2003 (n = 13433)³ proviennent principalement des statistiques de chasse (58 %), des observations des gardes faune (13 %) et des statistiques de gibier péri (10 %). Suivent dans l'ordre décroissant les observations des naturalistes (7 %), les musées (5 %), les propres observations des mandataires (2 %) et les questionnaires aux sociétés de chasse (2 %), et finalement les taxidermistes (1 %), les enquêtes à travers les médias (1 %) et la littérature (1%).

La source des données est fondamentalement différente suivant le système de chasse :

- Dans les cantons à chasse affermée, on a pu récolter surtout des données statistiques de chasse et de gibier péri, et peu d'observations d'autres sources (figure 1).
- Dans les cantons à chasse à patente, c'est surtout les statistiques de chasse (mais uniquement pour le canton des Grisons !), les observations des gardes faune et des naturalistes qui ont pu être rassemblées, ainsi que les données muséologiques (figure 2).

Dans ces derniers cantons, les données de la chasse sont souvent localisées géographiquement avec peu de précision. A partir d'une indication géographique moins précise qu'un territoire communal, nous avons renoncé à attribuer des coordonnées à l'observation, et donc rejeté ce type d'observation (p. ex. tir d'une fouine dans un district) en raison de leur peu d'utilité dans un biomonitoring. Elles n'apportent de plus aucune information utile dans la base de données transmise au CSCF.

ESPECE	Gardes faune (GAR)	Indiqué par un tiers (INDIC)	Littérature (LIT)	Media (MED)	Musée (MUZ)	Naturaliste (OBSN)	Auteurs de l'étude (OBSP)	Questionnaire (QUE)	Statistique de chasse (STATC)	Statistique gibier péri (STATP)	Taxidermiste (TAX)	Sans indication	Total
Belette	182	13		13	152	56	10	4					430
Hermine	514	32	21	49	200	497	60	1	37	36	31	1	1479
Putois	165	8		7	84	118	47	165	147	207	47		995
Fouine	665	27		21	203	165	122	15	6859	949	43		9069
Martre	230	6		5	49	97	11	56	684	206	3		1347
Chat sauvage	44	1			8	22	2		1	4			82
Raton laveur	1		2		1	7	10	4	3	4			32
TOTAL	1801	87	23	95	697	962	262	245	7731	1406	124	1	13434

Tableau 6 : Provenance des données obtenues par l'enquête durant la période 2002-2003 (sans 2004). Source : données brutes récoltées par les auteurs. Les meilleures sources de provenance sont surlignées en jaune.

Par espèce (tableau 6), on remarque l'importance de rechercher les données des gardes faune, des naturalistes et des musées pour la belette et l'hermine.

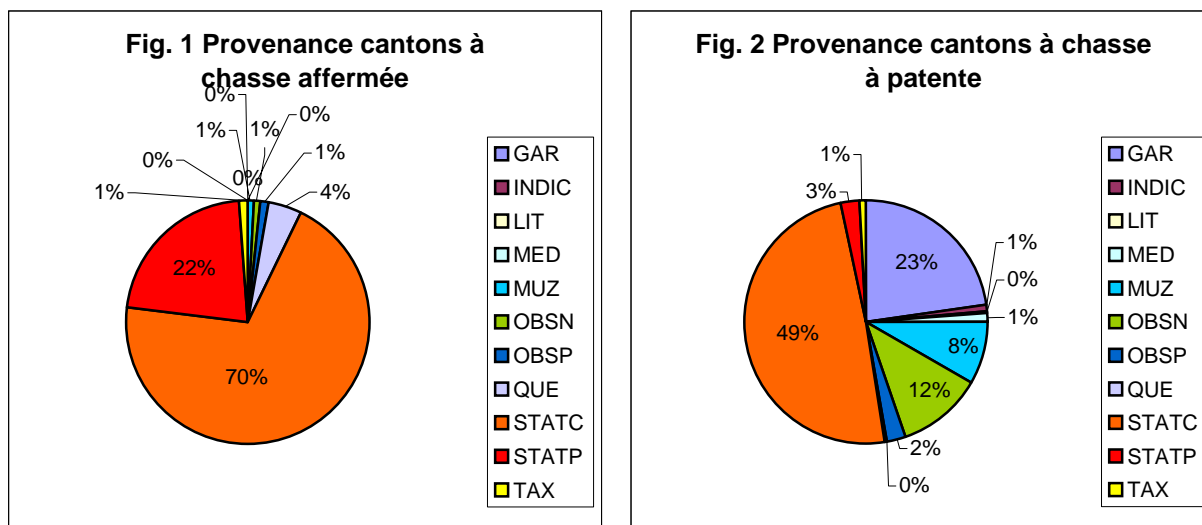
Pour la fouine et la martre, les statistiques de chasse et de gibier péri fournissent la majeure partie des données.

Pour le putois, c'est l'ensemble de toutes ces sources qui est à mobiliser.

³ Ce lot de données ne comprend que les observations récoltées en 2004, transmises au fur et à mesure au CSCF.

Les gardes faune et les naturalistes fournissent encore de nombreuses observations de chat sauvage.

Les observations apportent également des connaissances sur le raton laveur.



Figures 1 & 2 : Provenance des données récoltées durant l'enquête 2002-2003.
Abréviations utilisées : voir tableau 6.

Précision géographique des observations

La précision géographique des données diffère selon les espèces (figure 3), ce qui résulte indirectement de la provenance des données (figure 4).

Pour les grandes espèces (martre, fouine, putois), les localisations sont le plus souvent imprécises (code 0 à 2, > 50 % de données sans lieu ou avec coordonnées > 1 km²).

Par contre, pour les petites espèces (belette, hermine) et le chat sauvage, les localisations sont en général précises (code 3 à 6, > 70 % de données précises au km² ou ha).

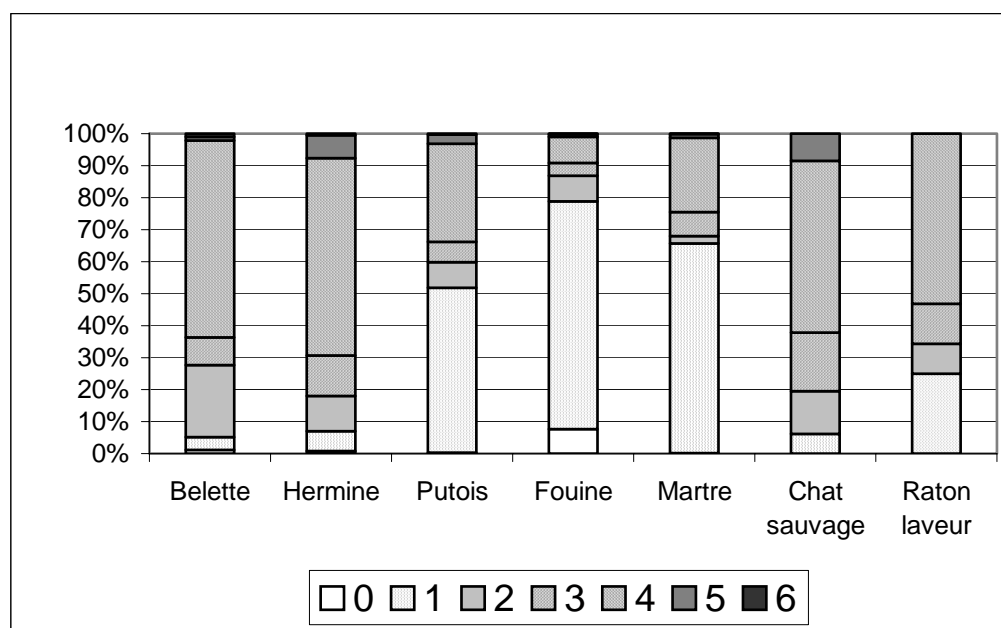


Figure 3 : Précision des coordonnées par espèce :
0 : sans indication, 1 : 9km², 2 : 1.1 – 9km², 3 : 1 km², 4 : = 0.1 km², 5 : 0.01 km², 6 : 0.001 km²

Par canton (figure 4), les données sont plus précises géographiquement dans les cantons à chasse à patente (BE, FR, JU, NE, NW, SZ, TI, VD, GE, majoritairement des observations, et GR, majoritairement des statistiques de chasse) que dans les cantons à chasse affermée (AG, BL, LU, majoritairement des statistiques de chasse et de gibier péri).

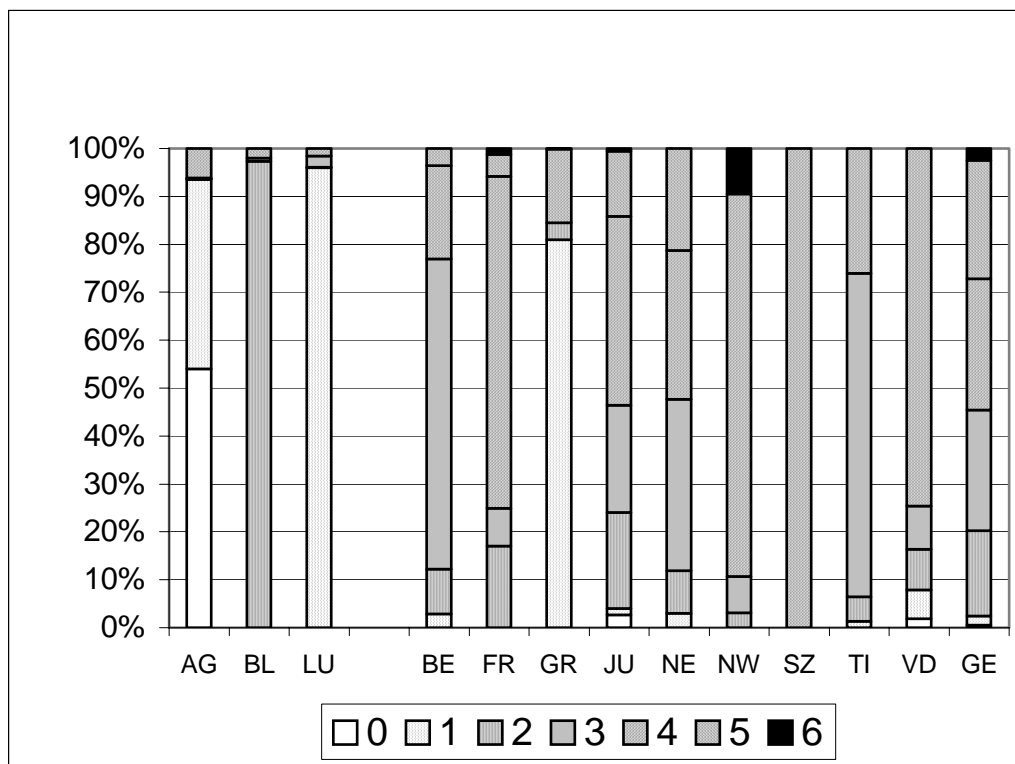


Figure 4 : Précision des coordonnées par canton.

0 : sans indication, 1 : 9km^2 , 2 : $1.1 - 9\text{km}^2$, 3 : 1km^2
 4 : 0.1km^2 5 : 0.01km^2 , 6 : 0.001km^2

Une partie des données récoltées n'est donc pas valorisable pour un biomonitoring (précision des coordonnées $> 1\text{ km}^2$). Pour la fouine par exemple, à peine plus de 10 % ($n = 9069$) des données récoltées ont pu être utilisées dans l'analyse spatiale, les autres étant géographiquement trop imprécises (précision à l'échelle de la commune ou du territoire de chasse). L'ensemble est cependant utilisable pour un monitoring quantitatif simple dans le temps.

Ancienneté des observations

Les données obtenues datent principalement des années d'enquête (2002 et 2003) et de la douzaine d'années précédentes (décade 1990-99, 2000, 2001). Elles remontent cependant jusqu'à 1800 (pour un putois). Cette séquence dans le temps est valable pour toutes les espèces (moyenne annuelle par période, figure 5). La différence de valeur entre 2002 et 2003 est imputable aux cantons inventoriés (différents chaque année) et non à une variation d'effectifs.

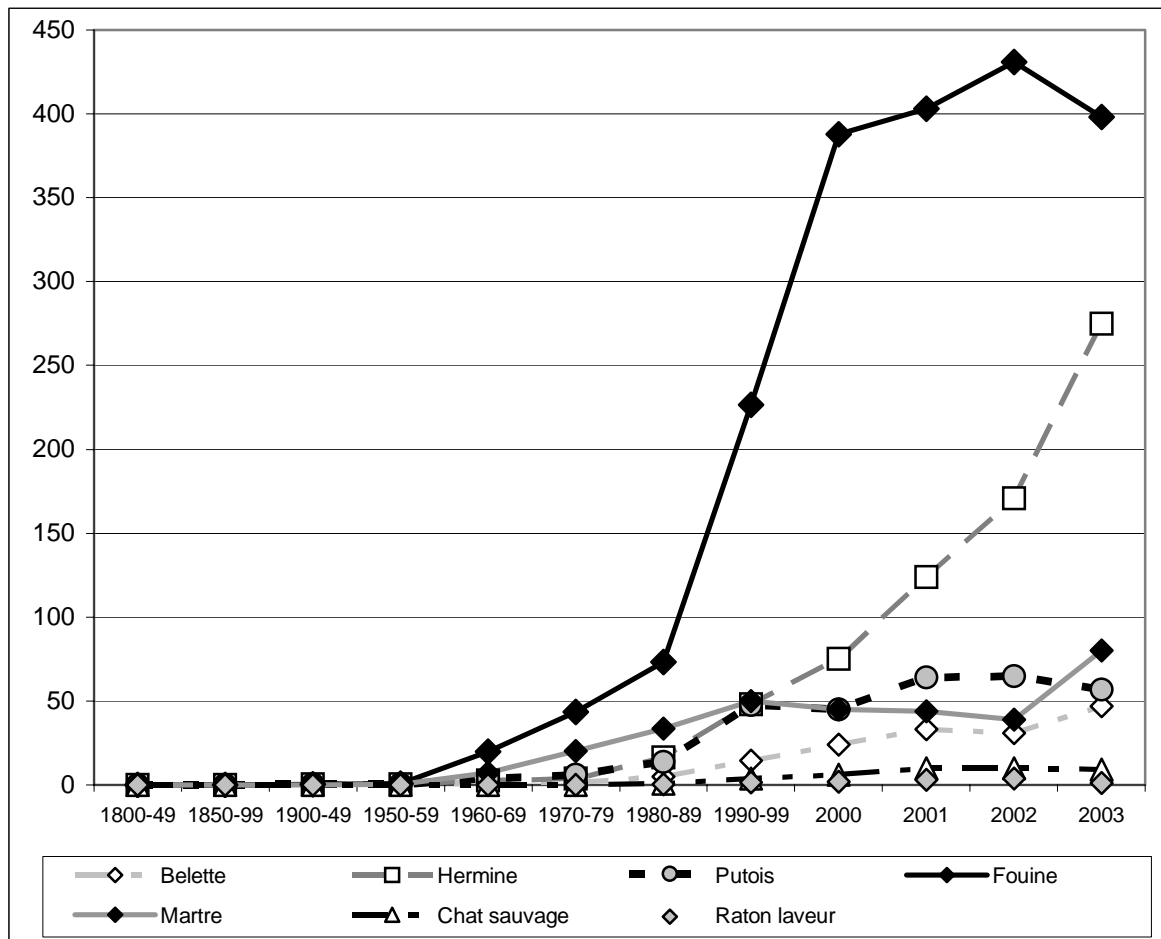


Figure 5 : Ancienneté des observations.

Fiabilité des données

Les observations et données reçues ont été considérées comme fiables dans leur ensemble (fiabilité = 1 à 3; fig. 6). Les données trop douteuses ont été écartées d'emblée, avant leur insertion dans la base de données.

Pour le chat sauvage, seuls les spécimens analysés génétiquement ou sur mensurations corporelles et crâniennes ont été considérés comme sûrs (n = 12). La majorité des autres observations ont été considérées comme vraisemblables (n = 69), la plupart ayant pu être vérifiées auprès des observateurs (critères de reconnaissance, etc.). Une faible part reste considérée comme douteuse (n = 13).

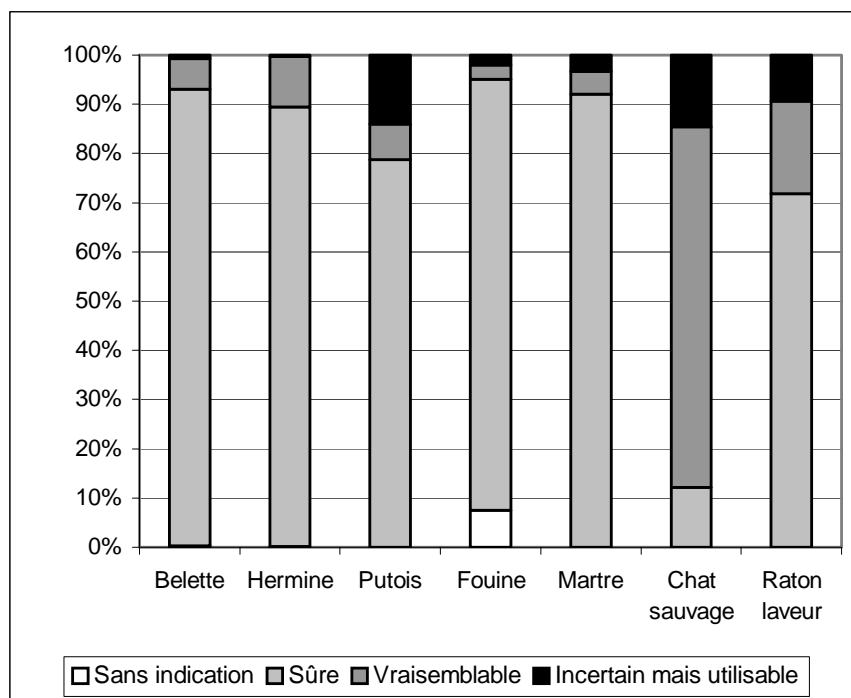


Figure. 6 : Fiabilité des observations.

Selon le tableau 7, une bonne partie des données proviennent d'animaux morts tirés (33.3 %, n = 13434). Toutefois, si on écarte celles de la fouine, qui proviennent pour moitié d'animaux tirés (49 %, n = 9069), ainsi que les données fournies sans indication⁴, qui orientent trop les résultats, on constate que pour les 6 espèces restantes 44.7% (n = 1815) proviennent d'observations visuelles et 38,1% d'animaux accidentés ou trouvés morts sans causes connues.

