

Abondance et densité du lynx dans le Nord-Ouest des Alpes: estimation par capture-recapture photographique dans le C-VI durant l'hiver 2007/08



Koordinierte Forschungsprojekte zur Erhaltung und zum Management der Raubtiere in der Schweiz.
Coordinated research projects for the conservation and management of carnivores in Switzerland.
Projets de recherches coordonnés pour la conservation et la gestion des carnivores en Suisse.

KORA Bericht Nr. 42f

Abondance et densité du lynx dans le Nord-Ouest des Alpes: estimation par capture-recapture photographique dans le C-VI durant l'hiver 2007/08

Autor
Auteur
Author

Fridolin Zimmermann, Julien Fattebert, Simon Caviezel, Christine Breitenmoser-Würsten & Urs Breitenmoser

Bearbeitung
Adaptation
Editorial

Fridolin Zimmermann (Layout)

Bezugsquelle
Source
Source

Titelbild
Page de titre
Front cover picture

M24 «Nero» photographié le 24 décembre 2007 au-dessus de *Mannried* © P. Zysset/KORA

Anzahl Seiten/Pages: 18

© KORA Septembre 2008

**Abondance et densité du lynx dans le Nord-Ouest
des Alpes: estimation par capture-recapture
photographique dans le C-VI durant l'hiver 2007/08**

Fridolin Zimmermann, Julien Fattebert, Simon Caviezel, Christine
Breitenmoser-Würsten & Urs Breitenmoser

Remerciements

Nous remercions vivement tous ceux qui d'une manière ou d'une autre nous ont aidé et soutenu lors des sessions intensives avec les pièges-photographiques dans le Nord-Ouest des Alpes. Nous remercions en particulier :

- tous les surveillants de la faune, surveillants auxiliaires de la faune, chasseurs et naturalistes qui nous ont aidé lors du choix des sites ainsi que lors de la mise en place des pièges-photographiques, les contrôles et le démontage, en particulier : Philippe Allamand, Gérard Beaud, Roger Bonzon, Georges Carruzzo, Denis Combremont, Gérald Jacolet, Pierre Jordan, Ruedi Kunz, Walter Kunz, Fabrice Maradan, Philippe Mottier, Michel Pharisa, Werner Reichen, Michel Regamey, Jean-Claude Roch, Peter Schwendimann, Denis Schwitzguebel, Michel Valloton, Rolf Zumbrunnen et Peter Zysset;
- tous les responsables des institutions cantonales et fédérales notamment Paul Demierre, Peter Juesy, Sébastien Sachot, Thomas Briner et Reinhard Schnidrig pour leur soutien professionnel;
- le canton de Vaud pour le financement du bloc B;
- la famille Zysset pour leur hospitalité lors du travail de terrain;
- A. Pittet du CEDT, IISc Bangalore pour le prêt de pièges-photographiques digitaux ainsi que Martin Scholl et la Bandgenossenschaft-Berne pour leur soutien technique.

Digitale geographische Daten:

Gewässer und politische Grenzen: GEOSTAT, © Bundesamt für Statistik; Euromaps, © Bartholomew;

Bevölkerungsdichte: GEOSTAT, © Bundesamt für Statistik;

Siedlungen, Verkehrswege und Wald: Vector 200, © Bundesamt für Landestopographie; Euromaps, © Bartholomew;

Digitales Höhenmodell: DHM25, RIMINI, © Bundesamt für Landestopographie; MONA Pro Europe 250 m,

© GEOSYS DATA;

Landnutzung: AS85r, AS97, © Bundesamt für Statistik GEOSTAT; CORINE Land Cover, © Bundesamt für Statistik GEOSTAT für die Schweiz und Europäische Umweltagentur für die übrigen Gebiete;

Abondance et densité du lynx dans le Nord-Ouest des Alpes: estimation par capture-recapture photographique dans le C-VI durant l'hiver 2007/08

Table des matières

Remerciements.....	4
Résumé.....	6
1. Introduction.....	7
2. Zones d'études	8
3. Matériel et méthode	8
4. Résultats et discussion	8
4.1. Aire de référence.....	9
4.2 Zone étendue (bloc A).....	10
4.3. Blocs A et B	10
4.4. Conclusions.....	11
5. Littérature.....	14
6. Annexe : méthodes détaillées.....	15
6.1. Piégeage-photographique.....	15
6.2. Nombre minimum d'individus indépendants.....	15
6.3. Estimation de l'abondance et de la densité par capture-recapture.....	15
6.4. Estimation de l'abondance.....	16
6.5. Estimation de la densité	16
6.6. Littérature.....	16