Code CSCF	Belette	Hermine	Putois	Fouine	Martre	Chat sauvage	Raton laveur	SOMME	%
Tiré			1	4462	10	2	1	4476	33.3
Accidenté	10	144	252	694	206	7		1313	9.8
Trouvé mort	13	17	23	329	9	9	1	401	3.0
Vu	55	344	214	362	135	51	13	1174	8.7
Empreintes	5	70	50	49	5	2	3	184	1.4
Crottes	2	8	4	40	2	1	3	60	0.4
Restes repas			1		39			40	0.3
Terrier	1	1	1					3	0.0
Cri			2	5			1	8	0.1
Capturé	7	4	6	29	2	3	1	52	0.4
Photo			1	4	7	1		13	0.1
Autres	1	25	39					65	0.5
Sans indic	336	866	401	3095	932	6	9	5645	42.0
SOMME	430	1479	995	9069	1347	82	32	13434	100.0

Tableau 7 : Type des données obtenues par l'enquête durant la période 2002-2003 (sans 2004). Source : données brutes récoltées par les auteurs. Les types de données les plus représentés sont surlignés en jaune.

⁴ Un nombre important de données sans indication provient de statistiques cantonales. Retrouver l'origine exacte de chacune de ces données aurait été un travail par trop considérable. Elles sont constituées principalement d'animaux tirés, accidentés ou observés par des gardes.

Conclusions

Belette (*M. nivalis*), hermine (*M. erminea*) :

Les données récoltées proviennent majoritairement d'observateurs fiables (gardes faune, naturalistes aguerris) et sont géographiquement précises. Les statistiques apportent peu d'information. Nous n'avons pas été confrontés à des risques de confusion d'espèce, hormis dans les statistiques de quelques cantons alémaniques où des animaux péris étaient enregistrés en tant que "Wiesel" (ces données ont été classées comme "hermine" de fiabilité "incertaine").

Les enquêtes fournissent donc de bons renseignements pour ces deux espèces.

Putois (*M. putorius*) :

Les données récoltées proviennent à parts sensiblement égales des observations (gardes faune, naturalistes, enquêtes auprès des chasseurs) et des statistiques (chasse avant sa protection, gibier péri). Pour obtenir un maximum d'informations sur cette espèce, les deux sources doivent être utilisées simultanément.

Fouine (*M. foina*), martre (*M. martes*) :

Une très importante masse de données existe au niveau des statistiques cantonales pour ces deux espèces souvent chassées, en tant que gibier péri ou gibier tiré. Cependant, l'information est le plus souvent mal située géographiquement. Dans les cantons à chasse affermée, on ne sait de quel territoire l'animal provient. Dans les cantons à chasse à patente, les données de gibier péri sont précises, celles de gibier tiré sont imprécises. Seul un décompte final cantonal était disponible jusqu'à quelques années en arrière. Certains cantons mettent toutefois en place un système de relevé plus précis. Pour ces deux espèces, l'apport des observations visuelles est surtout intéressant pour la martre (tableau 7), mais elles restent peu nombreuses. Subsiste aussi le problème des cantons où la chasse de la martre est interdite et pour laquelle on manque de données sûres (p.ex. TI, GE).

Chat sauvage (*F. silvestris*) :

Les données récoltées se répartissent en 3 groupes : les données fiables d'animaux morts analysés ou mesurés, les données d'animaux observés par des gardes faune ou des naturalistes aguerris connaissant bien l'espèce et des observations de diverses provenances qui restent incertaines, malgré un apport documentaire éventuel (photos, etc.). Les données du premier groupe seul sont trop peu nombreuses pour un monitoring mais elles ont pu être notablement complétées par celles du deuxième groupe. Les enquêtes apportent donc un sérieux complément d'information aux données provenant des analyses d'animaux accidentés, qui restent cependant les seules preuves absolues de présence de l'espèce. Les deux méthodes doivent donc être appliquées en parallèle.

Raton laveur (*P. lotor*) :

Les données sont peu nombreuses, mais proviennent surtout d'observations (naturalistes, questionnaires aux chasseurs) et de la statistique d'animaux tirés. Pour obtenir un maximum d'informations sur cette espèce, les deux sources doivent être utilisées simultanément.

3.2 Statistiques cantonales (cantons Aargau, Luzern)

Jagdstatistik Kanton Aargau

Baumarder (*M. martes*)

Der Baumarder wurde im Kanton Aargau bis 1995 geschossen, zeigte aber seit 1988 eine stark abnehmende Tendenz (Abb 7). Eine lineare Regression mit dem Jahr als unabhängige Variable erklärt 52 % der Varianz und weist eine signifikant ($df' = 6.9$; $t = 4$; $p < 0.01$) negative Steigung auf. Die Gleichung lautet: $\ln(\text{Abschuss}) = 2.7 - 0.1 * \text{Jahr}_t$. Seit 1995 wurden im Kanton Aargau keine Baumarder mehr geschossen.

Die Fallwildzahlen stiegen bis 1989 an und nahmen dann zuerst langsam und seit Mitte der 90er-Jahre stark ab (Abb. 7). Die polynomiale Regression mit dem DTV ist signifikant (ANOVA: $df = 3$; $F = 260$; $p < 0.01$) und erklärt 68 % der Varianz. Seit 1993 werden weniger tote Tiere aufgefunden trotz stetig zunehmendem Verkehr (Abb. 8).

Die Residuen (d.h. die trendbereinigten Werte) bei Abschuss und Fallwild zeigen keine Autokorrelation mehr. Sie verlaufen zwar recht parallel, zeigen aber weder zeitgleiche noch zeitversetzte signifikanten Korrelationen untereinander (Abb. 9).

Beide Statistiken deuten darauf hin, dass die Baumarderbestände im Kanton Aargau seit den 90er-Jahren rückläufig sind.

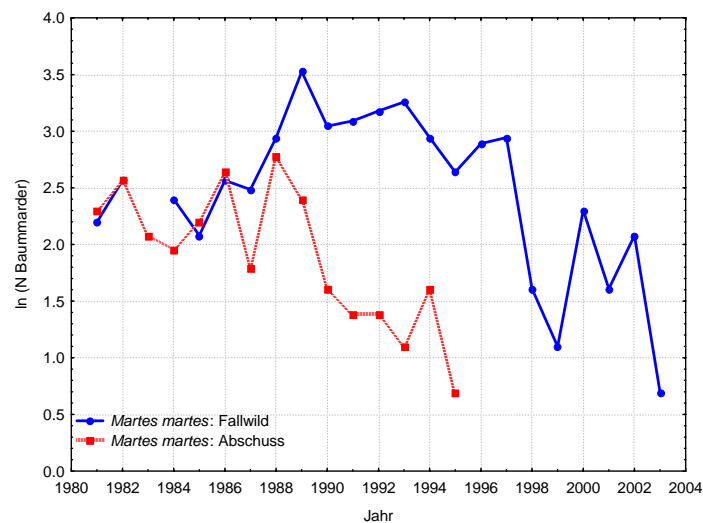


Abb. 7. Abschuss- und Fallwildzahlen (natürlicher Logarithmus) beim Baumarder im Kanton Aargau.

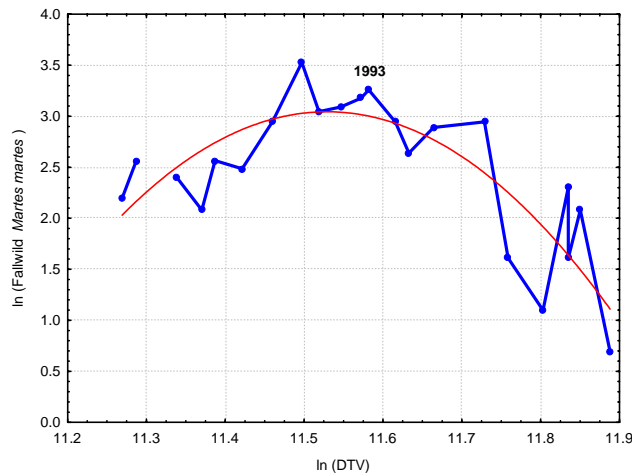


Abb. 8. Die polynomiale Regression zweiten Grades mit $\ln(\text{Fallwild})$ als abhängige und $\ln(\text{DTV})$ als unabhängige Variable lautet wie folgt: $\ln(\text{Fallwild}) = -1992 + 346.1 * \ln(\text{DTV}) - 15 * \ln(\text{DTV})^2$. Alle Parameter sind signifikant mit $p < 0.01$.

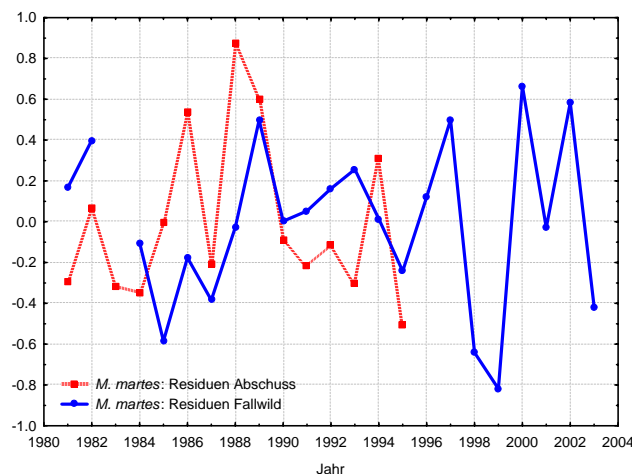


Abb. 9. Die Residuen verlaufen zwar recht parallel, zeigen aber weder zeitgleiche noch zeitversetzte signifikante Korrelationen untereinander.

Steinmarder (*M. foina*)

Der Abschuss beim Steinmarder schwankte im Kanton Aargau während den 80er-Jahren recht stark, blieb aber stabil bis 1998 (Abb. 10). Von 1998 an nahm der Abschuss stark ab. Eine polynomiale Regression dritten Grades erklärt 77 % der Varianz. Die Gleichung lautet: $\ln(\text{Abschuss}) = 5.1 - 0.096 * \text{Jahr}_t + 0.01 * \text{Jahr}_t^2 - 0.00034 * \text{Jahr}_t^3$, wobei nur der Achsenabschnitt und der kubische Term signifikant sind ($p < 0.05$).

Die Fallwildzahlen nehmen mit zunehmendem Verkehr bis 1998 zu, aber danach stetig ab (Abb. 10). Die polynomiale Regression mit dem DTV als unabhängige Variable ist signifikant (ANOVA: $df = 4$; $F = 8448$; $p < 0.01$) und erklärt 85 % der Varianz. Seit 1998 werden trotz stetig steigendem Verkehr deutlich weniger tote Tiere gemeldet (Abb. 11).

Die Residuen zeigen sowohl beim Abschuss als auch beim Fallwild keine Autokorrelation mehr. Sie sind jedoch untereinander signifikant mit einer zeitlichen Verschiebung von einem Jahr korreliert, wobei die Fallwild-Residuen zum Zeitpunkt $t+1$ mit -0.447 mit jenen beim Abschuss zum Zeitpunkt t korreliert sind (Abb. 12).

Sowohl Abschuss- als auch Fallwildstatistik deuten darauf hin, dass im Kanton Aargau die Steinmarderbestände seit 1998 zurückgehen. Dies gilt jedoch nur unter der Einschränkung, dass sich die Jäger bei der Steinmarderjagd nicht stärker zurückhalten als in den Vorjahren und das Einsammeln von Fallwild sich nicht deutlich verringert hat.

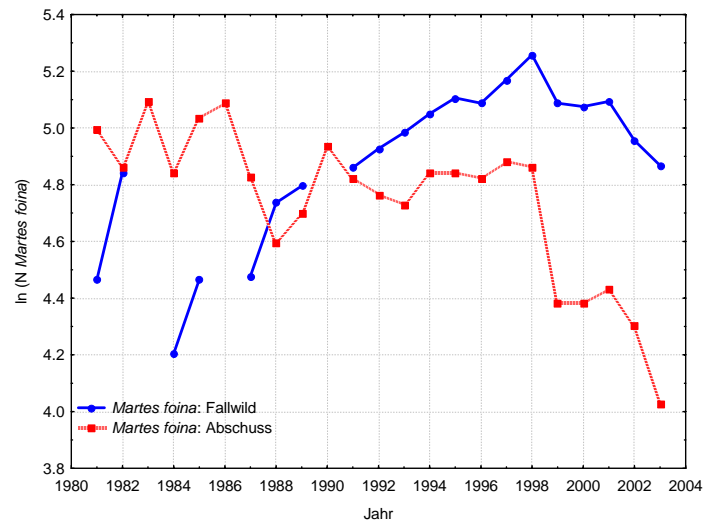


Abb. 10. Abschuss- und Fallwildzahlen (natürlicher Logarithmus) beim Steinmarder im Kanton Aargau.

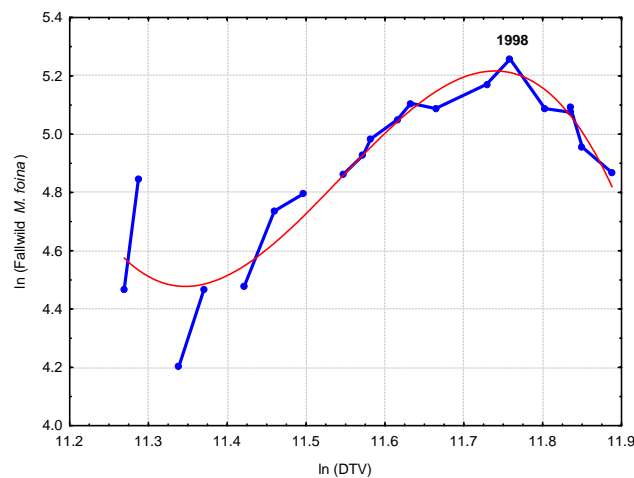


Abb. 11. Die polynomiale Regression dritten Grades mit \ln (Fallwild) als abhängige und \ln (DTV) als unabhängige Variable lautet wie folgt: \ln (Fallwild) = $37494 - 9749 \cdot \ln$ (DTV) + $844.8 \cdot \ln$ (DTV)² - $24.4 \cdot \ln$ (DTV)³. Alle Parameter sind signifikant mit $p < 0.05$.

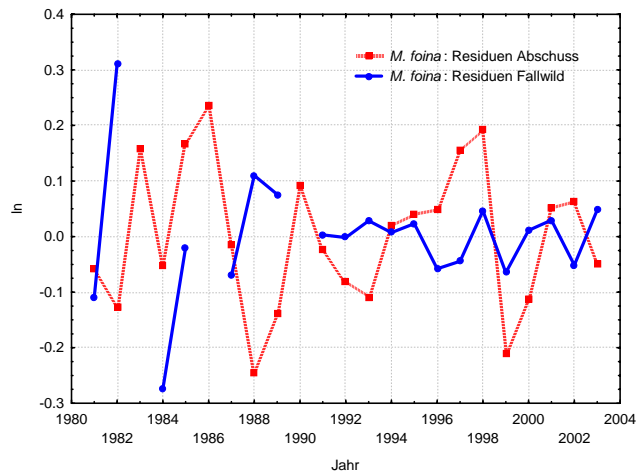


Abb. 12. Die Residuen zeigen eine signifikante Korrelation bei einer zeitlichen Verschiebung von einem Jahr. Die Fallwild-Residuen zum Zeitpunkt $t+1$ sind negativ korreliert (-0.447) mit den Residuen beim Abschuss zum Zeitpunkt t .

Iltis (*M. putorius*)

Bis 1995 nehmen die Fallwildzahlen beim Iltis im Kanton Aargau zu (bis auf den Ausnahmewert von 1989), dann scheinen sie zu stagnieren (Abb. 13). Die lineare Regression (ohne den Wert von 1989) mit dem DTV als unabhängige Variable ist signifikant (ANOVA: $df = 1, 5$; $F = 59.9$; $p < 0.01$) und erklärt 79 % der Varianz. Die Residuen zeigen keine Autokorrelation mehr.

Die lineare Beziehung täuscht unter Umständen einen stabilen oder leicht steigenden Bestand vor (Abb. 14). Da jedoch seit 1995 die Fallwildzahlen trotz zunehmendem Verkehr zu stagnieren scheinen, sollte man die Entwicklung unbedingt genau verfolgen. Denn wenn dieser Trend anhält, könnte dies bedeuten, dass die Population langsam abnimmt.

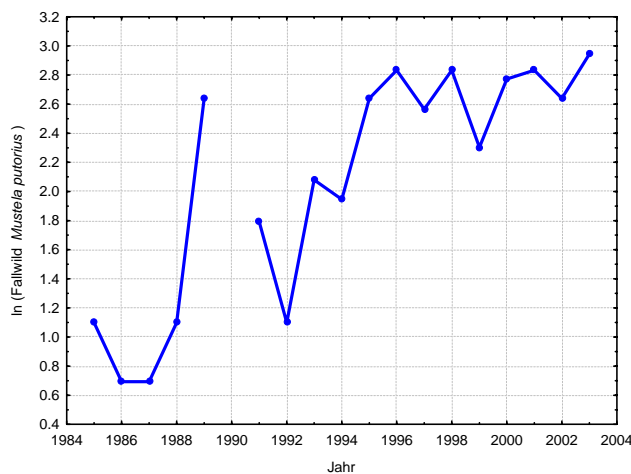


Abb. 13. Fallwildzahlen (natürlicher Logarithmus) beim Iltis im Kanton Aargau.

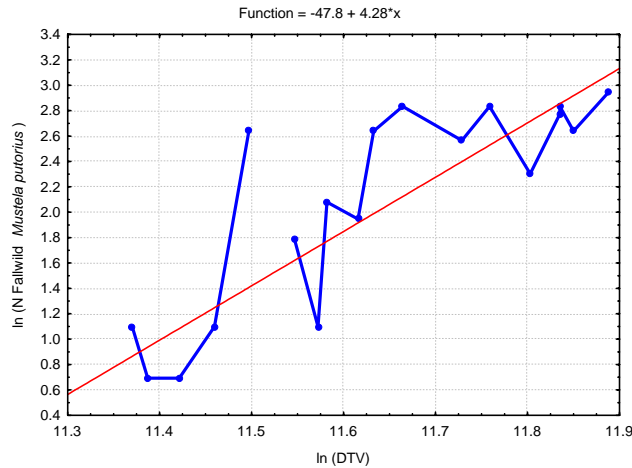


Abb. 14. Die lineare Regression mit \ln (Fallwild) als abhängige und \ln (DTV) als unabhängige Variable lautet wie folgt: \ln (Fallwild) = $-47.8 + 4.28 * \ln$ (DTV). Der Ausnahmewert von 1989 wurde in die Berechnung nicht mit eingeschlossen.

Jagdstatistik Kanton Luzern

Baumarder (*M. martes*)

Von 1964 bis 1985 nahm im Kanton Luzern der Abschuss beim Baumarder zu und anschliessend wieder ab um auf etwa demselben Niveau wie Ende der 60er-Jahre zu verharren. (Abb. 15). Die polynomiale Regression dritten Grades mit dem Jahr_t als unabhängige Variable erklärt 51 % der Varianz und ist signifikant ($df' = 4, 9; F = 711; p < 0.01$). Die Gleichung lautet: \ln (Abschuss) = $2.1 + 0.241 * \text{Jahr}_t - 0.01 * \text{Jahr}_t^2 - 0.00013 * \text{Jahr}_t^3$.

Die Fallwildzahlen variieren stark von Jahr zu Jahr. Es gibt etliche Jahre, in denen kein oder nur ein totes Tier aufgefunden wurde. Die polynomiale Regression ist nicht signifikant ($df' = 3, 5; F = 2.65; p > 0.1$) und erklärt nur 13 % der Varianz.

Der Baumarderbestand im Kanton Luzern könnte zur Zeit konstant sein. Da es sich beim Abschuss und Fallwild jeweils um sehr geringe Zahlen handelt ist dies schwierig zu beurteilen. Zudem schwanken die Fallwildzahlen stark. In den letzten 10 Jahren wurden 12 – 34 Baumarder pro Jahr geschossen und 0 – 7 tot aufgefunden.

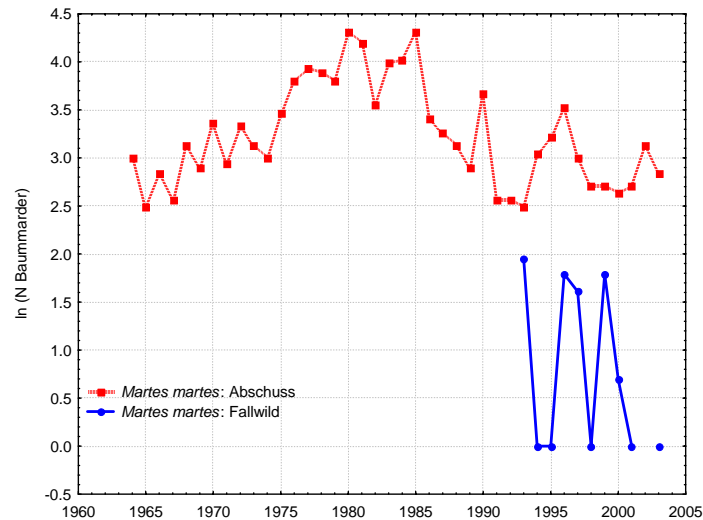


Abb. 15. Abschuss- und Fallwildzahlen (natürlicher Logarithmus) beim Baummarder im Kanton Luzern.

Steinmarder (*M. foina*)

Beim Steinmarder erreichte der Abschuss zwischen 1977 und 1985 die höchsten Werte und pendelt seit rund 10 Jahren auf einem etwas tieferen Niveau, scheint aber stabil zu sein (Abb. 16). Eine polynomiale Regression zweiten Grades erklärt 57 % der Varianz und ist signifikant ($df' = 3, 7; F = 2097; p < 0.01$). Die Gleichung lautet $\ln(\text{Abschuss}) = 3.6 + 0.12 \cdot \text{Jahr}_t - 0.0023 \cdot \text{Jahr}_t^2$.

Das Fallwild wird erst seit 1991 erhoben. Zwischen 1993 und 2002 pendelte das Fallwild hin und her, 2003 wurde wieder so wenig Fallwild gefunden wie zu Beginn (Abb. 16). Die polynomiale Regression zweiten Grades ist signifikant ($df' = 3, 5; F = 949; p < 0.01$) und erklärt 60 % der Varianz (Abb. 17).

Die Residuen beim Fallwild zeigen keine Autokorrelation. Hingegen sind die Residuen beim Abschuss immer noch stark autokorreliert, also noch nicht trendbereinigt. Zwischen den Fallwild- und Abschussresiduen besteht weder eine zeitgleiche noch eine zeitversetzte signifikante Korrelation (Abb. 18).

Aufgrund der Abschussstatistik scheint der Steinmarder seit mehreren Jahren stabil zu sein. Schwierig einzuschätzen ist die Fallwildstatistik. Hier ist für eine grössere Aussagekraft eine längere Datenreihe notwendig.

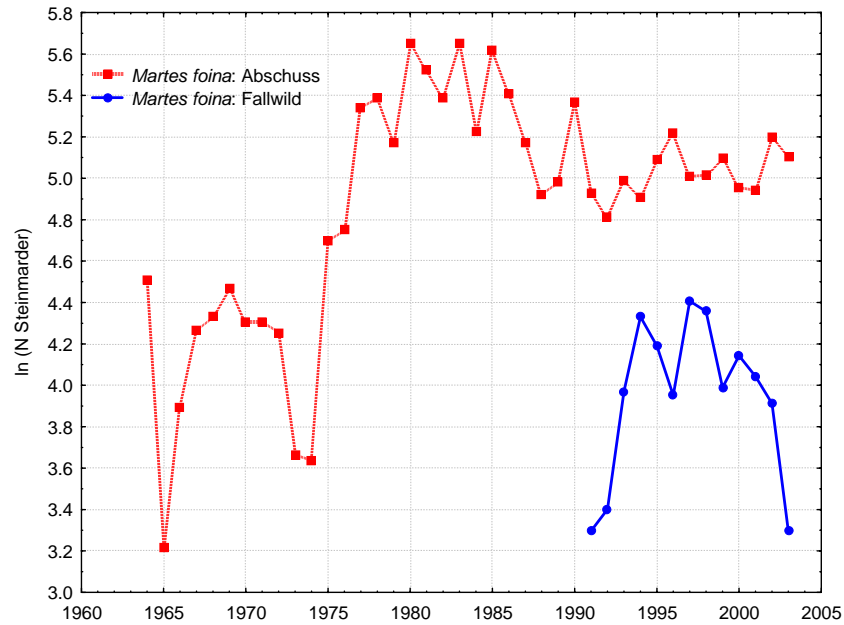


Abb. 16. Abschuss- und Fallwildzahlen (natürlicher Logarithmus) beim Steinmarder im Kanton Luzern.

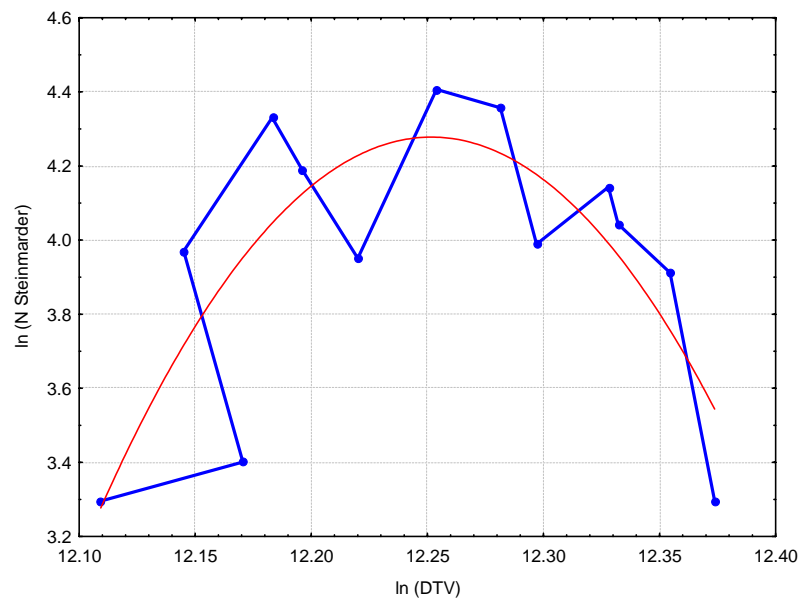


Abb. 17. Die polynomiale Regression zweiten Grades mit \ln (Fallwild) als abhängige und \ln (DTV) als unabhängige Variable lautet wie folgt: \ln (Fallwild) = $-3799.6 + 1208 * \ln$ (DTV) $- 49.3 * \ln$ (DTV)².

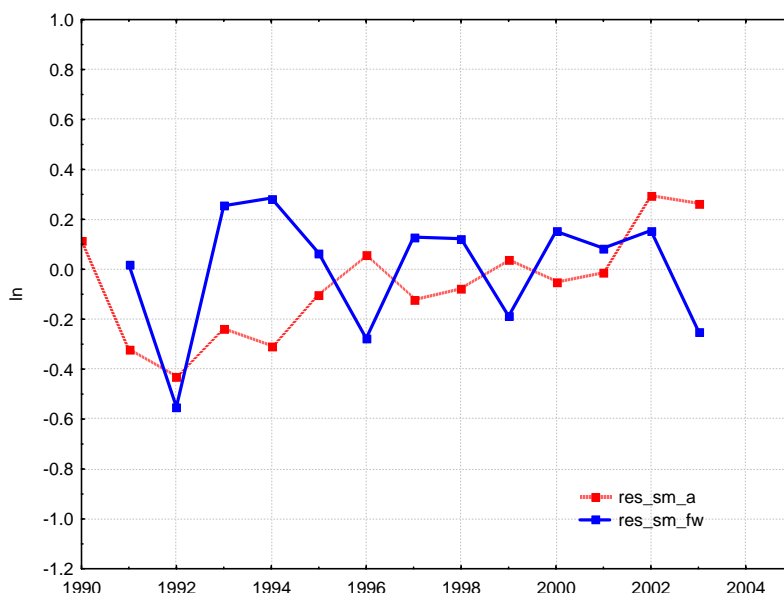


Abb. 18. Residuen der polynomialen Regressionen.

3.3 Statut des espèces

A cause du changement de cap survenu en cours de projet (automne 2003), il n'a pas été possible de couvrir convenablement l'entier du territoire national et il reste encore plusieurs cantons importants et de grande surface pour lesquels les données actualisées sur les petits carnivores font défaut, comme par exemple le canton de Berne. De plus, à part quelques exceptions, il manque généralement des données anciennes récoltées de façon standardisée ce qui rend très difficile une appréciation fiable des tendances évolutives, en particulier pour les espèces non chassées.

Toutefois, nos enquêtes 2002 – 2003 ont permis de couvrir l'ensemble des 6 régions biogéographiques de Suisse (Gonseth et al. 2001), et il est donc possible de tirer quelques interprétations quant au statut des espèces étudiées.

Belette (*M. nivalis*)

Cette espèce est présente dans tout le territoire étudié mais de façon très dispersée et généralement à une fréquence très inférieure à celle de l'hermine. Mis à part les Grisons où elle est assez fréquente (ainsi qu'anciennement au Tessin), on dispose de peu de données dans le reste de la Suisse, même si elles sont largement distribuées.

Vu la couverture fragmentaire du Plateau par l'enquête, il n'est pas possible à l'heure actuelle de tirer des conclusions quant à une éventuelle régression de l'espèce en Suisse.

Toutefois, une évolution régressive de la surface occupée par l'espèce a pu être mise en évidence à Genève où l'on disposait de données anciennes assez précises. Cette espèce semble être menacée surtout par une banalisation du territoire, notamment par la transformation du paysage traditionnel riche en structures qui lui offre un habitat favorable et une bonne abondance de proies. Ces effets sont plus marqués en plaine, où l'espèce est d'ailleurs moins souvent observée à l'heure actuelle. Dans certaines régions de montagne, une régression est également possible : les gardes du Jura bernois la signale ainsi moins fréquente qu'il y a 30 ans.

Dans ce Survey, la forme « naine » n'a été signalée qu'aux Grisons et n'a pas pu faire l'objet d'une analyse particulière.

Hermine (*M. erminea*)

Les données sur cette espèce sont nettement plus abondantes que pour la belette, et se répartissent plus uniformément. D'après les indications obtenues, l'hermine diminue peu en Suisse, sauf dans les grandes surfaces intensément cultivées ou urbanisées. A ce titre, notre enquête ne fournit à nouveau pas encore assez d'indication pour comprendre la situation sur le Plateau suisse, zone qui a subi le plus de transformation au cours du 20^e siècle.

La faible quantité d'observations dans d'autres régions est due aux habitats défavorables (p.ex. grands massifs boisés) ou au manque naturel de proies campagnols (région du Haut-Valais et du sud du Tessin).

Comme pour la belette « naine », le statut de la rare forme d'hermine « pygmée » d'altitude échappe à ce type de Survey national et demanderait une enquête particulière plus ciblée.

Putois (*M. putorius*)

Malgré une régression marquée de ce carnivore au cours du 20^e siècle (Weber, 1988), l'espèce reste encore bien répandue dans le Jura et sur le Plateau suisse. Son recul semble par exemple stabilisé dans le canton de Vaud (Marchesi & Neet, 2002). Dans certains cantons (par exemple GE ou FR) le putois semble avoir régressé en plaine pour se réfugier dans les milieux les plus favorables comme par exemple les forêts riveraines bordant les lacs et les cours d'eau.

L'espèce paraît bien se porter en revanche sur les rives du lac de Neuchâtel et dans la basse vallée de la Broye. Les données restent également assez couvrantes dans les cantons de Luzerne et d'Argovie. Dans ce dernier canton, les statistiques de gibier péri indiquent même une remontée de l'espèce (voir § 3.2).

Son aire de distribution est plus limitée dans les Alpes où le putois pénètre surtout dans les grandes vallées. Dans les Grisons, la situation semble par contre être bien meilleure que ce que laissait supposer les données anciennes de l'Atlas des mammifères de Suisse (Hausser, 1995). Au Tessin et en Valais en revanche, cantons où l'espèce était connue dans le passé, il manque des informations récentes qui confirmeraient sa présence actuelle bien que plusieurs indices laissent penser qu'elle soit toujours là.

Fouine (*M. foina*)

La fouine est largement répandue en Suisse avec une forte concentration d'observations dans les régions urbaines où elle est bien connue de la population à cause de ses dégâts dans les maisons et les voitures. D'après les estimations des assureurs, ces dommages se chiffrent à environ une dizaine de millions de francs par année (l'estimation est prudente car tous les véhicules ne sont pas assurés), ce qui la met au rang des animaux les plus problématiques du pays. La gestion de cette espèce n'est donc pas à négliger, et pourtant son statut reste méconnu dans une bonne partie de la Suisse.

Ainsi, malgré son abondance, les localisations utilisables manquent paradoxalement pour cette espèce, car souvent elle n'est pas relevée par les gardes ou les observateurs (manque d'intérêt, espèce trop banale, etc.) ou alors elle est notée avec une précision insuffisante (> 1 km²).

Si les populations de fouine donnent généralement l'impression d'être encore en augmentation, impression souvent influencée par l'augmentation des dégâts sur les véhicules, quelques statistiques cantonales (p.ex. AG, LU) prouvent au contraire que ce carnivore pourrait être en régression dans certaines régions du pays (voir § 3.2).

La fouine est naturellement plus rarement observée en montagne, ceci non seulement en raison du plus faible nombre d'observateurs potentiels mais aussi car elle est généralement moins abondante en forêt et à distance d'habitations. Toutefois, là aussi l'espèce est bien présente dans les villages, chalets et cabanes alpines qu'elle occupe jusqu'à plus de 3000 m d'altitude (Marchesi & Lugon-Moulin, 2004).

Martre (*M. martes*)

Les données de martre restent rares en Suisse et généralement localisées aux principaux massifs forestiers. L'espèce est observée aussi régulièrement dans le Jura que dans les Alpes ou sur le Plateau suisse.

D'après les statistiques de chasse et de gibier péri, la martre pourrait être en régression inquiétante dans certaines parties du pays, comme le nord du Plateau (AG, LU; voir § 3.2). De même, cette espèce n'est plus beaucoup observée à Genève ou au Tessin par exemple. Il est vraisemblable que la martre souffre beaucoup en plaine de la réduction et de l'altération de la qualité naturelle des massifs forestiers (ligneux hors station, fragmentation par les routes, manque de lumière au sol, diminution des proies, etc.).

Ces tendances restent tout de même à confirmer sur le reste du territoire suisse, vu que son milieu de prédilection (les forêts de moyenne altitude) ne semble pas être menacé. De plus, dans les cantons où elle n'est plus chassée, il peut y avoir une réduction importante du nombre de données. Au Tessin par exemple il n'y a pas eu d'observations sûres de la martre depuis une dizaine d'années bien que l'espèce soit certainement encore présente, mais elle n'est plus tirée.

Chat sauvage (*F. silvestris*)

Les observations de chat sauvage restent rares et se concentrent dans la région du Jura où l'espèce semble privilégier les pentes rocheuses des régions boisées, surtout dans la première chaîne de montagne qui lui offre un climat plus tempéré (Liberek, 1999). Les données font aussi apparaître une occupation dispersée sur le Plateau (dans le Gros-de-Vaud) mais cela doit encore être confirmé de façon sûre par des analyses génétiques ou des cadavres (Marchesi & Burri, 2003).

Dans les Préalpes la situation est encore plus floue vu qu'aucune analyse n'a pu confirmer avec certitude les quelques observations reportées.

Dans tous les cas, l'espèce paraît rester rare et très menacée en Suisse, mais elle pourrait localement augmenter vers la frontière alsacienne (Fernex, 2002).

Raton laveur (*P. lotor*)

Nos enquêtes montrent que, en dehors de quelques lâchers connus, les observations récentes de raton laveur sauvage se concentrent sur le Plateau où il est en phase d'expansion. Cette espèce risque de trouver là des conditions de développement optimales (cf. § 6) et de s'adapter aux régions urbanisées. Des enquêtes locales ciblées sont encore nécessaires (et probablement urgentes) pour mieux comprendre le statut actuel et gérer cette espèce à problème en Suisse.

4. ANALYSES DE MÉTHODES POUR UN MONITORING ACTIF

4.1 Tunnel à traces

Introduction

Afin d'évaluer la possibilité d'intégrer la méthode des tunnels à traces dans le monitoring national des petits carnivores, il était nécessaire d'approfondir les connaissances sur l'efficacité et le rendement de la méthode pour le recensement des mustélidés.

Cinq sites tests d'une surface 1 km² ou environ ont été choisis pour analyser cette méthode : 3 dans le canton de Genève et 2 dans le Sud des Alpes (Tessin, Grisons).

Les principaux objectifs de cette étude étaient les suivants :

- tester l'efficacité et la fiabilité des tunnels à traces pour le recensement des petits mustélidés, en particulier l'hermine et la belette (détection de présence / absence);
- évaluer l'effort et les coûts pour une telle manipulation.

Les détails des tests auxquels ce rapport de synthèse se réfère peuvent être consultés dans les rapports intermédiaires (cf Marchesi et al. 2004).

Résultats

Les tunnels à traces ont été posés pendant 6 semaines dans les trois sites du canton de Genève (Prés-de-Villette, Sionnet – Rouëlbeau, Moulin de vert; voir Marchesi et al., 2004), pendant 3 semaines aux Grisons (San Bernardino) et pendant 4 semaines au Tessin (Robiei). Ces sites ont été spécifiquement choisis en fonction de la présence connue et récente de la belette et/ou de l'hermine dans la région considérée.