Résumé

Une estimation de l'abondance et de la densité de lynx au moyen de la méthode de capture-recapture photographique a été menée à nouveau durant l'hiver 2007/08 dans le Nord-Ouest des Alpes. 37 sites dans l'aire de référence et 17 sites supplémentaires dans l'aire étendue (bloc A) ont été échantillonnés durant 60 nuits (nuits du 1-2 décembre au 29-30 janvier 2008) à l'aide de deux pièges-photographiques placés face à face. A la suite du bloc A, 9 sites supplémentaires ont ensuite été échantillonnés dans le bloc B durant 60 nuits (nuits du 6-7 février au 5-6 avril 2008) dans le Sud-Ouest des Préalpes vaudoises. Les résultats sont présentés séparément pour l'aire de référence, le bloc A et les blocs A et B combinés. 16, 24 et 26 lynx indépendants ont été photographiés respectivement dans l'aire de référence, le bloc A et les blocs A et B combinés. $17 \pm 2,8$ lynx indépendants dans l'aire de référence, $25 \pm 3,2$ dans le bloc A et $28 \pm 3,4$ dans les blocs A et B combinés ont été estimés au moyen de la méthode de capture-recapture photographique. La densité est de $1,39 \pm 0,24$, $1,59 \pm 0,21$ et $1,49 \pm 0,24$ lynx indépendants pour 100 km^2 . Ainsi la densité n'a pas changé dans l'aire de référence depuis 2003/04. Dans le bloc A la densité estimée est comparable à celle de l'aire de référence mais elle est plus haute que celle calculée pour l'hiver 2005/06. La densité estimée est restée stable dans les blocs A et B combinés. Par rapport à l'hiver 2005/06 la densité estimée a diminué dans le Sud des Préalpes vaudoises (bloc B) par contre elle a augmenté dans les Préalpes du Nord FR et VD (partie Ouest du bloc A).

1. Introduction

La session intensive avec les pièges-photographiques dans la partie ouest du Nord-Ouest des Alpes est déjà la cinquième de ce genre menée à ce jour (Laass 1999, 2001, 2002, Breitenmoser-Würsten *et al.* 2001, Zimmermann *et al.* 2004, 2006a,b). L'aire de référence du piégeage-photographique dans le C-VI correspond à la zone d'origine où une étude pilote avait été conduite tout au long de l'année 1998 durant laquelle Laass (1999) avait testé la méthode et pour laquelle nous pouvions comparer les résultats issus du monitoring avec les pièges-photographiques avec ceux de la radio-télémetrie (Breitenmoser-Würsten *et al.* 2001). Le Nord-Ouest des Alpes est le compartiment le plus important pour notre expérience à long terme et pour le futur développement de techniques de suivi au moyen de pièges-photographiques. La présentation des résultats est un peu compliquée car l'aire de référence a été étendue à deux reprises depuis la première session (Fig. 1). Afin de pouvoir comparer les résultats avec ceux des années précédentes les analyses ont aussi été maintenues dans l'aire de référence d'origine.

Dans l'aire de référence (1'110 km² zone tampon comprise) dans l'Ouest de l'Oberland bernois

(*Simmental, Diemtigtal et Saanenland*) vivait après la session test de 1998 un effectif estimé de 23 ± 7 lynx indépendants (lynx résidents et subadultes en dispersion) pour une densité de $2,60 \pm 0,86$ lynx indépendants/100 km². Après un net recul au tournant du siècle l'effectif a à nouveau augmenté pour atteindre $17 \pm 2,4$ lynx indépendants durant l'hiver 2005/06, ce qui correspond à une densité de $1,53 \pm 0,22$ lynx/100 km².

L'aire de référence a été étendue au *Pays d'Enhaut* (VD) et à la *Haute Gruyère* (FR) lors de l'hiver 2005/06. L'extension et l'aire de référence forment le bloc A (Fig. 1). Dans le bloc A la densité était de $1,26 \pm 0,20$ lynx indépendants/100 km², un peu plus basse que dans l'aire de référence. A la fin de l'hiver 2006, des pièges-photographiques ont été placés au Sud du bloc A, une zone comprise entre le *Pays d'Enhaut*, *Aigle* et *Vevey* dans le cadre d'un mandat du canton de Vaud (bloc B ; Fig. 1) car un grand nombre d'observations occasionnelles en provenance de cette région avait été annoncé. En effet sept lynx supplémentaires ont été photographiés dans le bloc B. Avec $1,44 \pm 0,18$ lynx indépendants pour 100 km² la densité observée dans les blocs A et B combinés était comparable à celle de l'aire de référence.