Dans ces cinq sites, les tunnels à traces ont permis de mettre en évidence les passages de 4 différentes espèces de mustélidés (voir tableau 8) : belette (4 contacts); hermine (3 contacts); putois (4 contacts); fouine (6 contacts).

Site	espèce	fiabilité
1) Prés-de-Villette	belette	bonne
	belette	bonne
2) Sionnet - Rouëlbeau	belette	douteuse
	hermine	bonne
	putois	douteuse
	fouine	bonne
	fouine	sûre
3) Moulin de vert	fouine	sûre
	putois	bonne
	putois	sûre
	fouine	bonne
4) San Bernardino	fouine	sûre
	fouine	douteuse
5) Robiei	hermine	vraisemblable
	hermine	bonne
	belette	bonne

Tableau 8 : *Détail des résultats obtenus dans les cinq sites tests.*
Echelle de fiabilité de la détermination : douteuse (1-30%); vraisemblable (29-60%); bonne (61-90%); sûre (91-100%).

La détermination des empreintes de mustélidés n'a pas toujours été facile car elles étaient parfois empâtées, mal marquées ou se chevauchaient. Les traces ont donc pu être identifiées avec plus ou moins de certitude. 13 passages de mustélidés (76%, n=17) ont pu être identifiés avec une bonne fiabilité (61-100% de certitude), tandis que pour 4 cas (24%) les déterminations sont douteuses ou vraisemblables (1-60% de certitude).

Seules les déterminations jugées comme bonnes ou sûres ont été considérées dans les analyses.

Sur la base de ces tests (tableau 9), le rendement moyen de la méthode des tunnels à traces est de 1 / 198 j-p, c'est à dire que théoriquement on aura une empreinte de mustélidés identifiable avec une bonne certitude après 198 jours-tunnel (ce qui correspond en pratique à environ 20 tunnels posés pendant 10 jours).

Site	Nb contacts	Nb Tunnels	Nb de jours	Nb * jours - tunnel	Rendement
1) Prés-de-Villette	2x belette	16	42	672	1 / 336 j-p
2) Sionnet -Rouëlbeau	1x hermine	8	42	335	1 / 335 j-p
	3x fouine				1 / 112 j-p
3) Moulin-de-Vert	3x putois	15	42	602	1 / 200 j-p
	1x fouine				1 / 602 j-p
4) San Bernardino	1x fouine	20	23	460	1 / 460 j-p
5) Robiei	1x belette	20	25	500	1 / 500 j-p
	1x hermine				1 / 500 j-p
Total	13 must.			2569	1 / 198 j-p

Tableau 9 : *Rendement des tunnels par espèces et par site. Seules les déterminations considérées comme bonnes (61-90%) ou sûres (91-100%) ont été prises en considérations. * Certains tunnels ont été enlevés temporairement*
j-p : jour-piège, soit 1 tunnel posé pendant 24h.
Rendement : nombre de jours-pièges nécessaires pour un passage permettant de détecter l'espèce.

D'après les résultats obtenus dans les trois sites de Genève, pour détecter la présence des 4 espèces (belette, hermine, putois et fouine), il faudrait poser une vingtaine de tunnels pendant au moins 4 semaines (figure 19).

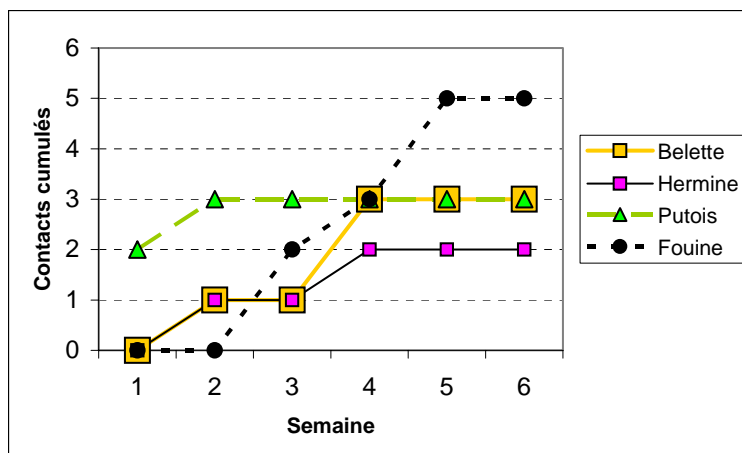


Figure 19 : Passages cumulés des espèces dans les trois sites étudiés à Genève en fonction des semaines d'investigation.

En ce qui concerne l'efficacité de la méthode des tunnels pour la détection des mustélidés, la comparaison avec les observations déjà connues (tableau 10) nous permet d'exprimer les remarques suivantes:

- la détection des hermines et des belettes paraît assez bonne lorsque l'espèce est bien présente sur le site (observations antérieures fréquentes). Elle paraît plus délicate lorsque l'espèce est peu commune;
- la détection du putois est bonne dans les cas où sa présence est connue;
- la détection de la fouine paraît bonne, mais pas constante;
- la martre n'a pas pu être détectée dans le seul site où elle était connue.

Site	Période	belette	hermine	putois	fouine	martre
1) Prés-de-Villette	< 1990	7x	0	0	7x	4x
	> 1990	0	0	0	1x	1x
	Tt 2004	+	-	-	-	-
2) Sionnet - Rouëlbeau	< 1990	6x	11x	1x	6x	0
	> 1990	3x	13x	0	3x	0
	Tt 2004	(+)	+	(+)	+	-
3) Moulin-de-Vert	< 1990	1x	2x	1x	1x	0
	> 1990	3x	1x	0	2x	0
	Tt 2004	-	-	+	+	-
4) San Bernardino	1996/1998	3x	0	0	0	0
	Tt 2004	-	-	-	+	-
5) Robiei	1996	0	2x	0	0	0
	Tt 2004	+	+	-	-	-

Tableau 10 : Comparaisons des observations confirmées des espèces dans les sites étudiés avec les indications obtenues par les tunnels à traces (Tt) en 2004. Les déterminations douteuses ou vraisemblables sont mises entre parenthèses. Le signe « + » indique que les tunnels à traces (Tt) ont détecté l'espèce.

Il faut bien souligner que la non détection d'une espèce signalée les années précédentes peut être aussi liée au fait qu'elle a disparu, ou bien qu'elle n'occupait pas ce milieu au moment de l'étude. En effet, les petits mustélidés montrent de grandes variations d'abondance dans leurs cycles annuels.

Le tableau 11 récapitule l'effort qui a été nécessaire pour le travail de terrain dans les cinq sites.

	Préparation	Pose-dépose	Trajets	Tournées à pieds	Total
5 sites cumulés	35 h	37 h	32 h	76 h	180 h
Moyenne par site	7 h	7,5 h	6,5 h	15 h	36 h

Tableau 11 : Effort de travail effectué dans les différentes étapes de l'étude (construction des tunnels non comprise) pour les cinq sites tests.

Commentaires selon la littérature

Les tunnels à traces sont utilisés de temps à autre pour l'étude des populations de mustélidés, comme en Angleterre (p.ex. King & Edgar, 1977), où des essais récents ont été menés avec plus ou moins de succès (Morris & Birks, 1997; Graham 2002) ou, comme en Nouvelle Zélande, pour les monitorer (Murphy et al., 1999). Dans ce pays, la proportion de tunnels (appâtés) visités par la belette ou l'hermine sert d'indice d'abondance pour ces espèces. En comparant sur les mêmes sites anglais les deux méthodes de tunnels à traces et de piégeage, Graham (2002) constate que l'utilisation des tunnels peut être assez bonne pour estimer l'abondance des belettes. Il signale toutefois que le taux de fréquentation des tunnels varie suivant la densité des proies (qui influe celles du prédateur) et les saisons : la fréquentation est plus faible en hiver.

Le défaut principal de la méthode tient à la difficulté de reconnaître parfois les empreintes du furet, de la belette, ou de l'hermine car il existe un certain degré de recouvrement de leurs dimensions (McDonald & Murphy, 2002). Des recherches sont utiles pour résoudre ce problème car cette méthode reste une des plus efficaces à l'heure actuelle pour la belette et l'hermine (Harris & Yalden, 2004).

De nombreux essais et travaux concluants ont été menés aux USA sur les martres américaines (*Martes americana*, *M. pennanti*) avec des plaques à traces enduites de noir de fumée surmontées d'appâts par Zielinski & Kucera (1995).

A notre connaissance, cette méthode n'a été utilisée en Suisse à large échelle que par F. Dunant (voir Riom, 1980) pour inventorier les mustélidés du canton de Genève. Nous nous sommes d'ailleurs basés sur les indications de cet auteur pour nos études.

Conclusion

Les essais de relevés systématiques à l'aide de la méthode des tunnels à traces restent peu nombreux, mais il paraît possible d'avancer les arguments suivants:

- la détection et le rendement pour les petites espèces (belette, hermine et putois) et la fouine paraissent assez bon. La détection de la martre semble par contre difficile;

- les empreintes obtenues sont très détaillées, et facilement stockable à long terme pour des vérifications ultérieures;
- l'accumulation de connaissances sur les empreintes des mustélidés (l'élaboration d'une collection de traces est encore en cours) permettra, nous l'espérons, d'améliorer la fiabilité des déterminations.

D'après ces tests (nécessairement limités !) pour vérifier la présence/absence de belette, hermine, putois et fouine, dans 1 km², un effort d'échantillonnage de 20 tunnels posés pendant au moins 4 semaines semble nécessaire. Ceci représente environ 40h de travail.

4.2 Pièges-photos

Introduction

En 2003, des tests préliminaires avaient été entrepris afin de déterminer l'efficacité des pièges-photos pour détecter la présence de petits carnivores (espèces cibles : hermine, putois, fouine, et martre). Les appareils avaient été disposés individuellement dans des milieux variés, plus ou moins ouverts, correspondant aux habitats des espèces cible.

Les résultats obtenus, bien que modestes, indiquaient que cette méthode était un bon complément à la lecture des traces sur neige, surtout dans les habitats fermés ou en basse altitude où la neige fait facilement défaut.

Cette année, les tests ont été entrepris de façon plus systématique, tout en poursuivant deux objectifs différents :

1. tester l'efficacité des pièges-photos pour les petits mustélidés, dans différents milieux et dans différentes régions de Suisse;
2. contrôler la présence (connue) de trois espèces cibles (putois, fouine et martre) dans un carré d'une surface d'1 km², au moyen de plusieurs pièges-photos utilisés simultanément.

Résultats

Le tableau 12 résume les principaux résultats des pièges-photos placés individuellement par chacun de nous dans des habitats propres à certaines espèces cibles recherchées. Ces résultats correspondent à 48 sessions d'appareils posés durant 7,6 nuits en moyenne (total de 367 nuits).

Espèce cible	Nb de jours	Nb de photos	Rendement
Belette	-	-	-
Hermine	94	0	0
Putois	82	0	0
Fouine	166	16	1 / 10 j-p
Martre	160	2	1 / 80 j-p
Chat sauvage	13	0	0
Total	515	18	1 / 28,6 j-p

Tableau 12 : Résultats des tests individuels de pièges-photos effectués en 2003 – 2004.

j-p : jour-piège, soit 1 piège-photos posé pendant 24h.

Rendement : nombre d'unités piège nécessaire pour une prise de vue permettant de détecter l'espèce.

Ces premiers résultats montrent que la méthode fonctionne avec une efficacité plus ou moins bonne pour la martre et la fouine, tandis qu'elle n'a pas permis de détecter les petits mustélidés (putois, hermine, belette). Pour ces derniers, comme l'indique une expérience faite avec un putois au marais de Bex le 3 février 2003, il apparaît que seul des appareils posés devant des terriers occupés ou des passages très fréquentés pourraient permettre de les détecter efficacement⁵.

En plus de ces premiers résultats, il a été possible d'analyser les photographies et résultats obtenus par le KORA dans le cadre du monitoring du lynx. En effet, les pièges ont souvent été disposés sur des chemins forestiers (que les petits carnivores peuvent aussi fréquenter) ou à proximité de proies. Dans les Préalpes bernoises, environ 1% des photos prises lors du monitoring extensif de 2002 concernent des martres/fouines tandis que dans le Jura, ces mustélidés totalisent 7% des photos (il arrive aussi qu'un seul individu se fasse photographier plusieurs fois). Un putois a également été photographié dans le Jura.

Pour affiner ces résultats, un test avec pièges-photos a été mené dans la région des Plans-sur-Bex pour déterminer l'efficacité de cette méthode de prospection dans 1 km² ou étaient connus au moins 4 espèces de petits carnivores: l'hermine, le putois, la fouine, la martre. Des indices de présence de ces espèces y avaient en effet été détectés ces dernières années. Comme les appareils ont été posés principalement dans des milieux boisés, on peut dire que les espèces cibles ont été principalement le putois, la fouine et la martre.

Seules deux des trois espèces cibles ont été photographiées (voir tableau 13). L'hermine et le putois n'ont pas pu être détectés. 9 autres espèces ont été photographiées en plus des espèces cibles. 305 prises de vue ont été faites, dont 82 (26.6%) sans aucun animal⁶.

Les photographies d'animaux représentent 67.2% des photos prises, celles des 3 espèces cibles 10.1 % (n=305).

Piège n°	Mustélidés		Autres animaux									Divers		
	fouine	martre	renard	blaireau	chevreuil	lièvre variable.	écureuil	lérôt	mulot	Chamois	oiseau	humain	véhicule	déclanchement intempêtif
1	20	0	32	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
2	1	1	4	4	2	0	0	0	0	1	0	13	3	17
3	3	3	1	60	1	4	1	2	3	0	1	0	0	6
4	1	0	17	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
5	0	1	0	19	1	0	0	0	0	0	1	0	0	21
6	0	1	1	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Total	25	6	55	103	5	4	1	2	3	1	2	13	3	82

Tableau 13 : Espèces photographiées et nombre de photos prises au cours du test des Plans-sur-Bex au moyen de 6 pièges photos posés pendant 5 semaines.

La fouine a été photographiée 25 fois mais sur 14 passages (un individu s'est fait photographier plusieurs fois de suite en quelques minutes).

⁵ Le résultat du putois du marais de Bex n'a pas été retenu dans le tableau 12 puisqu'il s'agissait d'un cas particulier.

⁶ Les déclenchements intempêtifs des appareils peuvent être dus à plusieurs facteurs (vent, pluie, fluctuations thermiques, passage trop rapide d'un animal, etc.).

Connaissant le nombre de passages et le nombre total des nuits de pose, on peut déterminer le rendement de la méthode : on trouve un rendement de pose variant entre 4 à 35 jours-pièges pour la fouine, et de 33 à 35 jours-pièges pour la martre (voir tableau 14).

Remarquons que le rendement obtenu pour la fouine est élevé et assez proche de celui obtenu par les tests individuels (10,4 j-p). Il est en revanche plus faible ici pour la martre.

Piège n°	Nb de photos (passages)	Nb de jours posé	Nb jours effectifs	Rendement / jours posé	Rendement / jours effectifs
1	9 fouines	35	20	1 / 3,9 j-p	1 / 2,2 j-p
2	1 fouine	35	26	1 / 35 j-p	1 / 26 j-p
	1 martre			1 / 35 j-p	1 / 26 j-p
3	3 fouines	33	21	1 / 11 j-p	1 / 7 j-p
	3 fouines			1 / 11 j-p	1 / 7 j-p
4	1 fouine	33	20	1 / 33 j-p	1 / 20 j-p
5	1 martre	33	13	1 / 33 j-p	1 / 13 j-p
6	1 martre	35	26	1 / 35 j-p	1 / 26 j-p
TOTAL	14 fouines	204	126	1 / 14.7 j-p	1 / 9 j-p
	6 martres			1 / 22.6 j-p	1 / 21 j-p

Tableau 14 : Résultats des pièges-photos par espèce, et rendements calculés selon les jours de pose effectifs ou selon les jours pendant lesquels les pièges ont réellement fonctionnés.
j-p : jour-piège, soit 1 piège-photos posé pendant 24 h.

Les rendements varient passablement selon les pièges (lieu de pose plus ou moins favorable au moment du test). On remarque toutefois que si l'on soustrait de manière aléatoire la moitié des pièges utilisés et que l'on observe les résultats, les deux espèces cibles (fouine et martre) sont détectées et ce, quelle que soit la combinaison des pièges retirés.

Il est aussi intéressant d'observer à quelle fréquence les deux espèces cibles se sont faites détecter au cours du test des Plans-sur-Bex. Sur la figure 20, le nombre de passages des deux espèces cibles (martre et fouine) est illustré au cours du temps.

Deux remarques sont à relever :

- la première semaine, les deux espèces cibles ont été photographiées, ce qui satisfait l'objectif escompté qui est de démontrer la présence/absence des espèces;
- au cours des semaines suivantes, les passages de fouines se sont faits moins fréquents; les martres n'ont plus été photographiées à partir de la quatrième semaine.

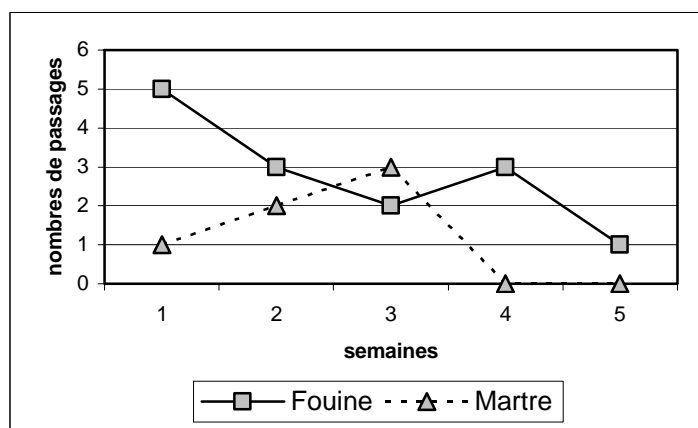


Figure 20 : Nombres de fouines et de martres photographiées au cours des 5 semaines de la campagne de piégeage.

Le temps qui a été nécessaire pour mener à bien ce test des Plans-sur-Bex se monte à un environ 40 heures (voir tableau 15). Il faut encore tenir compte des frais de déplacements et de matériel (films et développement) qui se sont élevés pour la présente campagne à environ Fr. 250.-

Analyse photos, encodage, gestion batteries et films	Acquisitions et renvoi des pièges			Contrôle hebdomadaire	total
	Pose-dépose	Trajets			
8 h	6h	9 h	6 h	10 h	39 h

Tableau 15 : Efforts de travail effectués dans les différentes étapes du test des Plans sur Bex (6 pièges-photos durant 5 semaines).

Le rendement de la méthode serait augmenté si le nombre de photos déclanchées sans raison était moins grand. Cela tient avant tout à la qualité du matériel employé. F. Zimmermann nous a confirmé que le nouveau modèle de piège-photos artisanal utilisé par le KORA ne se déclenche pratiquement jamais de manière intempestive, contrairement à tous les autres modèles employés jusque là.

Commentaires selon la littérature

Bien que les pièges-photos soient utilisés depuis longtemps pour les prises de vue d'animaux sauvages, l'emploi systématique d'appareils automatiques avec détecteur pour étudier la faune est assez récente. Depuis une dizaine d'années cette méthode est assez régulièrement utilisée pour les grand carnivores, notamment pour monitorer des félidés comme le lynx en Suisse par le KORA (p.ex. : Laass, 2001; Zimmermann et al., 2003), alors que les publications sur les petits carnivores restent relativement peu nombreuses. Elles concernent surtout la détection et l'estimation d'abondance des martres américaines : *Martes americana* et *M. pennanti* (cf notamment : Bull et al., 1992; Zielinski & Kucera, 1995), ainsi que du raton laveur (Moruzzi et al., 2002).

En Europe, quelques travaux récents concernent les mustélidés. Des essais sans résultats ont été tentés en Angleterre sur la martre (Messenger & Birks, 2000). Gonzales-Esteban et al. (2004) l'ont utilisée avec succès pour mener un Survey du vison européen (*Mustela lutreola*) dans le nord de l'Espagne, et préconisent cette méthode pour le monitoring de l'espèce. Leurs lignes de pièges-photos amorcés avec des appâts et placés le long des cours d'eau leur ont permis de détecter 12 autres

espèces de mammifères, dont la fouine (présence sur 34% des 98 sites étudiés, avec 616 caméras durant 7 jours), la belette (2% des sites⁷), la martre (1% des sites) et le putois (1% des sites).

Cette technique peu « invasive » demande moins d'effort que l'observation directe des animaux ou le piégeage et est particulièrement intéressante pour les espèces nocturnes et peu accessibles. Cependant, elle présente souvent des problèmes techniques et peut affecter dans une certaine mesure le comportement des animaux par les odeurs et les objets laissés sur le terrain (Cutler & Swann, 1999). Pour obtenir des informations sur l'abondance d'une espèce, il faut que les animaux soient reconnaissables individuellement par leurs taches, couleur, etc.⁸ ou soient marqués.

Conclusion

Il apparaît que la méthode des pièges-photos donne de bons résultats pour la fouine et la martre, mais pas pour le putois (probablement à cause de son utilisation irrégulière des différentes parties du domaine vital). Cette méthode n'est pas non plus adaptée pour l'hermine et la belette.

L'effort de détection résulte du nombre de pièges-photos utilisé et du nombre de jours durant lesquels ces pièges sont posés. Cependant, il est préférable d'augmenter le nombre de pièges au détriment du nombre de jours (mieux vaut travailler 3 semaines avec 5 pièges que 5 semaines avec 3 pièges) car :

- l'effet des pièges mal posés diminue avec le nombre de pièges posés;
- l'investissement en travail est moins grand et donc la méthode est moins chère.

Ces premiers résultats montrent donc que 5 pièges-photos placés durant 3 semaines devraient suffire pour détecter la présence des martres et fouines dans 1 km², ce qui totalise 105 jours-pièges, soit un effort de travail évalué à environ 30 h.

4.3 Indices de présence

La recherche d'indices de présence a notamment été testée par l'équipe de Faune Concept en 2000, pour tous les grands mammifères, dans le cadre de la mise au point de méthodes de relevés pour le BDM CH Z7 mammifères. Les résultats sont présentés dans un rapport interne du bureau Hintermann & Weber (Weber, 2000).

Deux espèces de mustélidés (hermine, fouine) indiquées par des informateurs comme vivant dans 2 km² échantillonnés ont été détectées par cette méthode aussi bien en été qu'en hiver, mais pas toujours avec certitude pour l'hermine. La martre, connue dans l'un des carrés, y a été détectée uniquement grâce à ses traces en hiver. Dans les deux autres carrés sa présence a été suspectée à cette saison. Bien que non indiquée par les informateurs, la présence de la belette a été prouvée dans l'un des carrés en été.

En hiver, 4 à 6 heures environ ont été nécessaires pour couvrir 1 km² et détecter 95% des 28 espèces de grands mammifères connues dans ces 3 carrés, dont les 4 espèces de mustélidés.

⁷ Il s'agit vraisemblablement ici de la grande belette *M. boccamela*. Vu l'apparent grand nombre de jour-pièges (non indiqué, mais au moins de 4312 j-p), le rendement pour cette espèce reste extrêmement faible (< 1 / 2156 j-p)

⁸ En dehors de la variation des taches sur le museau du putois (D. Weber, comm. pers.), ceci ne joue pas pour les mustélidés car seule la bavette des espèces du genre *Martes* présente des variations mais, situées sur la face ventrale, elle est quasiment impossible à photographier.

Cette méthode légère et peu coûteuse permet donc de détecter et de localiser assez rapidement, dans des conditions favorables, la présence de l'hermine et de la fouine (probablement aussi celle du raton laveur).

La détection de la belette est plus aléatoire (rareté des indices en surface) et celle de la martre ou du putois plus délicate (de bonnes connaissances et des conditions d'observation favorables sont nécessaires). La détection du chat sauvage est pour ces mêmes raisons très difficile.

Commentaires selon la littérature

Cette méthode est utilisée depuis longtemps et de façon très efficace pour les études sur toutes les espèces européennes de mustélidés, surtout à l'aide des traces sur neige dans les pays nordiques et les chaînes de montagnes (cf p. ex. Nyholm, 1959; Mermod & Marchesi, 1988; King 1989), ou à l'aide des traces et des épreintes le long des rivières pour la loutre (Chanin, 2003).

Si les traces ont notamment servis aux études sur la répartition des espèces, sur l'utilisation du domaine vital et les comportements de déplacement, sur la taille et la densité des domaines vitaux, seules de rares recherches ont employé cette méthode pour le monitoring des espèces (p.ex. Zielinski & Kucera, 1995). Les problèmes rencontrés sont souvent d'ordre météorologiques (qualité de la neige) ou portent sur les difficultés d'identification de l'animal ou de distinction entre certaines espèces comme la martre et la fouine. A moins d'artefacts particuliers, comme l'ablation de pelotes plantaires (King, 1977), ou la marque de l'antenne du collier émetteur dans la neige (Marchesi, 1989), il n'est pas possible de distinguer les individus particuliers. Pour un bon pisteur, et avec de la patience, il est en revanche possible de distinguer parfois les sexes d'après les taches d'urine.

5. EFFICACITÉ DES MÉTHODES ET COMPARAISONS

Les essais de relevés systématiques restent encore peu nombreux mais montrent que la détection des petites espèces (belette, hermine et putois) est mieux appropriée par la méthode des tunnels à traces, tandis que la méthode des pièges-photos donne de meilleurs rendements pour la fouine et la martre (tableau 16).

Pour permettre la comparaison de l'efficacité de ces méthodes, nous les avons confrontées à des données d'efforts nécessaires pour la capture de mustélidés reprises de la littérature si possible suisse⁹.

Espèce	Rendement (jours de pose)		
	Tunnel à traces ¹	Piège-photos ¹	Trappes (piégeages)
Belette	1/ 336 j-p	-	1 / 1276 j-p ⁷
Hermine	1/ 336 à 500 j-p	-	1 / 29 à 40 j-p ^{6,7}
Putois	1/ 200 j-p	?	1 / 638 à 2250 j-p ^{2,5,7}
Fouine	1/ 112 à 602 j-p	1 / 4 à 35 j-p	1 / 244 à 750 j-p ^{2,4,5}
Martre	-	1 / 33 à 80 j-p	1 / 244 à 872 j-p ^{2,5}
Chat sauvage	x	?	1 / 615 à 1644 j-p ³
Raton laveur	x	?	?

Tableau 16 : Exemple de comparaison des rendements nécessaires pour la détection de chaque espèce suivant l'utilisation de méthodes actives en Suisse.

j-p : jour-piège, soit 1 piège (tunnel) posé pendant 24h.

x : matériel utilisé non adapté pour l'espèce ? : chiffres non disponibles

1 : présente étude, 2 : Lachat (1993), 3 : Libereck (1999), 4 : Skirnisson 1986)

5 : Marchesi (1989), 6 : Debrot & Mermod (1983), 7 : Mermod C. & P. Marchesi (1983).

Les rendements des piépages sont généralement nettement plus faibles que ceux des autres méthodes sauf dans le cas de l'hermine. Il faut toutefois pondérer ces résultats par le fait que le taux de succès dépend beaucoup de la densité de la population, qui est très variable d'une région et d'une année à l'autre chez l'hermine et la belette. Ainsi les rendements de piégeage indiqués dans le tableau pour l'hermine proviennent d'études réalisées en période d'abondance de l'espèce. De même, le faible rendement indiqué pour la belette ne provient que d'une étude des Préalpes¹⁰, alors que dans d'autres pays, les rendements s'avèrent meilleurs à cause de la plus grande abondance de l'espèce : Graham (2002) obtient ainsi des rendements de 1 / 17 j-p à 1 / 147 j-p pour la belette en Angleterre.

Cette méthode « invasive » présente des défauts majeurs comme la mise sous stress de l'animal, qui peut impliquer un certain taux de mortalité. Les trappes doivent d'autre part être vérifiées une à deux fois par jour, ce qui implique un effort de contrôle beaucoup plus important comparativement aux autres méthodes. Pour ces différentes raisons, elle nous paraît peu recommandable pour un monitoring à large échelle, sauf peut-être dans des cas particuliers (p.ex. confirmation de la présence d'un petit mustélidé).

Inversement, les méthodes de terrain comme la recherche d'indices de présence, les tunnels à traces, et les pièges-photos sont des techniques de relevé simples, peu

⁹ Pas étrangères, de façon à respecter les conditions locales.

¹⁰ Les publications indiquent malheureusement peu souvent les efforts de piégeage (j-p).

invasives, et relativement peu onéreuses par rapport au piégeage ou au suivi par télémétrie.

Les tunnels à traces comme les pièges-photos peuvent être utilisés toute l'année, mais paraissent moins efficaces en hiver (p.ex. moins de mobilité des belettes en surface, problème d'accumulateurs, etc.) contrairement à la recherche d'indices qui est meilleure en période de couverture neigeuse.

Contrairement à la lecture des traces sur le terrain (boue, neige, etc.) ou des tunnels, l'analyse des photos permet de distinguer sans trop de peine la fouine du putois ou de la martre.

Pour les petits mustélidés, la méthode des pièges-photos peut être utilisée en complément d'une autre méthode (p.ex. vérification d'un animal empruntant un tunnel à trace ou gîtant dans un terrier).

Les principaux désavantages de la recherche d'indices de présence sont la rareté de la couverture neigeuse en plaine et l'irrégularité des bonnes conditions en montagne; de même que la difficulté d'identification (sûre) des indices, qui demande de bonnes qualifications du personnel. Relevés de traces en hiver et poses de pièges photos paraissent de bonnes méthodes complémentaires.

Suivant ces différentes remarques, nos propres expériences, et les indications de la littérature, il nous est possible de juger la valeur des différentes méthodes de monitoring pour chaque espèce (tableau 17).

	Méthodes passives		Méthodes actives				
	Enquête	Statistiques (tirs, périls)	Piégeage	Indices (Traces, crottes)	Tunnel à traces	Piège-photos	Transect (IKA, phare) ²
Belette	++	+	+	+	++		
Hermine	++	+	++	++	++		
Putois	++	++	+	++	++	+	+
Fouine	++	++	+	++	+	++	+
Martre	++	++	+	+	+	++	
Chat sauvage	+	+	++	+	x	(+)	+
Raton laveur	+	(++)	(+)	+	x	++ ¹	+

Tableau 17 : Adéquation des différentes méthodes de monitoring pour les petits carnivores.

+ : détection aléatoire

++ : détection possible

x : matériel actuel non adapté

() : manque d'informations

IKA : indice kilométrique d'abondance

1 : selon Moruzzi et al., 2002

2 : selon les indications des gardes et expériences personnelles.

Ce tableau reflète l'état actuel de nos connaissances et des méthodes utilisables à large échelle, car il est clair que d'autres techniques, peut-être plus valables et moins onéreuses, comme les analyses génétiques de type microchips vont se perfectionner (Blant & al. 2003).

D'autres techniques comme les pièges à poils ou les transects de comptage de traces/crottes (cf p.ex. Messenger & Birks, 2000) n'ont pas été retenues car leur validité pour les petits carnivores ne nous paraît pas assurée, et elles n'ont pas été suffisamment testées.

Le tableau 18 ci-dessous indique parmi ces méthodes lesquelles paraissent préférables pour un monitoring actif de type LR ou BDM, tout en sachant qu'il n'est pas exclu de compléter ces monitorings, suivant les espèces, avec des méthodes dites

passives. Par exemple, il apparaîtrait judicieux d'utiliser quoiqu'il en soit les statistiques cantonales pour monitorer la fouine, ou de mener des enquêtes ciblées pour le chat sauvage et le raton laveur.

	Méthodes actives				
	Piégeage	Indices (Traces, crottes)	Tunnel à traces	Piège- photos	Transect (IKA, phare)
Belette		XX	XX		
Hermine		XX	XX		
Putois		XX	XX	XX	
Fouine		XX		XX	
Martre		XX		XX	
Chat sauvage				X	XX
Raton laveur				XX ?	XX ?
Effort / km ² (heures)	30 – 112h	8 h	30 h	40 h	(3x4h ?)
Coût / km ² (100.-/heure)	3'000.- à 11'200.-	800.-	3'000.-	4'000.-	1'200.-

Tableau 18 : Méthodes de base proposées pour un monitoring actif, et estimation de l'effort à investir et donc du coût de chacune d'elle.
XX: méthode préconisée pour un monitoring actif
X : méthode complémentaire possible.

6. MODÉLISATION POUR UN ÉCHANTILLONNAGE STRATIFIÉ

Introduction

La modélisation de la distribution d'espèces végétales et animales, à partir de données isolées (Survey), est une méthode nouvelle permettant d'augmenter les connaissances de répartition spatiale des espèces (Ferrier et al. 2002). Un SIG et un programme (GRASP, Lehmann et al. 2002) permettent d'extrapoler la distribution en fonction de variables environnementales, dont le choix est dicté par leur autocorrélation et les connaissances d'experts.

La méthode d'analyse est donnée ici dans une version résumant les principaux points nécessaires à la compréhension de la démarche :

Données utilisées :

Les données de base utilisées pour la modélisation sont :

- pour les petits carnivores, toutes les données CSCF comportant une précision des coordonnées au moins au km² (n = 10'733);
- pour les variables explicatives environnementales (tableau 1), une moyenne au km² des données de prédiction à l'hectare a été calculée;
- les variables paysagères ont été introduites selon deux échelles de proximité, soit une moyenne des valeurs (densité en %) dans un rayon de 1000 mètres et dans un rayon de 5000 mètres.

L'utilisation de plusieurs échelles paysagères pour les analyses spatiales est courante et a été appliquée aux mustélidés en Italie : elles évoquent les niveaux habitats, écosystème et paysage (Fornasari et al. 2000). Notre échelle de 1000 m correspond au deuxième niveau cité, alors que celle de 5000 m serait à rapprocher du troisième (patches calculés par SIG dans l'étude italienne).

Stratification et optimisation de l'échantillonnage

Domaines biotiques :

Un essai de classification en domaines biotiques a été réalisé par une méthode de clusterisation (regroupements) réalisée sur la distribution modélisée des 5 espèces susceptibles d'être monitorées dans le terrain. Ces domaines représentent les regroupements régionaux possibles des espèces sur la base des variables sélectionnées et pondérées par les différents modèles prédictifs. Le calcul a été effectué sur la base de carrés kilométriques, pour lesquels une valeur médiane des données de prédiction à l'hectare était attribuée.

Les domaines biotiques ont été calculés avec le programme S-PLUS.

Calcul de l'échantillonnage :

Le rééchantillonnage est envisagé sur des surfaces de 1x1 km. Il est loisible d'augmenter cette surface (cercle de rayon 1 km p. ex.) si les méthodes utilisées exigent des emplacements spécifiques (tunnels à traces dans des bosquets ou haies, pièges-photos sur des passages connus, etc.).

Le calcul statistique du nombre de réplifications nécessaire pour un échantillonnage de type "Listes Rouges" a été effectué en variant le nombre de réplifications (= contrôle de carrés kilométriques avec preuve de présence de l'espèce jusqu'en 2003) par espèce, le type de stratification de l'échantillonnage et l'ajout de recherche prospective (= recherche dans les carrés kilométriques sans preuve de présence de l'espèce jusqu'en 2003).

Le calcul a été effectué sur la distribution des 5 espèces de petits carnivores ayant une distribution nationale. Pour les deux espèces à distribution restreinte (chat sauvage et raton laveur), pour lesquelles la sélection aléatoire de carrés kilométriques de contrôle sur l'ensemble du pays n'a aucun sens, un monitoring local est à mettre en place avec des outils adaptés.

Résultat de la modélisation

Les corrélations importantes sont résumées par espèce ci-dessous (voir aussi les cartes de la modélisation par espèce en annexe 2):

Hermine (*M. erminea*) :

La corrélation négative avec la pente indique sans doute que l'hermine diminue dans les régions en pente aux sols moins profonds et par conséquent moins riches en terriers de rongeurs. Les régions en pente sont également généralement plus fortement boisées. La relation inverse avec l'excédent de précipitations montre une présence moins forte dans les régions de paysage marécageux du centre-est de la Suisse. Cependant, elle paraît aussi être moins abondante dans les régions plus sèches du nord du Jura, ce qui contredit le modèle dans cette région. L'hermine est distribuée avec un optimum de température/altitude situé à env. 1500 m. Malgré la relation inverse à l'excédent de précipitations, l'hermine diminue dans les régions à faibles précipitations du nord du Jura. Sa présence n'est pas uniforme dans les régions biogéographiques. Elle paraît plus faible en Valais et dans le sud du Tessin.

La tranche altitudinale dans laquelle l'hermine est la mieux représentée est caractérisée par la présence de pâturages (et l'absence de rivières ?), autres facteurs qui apparaissent à l'analyse. La présence d'agriculture et l'absence de forêt caractérisent encore la distribution. L'utilisation du sol et en particulier la structuration du paysage (haies, bocage) ne semble pas être un facteur prépondérant.

Belette (*M. nivalis vulgaris*)

Les régions biogéographiques des Alpes centrales orientales et du Versant Sud des Alpes se démarquent du reste de la Suisse, ce qui peut être mis en relation avec les formes *M. n. nivalis* aux Grisons et *M. n. boccamela* au Tessin, où leurs populations respectives semblent plutôt bien représentées.

Dans le reste de la Suisse, *M. n. vulgaris* privilégie la basse altitude et les régions sans excédent de précipitations. Elle est toutefois peu représentée en Valais.

La pente paraît être un facteur qui, comme pour l'hermine, est sans doute représentatif de la rareté des proies utilisables par l'espèce. Une relation positive à la densité de population peut s'expliquer par une forte présence dans le bassin genevois (proie : campagnols des champs et agreste).

En altitude, elle se retrouve dans les régions de prairies. Le rôle de la forêt et des rivières reste peu clair.

Putois (*M. putorius*)

La distribution du putois est fortement liée à la température et par conséquent à l'altitude. Sa présence n'est pas uniforme dans les régions biogéographiques. Le putois est apparemment absent actuellement du Valais et du nord du Tessin. Il paraît rare au sud du Tessin et en Engadine, cantonné au fond des vallées dans le reste des Grisons.

Bien que leur importance soit occultée par le nombre de variables retenues dans le modèle, dans lequel aucune ne semble jouer un rôle supérieur aux autres, on retrouve dans les facteurs primordiaux les eaux, les zones humides à batraciens ainsi que le milieu forestier. Le putois ne paraît pas limité par la présence humaine.

Fouine (*M. foina*)

La fouine est une espèce répandue en plaine, diminuant avec l'altitude. Elle se concentre dans les régions habitées du Plateau suisse et des fonds de vallées, perdant rapidement du terrain sur les versants moins densément peuplés.

Les régions à fort excédent de précipitations la défavorisent. La fouine paraît ainsi moins présente dans les Préalpes du nord. Le Jura, le Tessin et les Grisons semblent être des régions particulièrement favorables.

Les facteurs paysagers paraissent expliquer sa distribution de manière secondaire. La fouine paraît absente des zones de prairie d'altitude, mais présente dans les pâturages et les zones cultivées plus intensivement.

Martre (*M. martes*)

La distribution de la martre montre avant tout un optimum de distribution à une altitude de 1000 m. Elle semble éviter les régions à trop fort excédent de précipitations. L'importance de ce facteur pourrait cependant être imputable à une faible représentation des données des régions pluvieuses du centre - est de la Suisse.

La martre est liée avant tout aux forêts de conifères, de feuillus à plus basse altitude. Elle occupe aussi les régions avec un taux moyen de pâturage (pâturage boisé ?). Elle semble diminuer dans les zones de très forte pente.

Sa répartition ne paraît pas homogène dans les régions biogéographiques. Bien présente dans le Jura et sur le versant nord des Alpes (particulièrement à l'ouest), elle semble moins abondante en Valais. Elle devrait être bien représentée au Tessin (on manque cependant de preuves récentes, voir § 3.3) et dans les vallées grisonnes. Cette répartition correspond à son optimum de distribution altitudinale, qui indiquerait une présence plus faible en plaine comme à la limite supérieure des forêts.

Chat sauvage (*F. silvestris*)

Le chat sauvage est répandu dans le Jura, absent du Valais, des Grisons et du Tessin. Sur le Plateau et dans le Nord des Alpes, le modèle envisage une présence disséminée. Ses préférences vont aux régions sans excès de précipitations (épaisseur de la couche de neige?).

Le chat sauvage fréquente les régions boisées, avec un taux de pâturage optimal d'un quart. Il fuit les zones trop densément habitées, mais fréquente aussi les régions agricoles où il chasse sans doute.

Sa présence diminue avec l'altitude, mais ce fait est à mettre en relation avec sa distribution biogéographique limitée. Les rivières et la pente pourraient influencer sa distribution, mais ceci est à mettre en relation avec sa présence notamment dans les régions de cluses et de vallées où les zones rocheuses ensoleillées abondent.

Raton laveur (*P. lotor*)

La température semble être le facteur prépondérant influençant la distribution du raton laveur, qui fuit l'altitude. Il présente un optimum dans les régions à vocation agricole moyenne, ce qui sans doute représente les conditions environnementales moyennes du Plateau suisse. Il marque aussi une préférence pour les régions riches en étangs.

Synthèse

Le tableau 19 regroupe les variables explicatives obtenues dans chacun des modèles :

Variable	Belette	Hermine	Putois	Fouine	Martre	Chat sauvage	Raton laveur	Définition
a) facteurs								
Tjan	X+	X	X+	X+	X	x+	X	Température moyenne en janvier (altitude-1)
Watbudget	X-	X-	x	x-	X-	X-	o	Excédent de précipitations
Nness	o	o	o	o	o	o	o	Exposition nord
Slope	x-	X-	x	x	x	x	o	Pente moyenne
Landuse	o	x	x	x	x	o	o	Utilisation du sol (GEOSTAT)
Biogéographie	X	x	x	x	x	X	o	Région biogéographique
b) prédicteurs								
Densfor	o	o	o	o	o	o	o	Densité forêts (dans un rayon de 1000 ou 5000 m)
Densconi	o	x-	x	x	x+	o	o	Densité forêts de conifères (id.)
Densdecid	x	x-	x	x	x+	x+	o	Densité forêts de feuillus (id.)
Densagri	o	x+	x	x+	x	x	x	Densité surfaces agricoles (id.)
Densgrass	x	o	x	X-	x	o	o	Densité surfaces herbagères (id.)
Denspasture	o	x+	x	x	x	x	o	Densité pâturages (id.)
Densriver	x	x-	x	o	x	x	o	Densité eaux courantes (id.)
Denspop	x+	o	x	X+	o	x-	o	Densité population et habitations (id.)
Denspond	o	o	x	o	o	o	x	Densité eaux stagnantes (lacs, étangs) à 1000 m
Densstruct	x	x	x	x	x	o	o	Densité structures paysage (haies, etc.) à 1000 m
c) distances								
Distroad	o	o	o	o	o	o	o	Distance aux routes
Distwater	o	o	x	o	o	o	o	Distance aux eaux courantes

Tableau 19 : Variables explicatives et influence sur la distribution de chacune des espèces.

o : variable sans importance, non testée (alone contribution < 1 ou 2.5 %) ou variable testée non retenue par le modèle

x+, *x-*, *x* : variable testée retenue par le modèle (corrélation positive, négative, ou sans tendance continue)

X+, *X-*, *X* : facteur prépondérant expliquant la distribution (corrélation positive, négative, ou sans tendance continue)

Regroupement en domaines biotiques

La distribution modélisée des cinq espèces présentant une distribution nationale a permis de considérer par regroupement (clustering) 10 unités biogéographiques (domaines biotiques, tableau 20) dans lesquelles l'abondance des espèces (et donc leur probabilité de détection) diffère. Cette stratification reste toutefois peu différente d'une stratification par région biogéographique.

Domaine	Belette	Hermine	Putois	Fouine	Martre	Etendue géographique
1	0	0	0	1	1	Pied Préalpes N, flancs exposés N VS et TI
2	1	1	1	1	1	Plaines du Plateau
3	0	0	0	0	0	Etage alpin et nival
4	0	1	1	1	0	Collines Plateau et N Jura
5	1	2	1	2	2	Jura de moyenne altitude
6	1	1	1	2	0	Zones fortement urbanisées, vallée Rhône et vallées TI
7	2	2	2	2	1	Région de Genève, Bâle et quelques vallées du Jura + Alpes centrales
8	1	1	0	1	0	Montagnes TI et GR, rive S lac NE et rive N Léman
9	1	1	0	1	0	Préalpes N et vallées Alpes centrales + GR
10	1	2	1	1	2	Haut Jura

Tableau 20 : *Etendue des domaines biotiques obtenus et présence-absence des espèces selon les modèles.*

0 : probabilité de rencontre nulle à faible; 1 : probabilité de rencontre moyenne; 2 : probabilité de rencontre élevée

7. PROPOSITIONS POUR UN PROGRAMME DE MONITORING NATIONAL

7.1 Définition des objectifs

Actuellement, la principale source de données au niveau national sur les petits carnivores est constituée par les statistiques de chasse et par la récolte plus ou moins systématique des animaux périssables dans quelques cantons. Il n'existe aucun programme de monitoring national comparable à ceux réalisés par exemple sur le lièvre, le castor, les ongulés ou les grands carnivores. En dehors du présent Survey, seule une récolte limitée de données par région biogéographique a été faite annuellement par Faune Concept depuis quatre ans dans le cadre du programme BDM-CH (indicateur Z3 pour les mammifères).

Cette façon de récolter les informations présente plusieurs défauts et lacunes (modalités de chasse différentes selon les cantons, seule une partie des petits carnivores sont chassables, identification incertaine des espèces plus difficiles, manque de précision des observations, etc.) ce qui limite les possibilités d'analyse des données.

Pour cette raison il apparaît nécessaire de mettre en oeuvre un programme de suivi national qui tienne compte à la fois des lacunes existantes et des difficultés liées à l'observation de ce groupe faunistique.

Un programme de « monitoring, » au sens large du terme, est une tâche de longue haleine qu'il convient de planifier au mieux depuis le début. Pour cela il faut que les objectifs à atteindre soient clairement définis et acceptés par tous les acteurs.

Sur la base des expériences faites lors de la réalisation du présent projet, il est maintenant possible de mieux définir des objectifs et de proposer des réflexions permettant de faire des choix en toute connaissance de cause.

L'ordre dans lequel sont présentés les différents objectifs qui suivent n'a aucune relation avec leur importance ou priorité.

Objectif 1:

Meilleure connaissance du statut de chaque espèce sur le territoire national (surveillance et gestion des espèces)

Il s'agit dans ce cas de récolter des informations, de façon standardisée ou non, sur la présence des différentes espèces pour mieux connaître leur distribution au niveau national. En répétant régulièrement l'exercice il serait possible d'avoir des indications assez grossières sur les tendances générales de leurs populations au niveau national ou par zone géographique (espèce stable, en régression ou en augmentation).

Objectif 2 :

Actualisation de la Liste Rouge pour les espèces cibles selon les critères IUCN

Pour ces espèces il existe une liste rouge qu'il conviendrait d'actualiser selon les critères IUCN. Pour des questions de coûts et compte tenu du fait que les petits carnivores sont très discrets et d'effectifs généralement réduits, il faudrait prendre en considération pour une Liste Rouge nationale essentiellement l'évolution spatiale. Pour

certaines espèces ces informations peuvent être complétées par l'évolution de la variation des effectifs (p.ex. fouine).

Objectif 3 :

Evaluation de la variation de la biodiversité nationale et régionale (BDM-CH Z7)

Cet objectif, qui s'inscrit dans la logique du projet BDM-CH (indicateur Z7), vise à mesurer l'évolution de la diversité spécifique moyenne des petits carnivores dans des surfaces-raster d'un kilomètre carré à travers le territoire national.

Objectif 4:

Monitoring quantitatif dans des zones représentatives

Au lieu de mettre en place un programme de monitoring au niveau national, le suivi se concentrerait dans des régions représentatives réparties dans les 6 régions biogéographiques suisses (Gonseth et al., 2001; voir § 2.3), par exemple dans des cantons qui récoltent déjà de façon systématique des données sur certaines espèces (p. ex. Argovie, Lucerne, Jura, Bâle, Grisons). Les tendances mises en évidence sur les populations locales pourraient servir de modèle pour chaque région et permettraient de donner des indications pour la gestion et la protection des espèces au niveau national.

Objectif 5:

Monitoring des espèces prioritaires

Sur la base des données actuelles (en particulier les statistiques de chasse et de gibier péri) et de certains travaux en cours comme les programmes BDM-CH Z3 (Hintermann et al., 2002) et Mammalia, il ressort que certaines espèces doivent être considérées comme prioritaires à cause de leur régression au niveau national (comme cela semble être le cas par exemple pour la belette, le putois et la martre dans certaines régions).

Cet objectif focaliserait les efforts sur les espèces prioritaires afin de mieux comprendre leur situation réelle et les tendances en cours, et donnerait les bases pour des plans d'action.

Chacun de ces objectifs n'exclut pas les autres et il est aussi possible de les réaliser par étapes, selon les exigences demandées et les moyens à disposition.

7.2 Monitoring de type Survey

Cette méthode, qui a été appliquée en 2002-2003 avec une douzaine de cantons, se base essentiellement sur des enquêtes passives menées auprès d'un public ciblé (cf. § 2.1). Une fois récoltées, les données sont contrôlées puis compilées dans un seul fichier transmis au CSCF.

Cette méthode est relativement simple à appliquer et réalisable à un coût modéré. Elle permet surtout de valoriser les « données grises » (cachées) existantes, ce qui représente un premier pas indispensable pour planifier des recherches actives basées sur des méthodes plus spécifiques (voir aussi à ce propos Messenger & Birks, 2000).

De plus, avec un effort limité, il est possible de récolter des centaines de données ce qui rend la méthode particulièrement efficace (cf. § 3.1).

Un autre avantage des enquêtes consiste en leur aspect formatif et incitatif car on crée ainsi un réseau dense de gens motivés qui poursuivent encore après le passage de « l'expert » la récolte et la mise en forme des données pour les transmettre ensuite au

canton ou au CSCF. D'après nos expériences, le fait de démarrer avec une enquête dans un Canton joue aussi souvent un rôle de déclencheur pour des projets supplémentaires ou des approfondissements qui autrement n'auraient jamais vu le jour (cf. p.ex Grisons ou Genève).

Cette méthode présente aussi des limites dues notamment au fait que les données ont des origines très différentes et n'ont pas été récoltées d'une façon standardisée et reproductible. Ceci limite fortement les possibilités de comparaisons ultérieures, en particulier sur l'évolution des variations des effectifs des populations.

De plus, malgré les contrôles il est parfois difficile de s'assurer de la fiabilité des données ainsi reçues.

Modalité d'exécution :

Pour avoir une image correcte au niveau national il faudrait d'abord compléter les enquêtes dans la dizaine de cantons qui n'ont pas pu être couverts, faute de moyens. Par la suite il faudrait refaire les enquêtes à des intervalles réguliers.

Durée : 3 à 5 ans (tous les cantons)

Périodicité : tous les 10 à 20 ans

Coûts estimés :

D'après les expériences faites on peut évaluer un coût annuel moyen d'environ Fr. 120'000.- (tout compris) pour couvrir chaque année un tiers de la Suisse.

Coût global de l'opération : 360'000.-

Cette méthode permettrait d'atteindre l'**objectif 1**.

7.3 Monitoring de type Liste Rouge

Le monitoring de type Liste Rouge vise à valoriser les données récoltées durant le Survey 2002-2003, en les utilisant comme "point de départ" ou statut initial des espèces. On exécute ensuite un rééchantillonnage stratifié, où l'effort de recherche est orienté particulièrement sur les domaines (ou régions) dans lesquelles les espèces sont représentées de manière hétérogène. On investit le temps de travail au plus efficace, en évitant de suréchantillonner dans les vastes domaines homogènes. Ce procédé est particulièrement intéressant pour les espèces rares (appliqué aux odonates, orthoptères, lépidoptères). De plus, la première application des méthodes de rééchantillonnage donne déjà une première série de résultats par comparaison au "point de départ" (voir Monnerat et Gonseth, 2003).

Le calcul du rééchantillonnage nécessaire a été effectué sur la base de la distribution nationale des 5 espèces¹¹ (belette, hermine, putois, fouine martre). On a estimé comme donnée de base que pour être statistiquement valable un nombre d'au moins 25 réplifications (= contrôle de carrés kilométriques avec preuve de présence de l'espèce jusqu'en 2003) était nécessaire par espèce.

¹¹ Ce choix est motivé par le fait que le chat sauvage et le raton laveur peuvent plus facilement être suivis dans une logique de population, par un survey régional, sans nécessiter une procédure de rééchantillonnage sur les données existantes. Cependant, une fois mises en place, les méthodes du monitoring recenseront également ces espèces.

Le nombre nécessaire de carrés kilométriques est le suivant en fonction des objectifs proposés, à savoir :

BASE : > 25 réplifications par espèce	ECHANTILLONNAGE SANS STRATIFICATION (aléatoire)	ECHANTILLONNAGE AVEC STRATIFICATION Domaines biotiques (10 domaines)	ECHANTILLONNAGE AVEC STRATIFICATION Régions biogéographiques (6 régions)
A) SANS RECHERCHE PROSPECTIVE	112	118 (> 10 sondages par domaine)	120 (> 15 sondages par région)
B) AVEC RECHERCHE PROSPECTIVE (> 25 sondages)	-	141 (> 10 sondages par domaine)	141 (> 10 sondages par région)

Les points suivants peuvent être relevés, dans l'optique de la recherche d'un équilibre efficacité - coûts :

- 1) Il faut au moins effectuer 112 sondages pour garantir 25 réplifications par espèce. Il y a donc peu de carrés kilométriques dans lesquels plusieurs espèces ont été observées. Un sondage cherchant à réunir davantage les espèces au sein d'une unité de rééchantillonnage impliquerait de passer à une unité de surface supérieure (2x2 km, 3x3 km, etc.). Une réplification de 50 carrés par espèce augmenterait la sécurité de l'échantillonnage mais mènerait à effectuer 233 sondages.
- 2) La stratification de l'échantillonnage, visant à une meilleure répartition biogéographique de l'effort d'investigation, est réalisée avec 118-120 sondages. Le coût de la stratification, par rapport à un échantillonnage aléatoire, est donc faible (+ 6-8 sondages).
- 3) Une stratification par domaine biotique est peu distincte d'une stratification par région biogéographique. En stratifiant le rééchantillonnage avec 6 régions biogéographiques plutôt que 10 domaines biotiques, le même effort d'investigation (environ 120 sondages) permettrait d'assurer au moins 15 sondages par unité plutôt que 10, ce qui confère une plus grande précision à la méthode.
- 4) En ajoutant au programme une recherche prospective dans des sites sans observation, définis de manière aléatoire, une vingtaine de carrés kilométriques supplémentaires seraient à sonder. Qu'ils soient choisis totalement au hasard ou sur la grille du BDM Z7, le nombre total est de 141 sondages.
- 5) Une variante a été calculée sur la base de la distribution des trois espèces non chassables seulement (belette, hermine, putois), compte tenu que les statistiques peuvent apporter des informations pertinentes pour les espèces chassables dans certains cantons (voir § 3.2). Dans ce cas, il faut effectuer 77 sondages pour obtenir sans stratification plus de 25 réplifications par espèce. A 2 unités près, ce nombre équivaut à une recherche espèce par espèce. Il n'y a donc pratiquement plus aucun gain lié à la méthode de réplification.

La précision statistique du rééchantillonnage ne pourra être calculée qu'après avoir réalisé une première fois l'opération. On peut cependant estimer qu'avec plus de 100 sondages sur des surfaces garantissant la présence d'au moins une espèce, elle sera suffisante. A l'appui de cette hypothèse, on peut avancer que des milliers de données d'observation de fouines et des centaines d'observations de martres et de putois n'ont

pas pu être prises en compte dans cette démarche de rééchantillonnage en raison de leur absence de localisation précise (§ 3.1). En réalité, le nombre de carrés qui présentent plusieurs des espèces recherchées est donc notablement plus élevé.

Conclusions

La distribution inégale des espèces et leur taux de détection variable suivant les régions impliquent la nécessité d'une stratification pour un biomonitoring. Un échantillonnage uniquement au hasard ne serait pas interprétable, l'absence dans certaines surfaces ne pouvant être attribuée à une absence de longue date ou à une disparition. Le mode d'échantillonnage aléatoire est le moins performant, comparé à la grille régulière ou à l'échantillonnage stratifié (Hirzel et Guisan, 2002).

Au vu de la similitude de probabilité de détection des espèces dans certains domaines biotiques, leur nombre pourrait être réduit à 8. Les domaines ainsi délimités restent peu différents des régions biogéographiques. Ils pourraient cependant être recalculés dans le futur si le Survey est complété dans les cantons restants. Provisoirement, on privilégiera la stratification par région biogéographique.

En rajoutant des sondages prospectifs, on augmente le nombre total de carrés à échantillonner d'environ 20 %. On peut cependant considérer que la prospection dans les domaines biotiques où la probabilité de détection d'une des espèces est quasi nulle représente déjà un effort prospectif pour l'espèce. D'autre part, on ne devra pas oublier que des études locales sont nécessaires pour suivre précisément les tendances de certaines espèces à l'échelon régional, comme pour le putois en Valais ou au Tessin. L'investissement nécessaire nous paraît actuellement mieux placé dans ce sens.

Modalité d'exécution :

Afin de valoriser au maximum la méthode et le bilan que l'on peut tirer du premier rééchantillonnage, il serait judicieux de compléter d'abord le Survey dans les cantons restants. Cette condition n'est cependant pas obligatoire, et la mise en œuvre de ce type de monitoring peut être envisagée dès 2005, pour obtenir en fin 2007 un premier bilan pour la révision de la liste rouge.

Dans les diverses régions biogéographiques, sans recherche prospective particulière¹², le nombre de carrés à échantillonner est évalué à **120** pour 5 espèces.

Pour un échantillonnage des 5 mustélidés, on peut estimer la mise en œuvre simultanée des tunnels et des pièges-photos dans 1 km² (voir § 4.1 et 4.2), pour un coût de. 5'000.-¹³ (a). Ce coût peut être réduit si on effectue d'abord dans les carrés de montagne (environ 1/3 des carrés) une première prospection à l'aide des indices sur neige (800.- / km²) (b).

Coûts estimés :

Le coût du travail d'échantillonnage pour 5 espèces¹⁴ sur 3 ans se monte à :

(a) Tunnels+ pièges-photos (~ 600'000.-) +°matériel (54'000.-) + déplacements (60'000.-) = **~714'000.-**

(b) Indices + tunnels+ pièges-photos (~ 450'000.-) +°matériel¹⁵ (54'000.-) + déplacements (60'000.-) = **~560'000.-**

¹² On se contente dans ce cas des carrés avec 1 ou 2 espèces comme carrés prospectifs pour les autres.

¹³ Compte tenu du fait que la mise en œuvre simultanée des deux méthodes n'est pas aussi dispendieuse que leur application de façon indépendante (même déplacement pour poser les tunnels et pièges, contrôles simultanés, etc.).

¹⁴ Pour un échantillonnage des 3 espèces de petits mustélidés uniquement, seule la méthode des tunnels à traces est à mettre en œuvre. Le coût du travail d'échantillonnage se monte à 456'000.-, celui du matériel (unique) à 20'000.-.

¹⁵ Considérant par exemple 8 équipes (2 personnes) pour 40 carrés / année sur 3 ans, ce qui représente 5 mois d'échantillonnage, il faut 200 tunnels (fabrication artisanale 100.-/p) et 56 pièges-photos (Band-Genossenschaft, nouveau prototype 2005 : 600.-/p), ce qui représente environ 54'000.- d'investissement en matériel la première année.

Durée : 3 ans (pour diminuer le coût annuel, elle peut éventuellement être portée à 5 ans, voire 10 ans, soit être effectué en continu)

Périodicité : tous les 10 ans

Cette méthode permet d'atteindre les **objectifs 1, 2 et 5** (partiellement).

7.4 Monitoring de type BDM (Biodiversitäts Monitoring)

Conditions

Le calcul d'un monitoring type BDM (Hintermann et al., 2002) pour une espèce de petit carnivore se base sur les conditions et les choix d'échantillonnage suivants (détails dans l'annexe 3 "Argumente zur Stichprobengrösse für ein Monitoring der kleinen Raubtiere in der Schweiz", D. Weber) :

A) Le type de relevé :

- surfaces de 1 km²;
- relevé du type présence/absence;
- méthodes diverses à choix (pièges à traces, pièges-photos, relevés de traces, etc.);
- erreur d'échantillonnage faible ou constante dans le temps.

B) La variabilité (variance) des données de base :

- la précision et par conséquent la confiance statistique dépendent du ratio entre tendances inverses observées dans un intervalle de temps considéré (carrés avec présence de l'espèce devenus carrés avec absence de l'espèce, et vice-versa);
- le calcul de l'effort d'échantillonnage est proposé pour 3 scénarios hypothétiques basés sur ce ratio: 5:1 (tendance dirigée, soit 5 fois plus de carrés absence => présence que de carrés présence => absence ou vice-versa), 3:1 (tendance clairement orientée) et 2:1 (tendance "chaotique", incertaine);
- l'effort d'échantillonnage dépend aussi du taux de présence positive, pour la première série de relevés, dans les carrés : le calcul est réalisé pour 50 % ou 25-75 % de présence dans les carrés (en dehors de ces limites, soit pour une espèce rare ou au contraire très fréquente, l'effort pour déterminer des modifications d'effectifs par cette méthode est trop important).

C) La variation d'effectifs que l'on désire mettre en évidence

- variation de 30% des effectifs / aire d'occupation sur 10 ans (critère IUCN);
- variation de 15% des effectifs / aire d'occupation sur 10 ans (variation utilisée p. ex. dans le Monitoring Loutre du programme Life; Chanin, 2003);
- probabilité de ne pas mettre en évidence une variation < 10 % ($2 \times p = 0.05$).

Evaluation de l'effort nécessaire

L'effort est évidemment d'autant plus important que la précision exigée est grande. Le tableau suivant résume l'effort nécessaire (nombre de carrés à considérer) en fonction des conditions décrites aux points A à C ci-dessus :

Résultats de présence positive attendus	Variation relevante à déceler	Ratio tendances 5:1	Ratio tendances 3:1	Ratio tendances 2:1
50 % des carrés	30 %	53	67	93
	15 %	107	133	187
25-75 % des carrés	30 %	107	133	187
	15 %	213	267	373

NB : le ratio entre les tendances est une prédiction et ne peut être déduit des observations qu'après un premier intervalle de temps. L'effort d'échantillonnage définitif est donc fixé après une première période d'observation.

Conclusions

On obtient, pour déceler une variation de l'ordre de 30% (critère IUCN pour l'établissement des LR) sur la base d'une présence dans 25-75% des carrés au départ, un nombre d'échantillons de 107-187 carrés selon les tendances évolutives des populations. Au vu de ce résultat, l'expert consulté (Dr Darius Weber) recommande un échantillonnage de 100 carrés par unité de monitoring (p. ex. régions biogéographiques), ou au moins 200 carrés pour la Suisse.

Cet échantillonnage est considéré comme valable pour la détection des 5 espèces (belette, hermine, putois, fouine martre) simultanément, selon nos expériences. L'échantillonnage peut en outre être stratifié (régions biogéographiques par ex.). On peut estimer que l'on obtiendra vraisemblablement à ce moment une présence positive comprise dans l'intervalle 25-75 %. Pour obtenir 50 % pour chaque espèce, des carrés différents par espèce seraient sans doute nécessaires (voir variables explicatives au § 6). Pour le chat sauvage et le raton laveur, un monitoring à l'échelle locale peut être nécessaire pour mieux appréhender les variations d'effectifs ou d'aire d'occupation de ces espèces.

Dès le moment où des tendances orientées significatives apparaissent (augmentation ou diminution de l'espèce), le nombre de carrés peut éventuellement être réduit comme l'indique le tableau. De même, si la présence est vérifiée dans 50 % des carrés, le nombre de carrés se réduit également. Cependant, il semble peu vraisemblable que ces deux conditions puissent être remplies simultanément pour les 5 espèces.

Un réseau de 200 carrés à l'échelle du pays est donc nécessaire pour déterminer l'évolution d'une espèce malgré d'éventuelles tendances locales inverses.

Modalité d'exécution :

La mise en œuvre est recommandée dès 2005, afin de pouvoir obtenir les premiers résultats pour une révision des listes rouges en 2015. Des résultats dans le domaine du suivi de la biodiversité sont par contre obtenus de manière continue.

L'échantillonnage peut s'effectuer sur la grille standard déjà mise en place par le BDM-CH avec un choix aléatoire des **200 carrés**.

La principale qualité inhérente à l'application de la méthode est sa rigueur statistique, du fait du choix aléatoire des carrés. La signification des variations observées peut ainsi être obtenue sans biais. Le système est entièrement reproductible.

Les autres modalités sont comparables à celles du monitoring Liste Rouge (a). Ainsi, la combinaison avec d'autres méthodes moins lourdes (p.ex. traces sur neige pour les carrés en montagne) peut diminuer les coûts du travail d'échantillonnage (b).

Durée : 5 ans ou en continu

Périodicité : tous les 10 ans pour une évaluation LR p. ex.

Coûts estimés :

Le coût du travail d'échantillonnage pour 200 carrés sur 5 ans se monte à :

(a) Tunnels+ pièges-photos (~ 1'000'000.-) +°matériel (54'000.-) + déplacements (100'000.-)= ~**1'154'000.-**

(b) Indices + tunnels+ pièges-photos (~ 720'000.-) +°matériel¹⁶ (54'000.-) + déplacements (100'000.-) = ~**874'000.-**

Cette méthode permet d'atteindre les **objectifs 1, 2, 3 et 5** (partiellement).

7.5 Monitoring de type quantitatif

Pour les mustélidés la récolte de données quantitatives ou semi-quantitatives est un travail très astreignant et coûteux, pratiquement impossible à réaliser à une échelle nationale. Nous proposons donc des approches différenciées en fonction des espèces :

- Pour celle qui sont chassables (fouine, martre) ou dont on récolte régulièrement les cadavres au bords des routes, il existe des données qu'il conviendrait de bien contrôler (vérification des sources, des modalités de récolte, niveau de fiabilité,...) pour les exploiter au mieux, afin d'en tirer des indications utiles pour la gestion / protection.
Ceci serait particulièrement utile dans les cantons qui collectent déjà systématiquement ces données (p. ex. Aargau, Luzern, Jura, Basel, Graubünden, etc.).
- En ce concerne les autres espèces, pour lesquelles il manque des données quantitatives, nous proposons de concentrer l'effort d'échantillonnage en définissant des zones biogéographiques représentatives de tailles suffisantes

¹⁶ Considérant par exemple 8 équipes (2 personnes) pour 40 carrés / année sur 5 ans, ce qui représente 5 mois d'échantillonnage, il faut 200 tunnels (fabrication artisanale 100.-/p) et 56 pièges-photos (Band-Genossenschaft, nouveau prototype 2005 : 600.-/p), ce qui représente environ 54'000.- d'investissement en matériel la première année.

(par exemple à l'échelle d'une vallée de quelques dizaines de km²) qui servirait comme zone de référence pour l'ensemble de la zone biogéographique.

Dans ces zones on pourrait ainsi appliquer des méthodes de recensement adéquat (tunnels, pièges-photos, transects de traces et/ou crottes) couplés avec des piégeages pour capturer et marquer des animaux afin de disposer de données quantitatives.

En connaissant mieux le peuplement en petits carnivores de ces régions, il serait en outre possible de calibrer les différentes méthodes ou d'en tester d'autres que nous n'avons pas analysées dans ce travail (p. ex. transects de traces).

Il faut relever que ce type de monitoring n'a été que très partiellement testé et que donc les évaluations des méthodes et de leurs coûts sont très indicatives.

Modalité d'exécution :

Analyse de données statistiques fiables dans au moins 6 cantons (avec mise sur pied d'une récolte efficace), en particulier pour la fouine, la martre et le putois (chasse, animaux écrasés).

Choix de régions représentatives (p.ex. 6 régions en correspondance des différentes zones biogéographiques, ou mieux 12) et mise sur pied d'un programme de monitoring quantitatif pour les autres espèces. Mise sur pied des équipes d'étude (en collaboration avec des universités et des musées). Adaptation et calibrage des méthodes (tunnels, pièges-photos, trappes, traces) sur transects durant le premier cycle d'étude de 3-5 ans.

Durée : 3- 5 ans

Périodicité : tous les 10 – 20 ans

Coûts estimés (estimations grossières) :

Statistiques cantonales fiables: ~ **200'000.-**

Monitoring quantitatif dans 6 régions représentatives¹⁷ sur 3 ans (en première phase de calibration de la méthode) :

Piégeages + transects (2'500'000.- à 4'500'000¹⁸.-) + °matériel (82'000.-)¹⁹ + déplacements (200'000.-)= ~**2'800'000.- à 4'800'000.-**

Cette méthode permet d'atteindre les **objectifs 4 et 5**.

¹⁷ Pour 12 régions=-x2.

¹⁸ Dépend surtout s'il s'agit de techniciens indépendants ou d'employés de bureau

¹⁹ Considérant par exemple que les comptages soient effectués 2 fois par année (= 2 mois), 3 équipes peuvent s'échanger le matériel suivant : 100 tunnels + 100 trappes bornettes (pour 2 transects de 5 km), 100 trappes métalliques et 30 pièges-photos (pour 6 km²). 6 équipes ont donc besoin de 200 tunnels + 200 trappes bornettes (fabrication artisanale 100.-/p), 60 trappes métalliques (100.-/p) et 60 pièges-photos (Band-Genossenschaft, nouveau prototype 2005 : 600.-/p), ce qui représente environ 82'000.- d'investissement en matériel la première année.

7.6 Comparaisons et synthèse

Le tableau 21 qui suit synthétise les différentes méthodes préconisées pour chaque espèce de petit carnivore présentée dans les chapitres précédants. On constate que les méthodes varient un peu d'une espèce et d'un type de monitoring à l'autre.

Espèce	A) Survey	B) Liste Rouge / Biodiversität Monitoring	C) Monitoring (semi) quantitatif
	Localisation cantonale ou régionale	Présence / absence par km ²	Evolution sur surfaces témoins supra régionales*
Belette	Enquêtes Animaux écrasés (quelques cantons) <u>Ponctuel</u> : Tunnel à traces, piège-photos, indices, etc.	<u>Eté</u> : Tunnel à traces, piège-photos <u>Hiver</u> : Indices ou tunnel à traces et piège-photos Indications des gardes (écrasé, phare, piège-photos)	<u>Eté</u> : Tunnel à traces, piège-photos et trappes sur transect <u>Hiver</u> : idem + transects traces Animaux écrasés (quelques cantons)
Hermine	Idem belette	Idem belette	Idem belette
Putois	Enquêtes Statistiques cantonales (tirs, gibier péri, quelques cantons) <u>Ponctuel</u> : Tunnel à traces, piège-photos, indices, etc.	<u>Eté</u> : Tunnel à traces, piège-photos <u>Hiver</u> : Indices ou tunnel à traces et piège-photos Indication des gardes (écrasé, phare, piège-photos) <u>Complément</u> : Statistiques cantonales (tirs, gibier péri, quelques cantons)	<u>Eté</u> : Tunnel à traces, piège-photos et trappes sur transect <u>Hiver</u> : idem + transects traces <u>Complément</u> : Statistiques cantonales (tirs, gibier péri, quelques cantons)
Fouine	Idem putois	Indices (vers les maisons) ou tunnel à traces, Indication des gardes (écrasé, phare, piège-photos) <u>Complément</u> : Statistiques cantonales (tirs, gibier péri, quelques cantons)	<u>Eté</u> : Piège-photos <u>Hiver</u> : Piège-photos, transects traces (préférence : champs, villes) <u>Complément</u> : Statistiques cantonales (tirs, gibier péri, quelques cantons)
Martre	Enquêtes Statistiques cantonales (tirs, gibier péri, quelques cantons) <u>Ponctuel</u> : Tunnel à traces, piège-photos, indices, etc.	<u>Eté</u> : Piège-photos <u>Hiver</u> : Indices (forêt) ou piège-photos Indication des gardes (écrasé, phare, piège-photos) <u>Complément</u> : Statistiques cantonales (tirs, gibier péri, quelques cantons)	<u>Eté</u> : Piège-photos <u>Hiver</u> : Piège-photos, transects traces (forêt). <u>Complément</u> : Statistiques cantonales (tirs, gibier péri, quelques cantons)
Chat sauvage	Enquêtes Animaux écrasés (quelques cantons) <u>Ponctuel</u> : Piège-photos, indices, etc.	Piège-photos Indication des gardes (écrasé, phare, piège-photos)	Piège-photos
Raton laveur	Idem chat	Idem chat	Pas investigué ??

Tableau 21 : Méthodes préconisées pour chaque espèce en fonction du type de Monitoring

* à définir et tester : km², zone locale, vallée, etc.

Le tableau 22 synthétise les considérations émises sur les différents types de monitoring présentés dans les chapitres 7.2 à 7.6 ainsi que leur coût.

Type de monitoring	Méthodes	Effort d'échantillonnage	Estimation du coût par surface	Estimation coût global (relevés+ coordination+ matériel + frais) ¹	a)Durée b)Périodicité	Coût par année
Survey	<ul style="list-style-type: none"> • Enquêtes • Statistiques cantonales • Compléments ponctuels 	<ul style="list-style-type: none"> • 24 cantons • 6 cantons • à définir 		360'000.-	a) 3 à 5 ans b) 10-20 ans	120'000.-
LR	<ul style="list-style-type: none"> • Indices ou tunnel à traces et piège-photos • Indication des gardes 	120 x 1km ²	1 km ² : 1 - 5'000.-	560'000.- à 714'000.-	a) 3 ans b) 10 ans	187'000.- à 238'000.-
BDM-CH	Idem	200 x 1km ²	1 km ² : 1 - 5'000.-	874'000.- à 1'154'000.-	a) 5 ans b) 10 ans	175'000.- à 231'000.-
(semi) Quantitatif	<ul style="list-style-type: none"> • Indices ou tunnel à traces et piège-photos • Statistiques cantonales • Indication des gardes 	12 x 50km ²		2'800'000.- à 4'800'000.-	a) 5 ans b) 10-20 ans	560'000.- à 960'000.-

Tableau 22 : Résumé de l'estimation de l'effort et des coûts de terrain ou de coordination (estimé à 10% du terrain) des différents types de monitoring pour les 7 espèces de petits carnivores. Dans le coût global ne sont pas compris les séances et les rapports.

8. CONCLUSION

Les tests effectués, bien que limités dans le temps, ont montré les possibilités pratiques et les limites pour un monitoring des petits carnivores.

Le tableau 23 constitue un instrument d'aide à la décision permettant de visualiser les objectifs réalisés par les propositions émises, en référence à leurs avantages respectifs.

Bien que chaque méthode soit apte à monitorer les 7 espèces faisant l'objet du mandat, le tableau présente les "espèces cibles" pour lesquelles un type de monitoring est plus particulièrement recommandé. Ainsi, le choix peut s'effectuer en fonction soit des objectifs soit des espèces qui seraient choisies comme prioritaires.

On notera qu'en travaillant espèce par espèce la mise en oeuvre simultanée de différents types de monitoring est possible. On perd cependant l'avantage lié à l'utilisation d'instruments et d'une méthodologie uniforme.

Les 4 types de monitoring présentés, leur combinaison ou leurs variantes intermédiaires doivent être maintenant discutés en tenant compte des différents objectifs et des montants qui pourraient leur être consacrés.

Il faudrait en principe compter sur une année pilote pour évaluer l'efficacité et les coûts des méthodes à plus large échelle (p.ex. dans 10 km²), ainsi que la logistique annexe nécessaire, quel que soit le type de monitoring choisi (Survey excepté vu qu'il est rodé depuis deux ans), comme cela a été fait pour tous les groupes traités au niveau des LR ou du BDM en cours.

Il serait également utile de terminer le Survey entrepris en plus de ces travaux pilotes de façon à permettre une meilleure cohérence des données pour une comparaison à long terme, ou préciser la taille de l'échantillonnage et la mise en place des autres monitoring, etc.

Le monitoring type BDM pourrait alors démarrer simultanément, alors qu'un monitoring type LR devrait être engagé l'année suivante après un nouveau calcul de la stratification en utilisant les nouvelles données complétées au niveau national. L'effort d'échantillonnage pour ce type de monitoring pourrait s'en trouver légèrement réduit grâce à l'augmentation des connaissances de base.

	Survey	Type LR	Type BDM	Quantitatif
Objectif 1 Statut national	X	X	X	
Objectif 2 Actualisation Listes Rouges		X	X	
Objectif 3 Biodiversité			X	
Objectif 4 Populations régionales				X
Objectif 5 Espèces prioritaires		X	X	X
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût faible ▪ Participation des cantons 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résultats à la première application ▪ Précision élevée avec stratification 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Couvre le plus grand nombre d'objectifs ▪ Confiance statistique ▪ Grille utilisable pour d'autres espèces de mammifères 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Connaissances scientifiques pointues
Coût indicatif (variante min.)	360'000.-	560'000.-	874'000.-	2'800'000.-
Particulièrement recommandé pour les espèces suivantes	Espèces à répartition régionale <ul style="list-style-type: none"> ▪ Chat sauvage ▪ Raton laveur 	Espèces rares <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belette ▪ Putois ▪ Martre 	Mustélidés <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belette ▪ Hermine ▪ Putois ▪ Fouine ▪ Martre 	Mustélidés <ul style="list-style-type: none"> ▪ Belette ▪ Hermine ▪ Putois ▪ Fouine ▪ Martre

Tableau 23 : Tableau résumé des types de monitoring en fonction des objectifs et des « espèces cibles ».

9. REMERCIEMENTS

Général

Nous sommes particulièrement reconnaissants à Hans-Jörg Blankenhorn, Rolf Anderegg et Christoph Jäggi de la Section chasse et faune sauvage de l'**OFEFP**, qui se sont montrés intéressés à entreprendre le projet d'un biomonitoring des petits carnivores en Suisse; ainsi qu'à Kurt Bollman, président de la **SSBF/SGW** pour ses conseils et son soutien au projet. Nous remercions Rolf Anderegg, Christine Breitenmoser, Simon Capt, Joya Müller, Jürg-Paul Müller et Darius Weber du groupe d'accompagnement de la **SSBF/SGW**, pour la confiance qu'ils nous ont témoignée et pour les conseils fournis pendant toutes ces années.

Nous remercions également les équipes qui ont collaborés au travail de terrain pour les tests de tunnel à traces sur Genève : M. G. Dändliker, Inspecteur cantonal, qui nous a mis à disposition les tunnels et a financé une partie de l'étude, les gardes-faune du Service SFPNP, dont Vital Rebsamen et Alain Rauss, de même que les biologistes François Dunant et Annik Morgenthaler.

Notre reconnaissance va à Simon Capt, Anthony Lehman et Yves Gonseth du **CSCF**, et à Carine Vogel de l'université de Neuchâtel, pour leur travail dans la modélisation des données, leur participation à des séances de réflexion et l'aide de Carine Vogel pour la récolte de traces de mustélidés. Simon Capt a été particulièrement actif dans la réception et l'organisation des bases de données ainsi que dans la réalisation des cartes.

Fridolin Zimmermann, Urs Breitenmoser et Christine Breitenmoser du **KORA** (Luchsprojekt Schweiz) sont remerciés pour le prêt des pièges-photos ainsi que pour la communication des données de mustélidés récoltées lors de leurs campagnes d'utilisation de pièges - photos.

Nous tenons aussi à remercier ceux qui ont collaboré à l'organisation des deux cours sur les mustélidés à St-Maurice : Jean-Claude Praz, conservateur du musée de Sion; et à Coire : Jürg-Paul Müller, conservateur du Bündner Naturmuseum de Chur et Hannes Jenny, Amt für Jagd und Fischerei à Chur, ainsi que les nombreux participant à ces deux cours qui ont su partager avec nous les difficultés et l'intérêt pour mieux connaître les petits carnivores.

Les institutions cantonales principales suivantes et tous leurs collaborateurs, notamment les gardes-chasses, sont chaleureusement remerciées pour leur participation à ce travail :

Aargau :
Jagd + Fischerei (Herr Peter Voser)

Basel :
Jagdverwaltung (Herr Daniel Zopfi), Jagdschutzverband (Herr Rheinhard Eichrodt), M. Michel Fernex.

Berne (Jura) :
Amt für Natur des Kantons Bern, Jagdinspektorat (Jagdinspektor : Herr Peter Juesy), Société Le Pic Noir (Moutier).

Fribourg :
Service cantonal de la chasse et de la faune (chef de secteur : Paul Demierre), Musée d'histoire naturelle de Fribourg

Graubünden :
Amt für Jagd und Fischerei (responsable scientifique: Hannes Jenny), Bündner Naturmuseum von Chur (directeur: Jürg Paul Müller, zoologiste Thomas Briner)

Genève :

Service des Forêts, de la Protection de la Nature et du Paysage (inspecteur : Gottlieb Dändliker), Muséum d'histoire naturelle de Genève.

Jura :

Office des eaux et de la protection de la nature, secteur faune (Chef : Christophe Noël), Service des forêts, Musée jurassien des sciences naturelles, Société des Naturalistes Franc-Montagnards, Société d'Etude et de Protection des Oiseaux de Delémont, Société La Sittelle (Courfaivre), Bureau Biotec (Vicques).

Luzern

Jagdverwaltung Kt. Luzern, allen Jagdgesellschaften, Naturmuseum Luzern, NAVO Dagmersellen

Neuchâtel

Service de la faune (inspecteur : Arthur Fiechter; biologiste : Isabelle Tripet), Service des Ponts et Chaussées (Aldo Cantoni), Muséum d'histoire naturelle de Neuchâtel, Musée d'histoire naturelle de La Chaux-de-Fonds, Chasseurs sans fusil.

Nidwalden

Verwaltungspolizei Abteilung Jagd (Jagdinspektor : Herr Kurt Antener)

Schwytz

Fischerei- und Jagdverwaltung

Vaud

Centre de la conservation de la faune du canton de Vaud (conservateur : Sébastien Sachot), Service des routes du canton de Vaud, Institut Galli-Valerio, Musées d'histoire naturelle de Lausanne, de Genève et de Berne.

Ticino :

Ufficio caccia e pesca del cantone Ticino (chef: Giorgio Leoni, scientifique: Marco Salvioni); et Museo cantonale di storia naturale (directeur Filippo Rampazzi, conservateur pour la zoologie: Alessandro Fossati), Lugano.

Devant la difficulté de nommer les nombreux autres observateurs qui nous ont communiqués directement leurs données ou qui les ont envoyées aux CSCF, nous les remercions tous très vivement pour leurs informations qui nous ont été très utiles dans le cadre de cette étude.

Rapport élaboré par :

Faune Concept

Coordination effectuée par le bureau Drosera SA, Sion / St-Maurice / Bex

BIBLIOGRAPHIE

- Bartlett, M.S. (1946). On the theoretical specification of sampling properties of autocorrelated time series. *J. Theor. Stat. Soc. (Suppl)* 8: 27–411
- Baumgartner H. (2004). Petits carnivores. Sur les traces des mammifères invisibles. *Journal Environnement n°2 / 04, OFEFP, Berne* : 44 - 46
- Blant M., O Holzgang, T. Maddalena, P. Marchesi & M. Pfunder (2003). The biodiversity Survey programme of the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL) contributes to the knowledge of small mammal species. *Mammalian Biology* n 68: 10 – 11
- Briner T., H Jenny, J-P. Müller & M. Roesli (2004). Schlussbericht Kleinraubtiermonitoring im Kanton GR, 2003. Bündner Naturmuseum & Amt für Jagd und Fischerei Graubünden: 8 pp.
- Bull E.L., R.S. Holthausen & R.L. Bright (1992). Comparison of 3 techniques to monitor marten. *Wildl. Soc. Bull.* 20: 406 - 410
- Chanin P. (2003). Monitoring the Otter. *Conserving Natura 2000 Rivers. Monitoring Series N° 10*: 44 pp.
- Cutler T.L. & D.E. Swann (1999). Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildl. Soc. Bull.* 27: 571 – 581 King C. (1990). *The natural history of weasels & stoats*. Cornell University Press, New York: 253 pp.
- Debrot S. & C. Mermod (1983). The spatial and temporal distribution pattern of the stoat (*Mustela erminea* L.). *Oecologia* 59: 69 – 73
- Fernex M. (2002). Wildcat (*Felis s. silvestris*) status in the Alsatian Jura. *Säugetierkundliche Informationen* 5, H. 26, 225-228.
- Ferrier S., Watson G., Pearce J. & Drielsma M. (2002). Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales. I. Species-level modelling. *Biodiversity and Conservation* 11, 2275-2307.
- Fornasari L., Bani L., Bonfanti I., De Carli E. & Massa R. (2000). A spatial analysis of mustelid distributions in northern Italy. *Mustelids in a modern world. Management and conservation aspects of small carnivore: human interactions*. Ed. By Huw. I. Griffiths, Backhuys Publ., Leiden (The Netherlands), pp. 201-215.
- Graham I.M. (2002). Estimating weasel *Mustela nivalis* abundance from tunnel tracking indices at fluctuating field vole *Microtus agrestis* density. *Wildl. Biol.* 8: 279 – 287
- Gonseth Y., Wohlgemuth T., Sonnens B. & Buttler A. (2001). Les régions biogéographiques de la Suisse – Explications et divisions standard. *Cahier de l'environnement n° 137*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne, 48 p.
- Gonzales-Esteban J., I Villate & I. Irizar (2004). Assessing camera traps for Surveying the European mink, *Mustela lutreola* (Linnaeus, 1761), distribution. *Eur. J. Wildl. Res.* 50: 33 – 36
- Harris S. & D.W. Yalden (2004). An integrated monitoring programme for terrestrial mammals in Britain. *Mammal Rev.* 34, 1: 157 - 167
- Hausser J. (1995). *Mammifères de la Suisse. Répartition. Biologie. Ecologie*. Société Suisse de Biologie de la Faune, Mémoires de l'Académie Suisse des Sciences naturelles, Vol. 103. Birkhäuser Verlag, Basel : 501 pp.
- Hintermann U., Weber D., Zangger A. & Schmill J. (2002). Monitoring de la biodiversité en Suisse, MBD, Rapport intermédiaire. *Cahier de l'environnement n° 342*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne, 88 p.
- Hirzel A. & Guisan A. (2002). Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. *Ecological Modelling* 157, 331-341.

- Holzgang O., M. Blant, T. Maddalena & P. Marchesi (2003). Mighty midglets, but secretive – monitoring of small carnivores in Switzerland. *Mammalian Biology* n 68: 35 – 36
- King C. & R. L. Edgar (1977). Techniques for trapping and tracking stoats (*Mustela erminea*): a review and a new system. *New Zealand Jour. of Zoology* 4 : 193 – 212
- King C. (1989). *The natural history of weasels and stoats*. Christopher Helm, London
- Laass J. (2001). Zwischenbericht – Extensives Monitoring mittels Fotofallen. KORA, Jahresbericht 2001 : 44 - 46
- Lachat N. (1993). Eco-éthologie de la fouine (*Martes foina* Erxleben, 1777) dans le Jura Suisse. Thèse Univ. Neuchâtel : 183 pp.
- Lehmann, A., Overton, J. M. C. & Leathwick, J. R. (2002). GRASP: Generalized Regression Analysis and Spatial Predictions. *Ecol. Mod.* 157, 189-207.
- Liberek M. (1999). Eco-éthologie du chat sauvage *Felis s. silvestris*, Schreber 1777 dans le Jura vaudois (Suisse). Influence de la couverture neigeuse. Thèse Univ. Neuchâtel: 257 pp.
- Marchesi P. (1983). Ecologie de *Mustela erminea* L. dans les Préalpes vaudoises. Travail de licence : 90 pp.
- Marchesi P. (1989). Ecologie et comportement de la martre (*Martes martes* L.) dans le Jura suisse. Thèse Univ. Neuchâtel : 187 pp.
- Marchesi P. & C. Neet (2002). Analyse de la situation du putois dans le canton de Vaud et sa périphérie. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.* 88.1 : 31 – 40
- Marchesi P. & A. Burri (2003). Biomonitoring des petits carnivores en 2002 dans le canton de Vaud. Rapport Faune Concept, par le bureau Drosera SA, Sion. OFEFP & SSBF, Berne :13 pp. + annexes
- Marchesi P., A. Burri, M. Blant, S. Capt, O. Holzgang, T. Maddalena & H. Müri (2003). Biomonitoring des petits carnivores en 2002. Cantons : Aargau, Jura, Luzern, Ticino, Vaud. Rapport Faune Concept, par le bureau Drosera SA, Sion. OFEFP & SSBF, Berne : 34 pp. + annexes
- Marchesi P. & N. Lugon-Moulin (2004). Mammifères terrestres de la vallée du Rhône (Valais, Alpes vaudoises). Coll. Les richesses de la nature en Valais. Rotten Verlag Visp, Monographic SA, Sierre : 207 pp.
- Marchesi P., F. Dunant, V. Rebsamen & A. Rauss (2004). Biomonitoring des petits carnivores en 2003 à Genève. Test de la méthode des tunnels à traces. Rapport du bureau Drosera SA. OFEFP, SGW, SFPNP Genève : 9pp. + annexes
- McDonald R.A. & E. Murphy (2002). A comparison of the management of stoats and weasels in Great Britain and New Zealand: In: *Mustelids in a modern World*, ed. H.J. Griffiths, Backhuys Publishers, Netherland: 21 - 40
- Mermod C. & P. Marchesi (1983). Etude d'une population de mustélidés dans les Alpes vaudoises (Suisse); comparaison avec une population du Jura. Actes du VIIe Colloque national de mammalogie, Grenoble : 143-153
- Mermod C. & P. Marchesi (1988). Les petits carnivores. Atlas visuel. Ed. Payot, Lausanne, 64 pp.
- Messenger J.E. & J.D.S Birks (2000). Monitoring the very rare pine marten populations in England and Wales. In: *Mustelids in a modern World*, ed. H.J. Griffiths, Backhuys Publishers, Netherland: 217 – 230
- Monnerat C. & Y. Gonseth (2003). Recent changes in distribution of dragonflies in Switzerland (Odonata). *Proc. 13th Int. Coll. EIS*, September 2001: 23-31
- Morris C.J. & J.D.S Birks (1997). Preliminary monitoring work on stoats and weasels. In: *The Vincent Wildlife Trust Review of 1996*: 39 – 41
- Moruzzi T.L., T.K. Fuller, R.M. de Graaf, R.T. Brooks & W.Li (2002). Assessing remotely triggered cameras for Surveying carnivore distribution. *Wildl. Soc. Bull.* 30: 380 – 386

- Murphy E.C., L. Robbins, J.B. Young & J.E. Dowding (1999). Secondary poisoning of stoats after an aerial poison operation in Pureora Forest, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* 23: 175 - 182
- Nyholm E.S. (1959). Stoats and weasels and their winter habitats. In: C.M. King (ed.), *Biology of mustelids: some Soviet research*, British Library: 118 – 131
- Riom A. (1980). Un moyen d'observation original: le tunnel à traces. Document de stage non publié: 11pp.
- Skirnisson K. (1986). Untersuchungen zum Raum-Zeit-System freilebender Steinmarder (*Martes foina* Erxleben 1777). *Beitr. Wildbiologie* 6, Hamburg: 200 pp.
- Weber D. (1995). *Mustela putorius* (L., 1758). In Hausser, 1995. Birkhäuser Verlag, Basel : 389 - 394
- Weber D., (1988). Die aktuelle Verbreitung des Iltis (*Mustela putorius* L.) in der Schweiz. *Rev. Suisse Zool.* 95:1041-1056
- Weber D. (2000). Biodiversitätsmonitoring Schweiz. Technischer Bericht zu den Operationalisierungs-arbeiten 2000 für Z7-Säugetiere. Hintermann & Weber, Rodersdorf. BUWAL : 14 pp.
- Zielinski W.J. & T.E. Kucera (1995). American marten, fisher, lynx and wolverine: Survey methods for their detection (US Department of Agriculture Forest Service. General Technical Report PSW-GTR-157).
- Zimmermann F., A. Molinari-Jobin, S. Capt, A. Ryser, C. Angst, K. von Wattenwyl, A. Burri, C. Breitenmoser-Würsten & U. Breitenmoser (2003). Monitoring Luchs Schweiz. Korra rapport n°26, Berne.