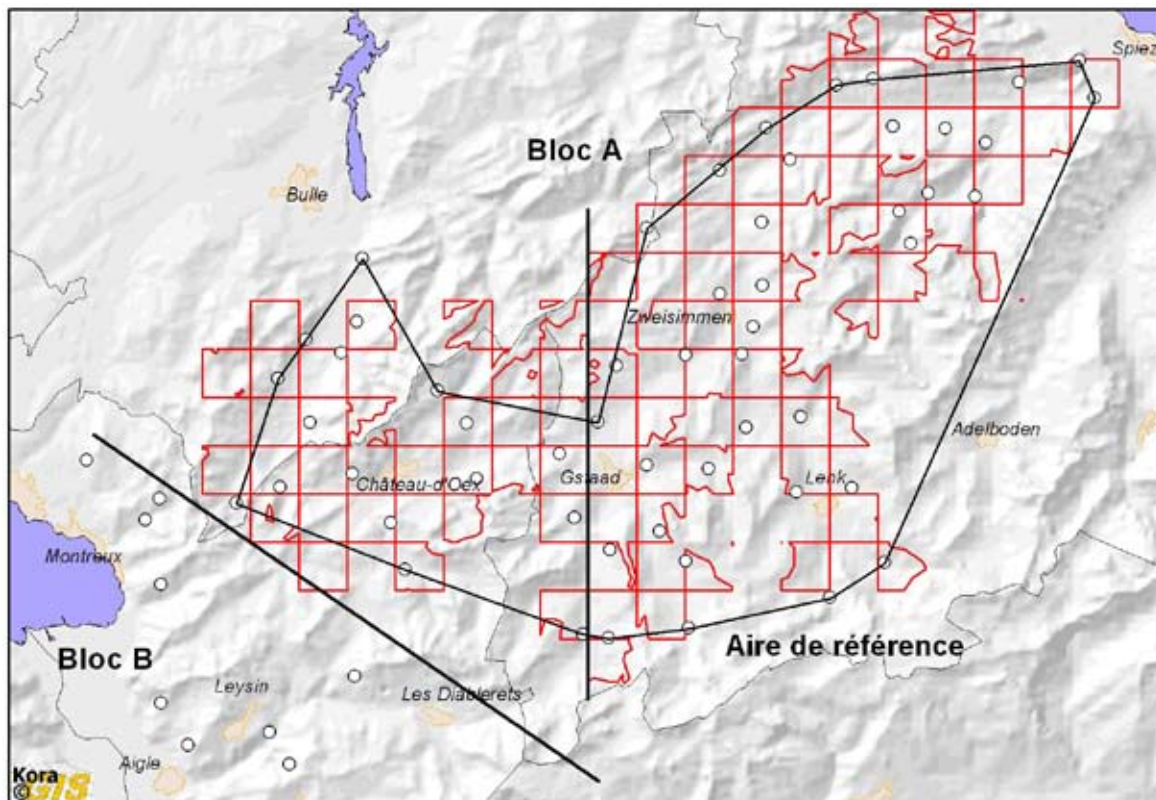


Fig. 1. Situation générale de l'aire de référence et des blocs A et B dans le Nord-Ouest des Alpes. Le bloc B se situe dans les Préalpes vaudoises entre le *Pays d'Enhaut*, le *Léman* et la *vallée du Rhône*.

Suite à l'augmentation des effectifs de lynx et à la diminution du cheptel d'ongulés sauvages dans les Préalpes vaudoises, le canton de Vaud a déposé une requête au département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) pour déplacer des lynx. En juillet 2006, respectivement mars/avril 2007, trois lynx adultes ont été capturés dans les Préalpes vaudoises et déplacés dans le Jura (deux mâles), respectivement dans le Nord-Est de la Suisse (une femelle).

Le présent rapport présente les résultats de la session intensive avec les pièges-photographiques dans le C-VI durant l'hiver 2007/08. En outre, nous faisons à nouveau la distinction entre les trois parties : « aire de référence », « bloc A » et « bloc B » aussi pour pouvoir mettre en évidence une éventuelle influence locale des mesures de gestions qui ont été prises.

2. Zones d'études

L'aire de référence d'origine de 566 km² a été agrandie vers l'Ouest et s'étend sur 795 km² (polygone) comprenant une grille d'échantillonnage de 126 cellules de 2,7 x 2,7 km (Fig. 1). L'aire de référence et l'extension forment le bloc A. Un site est choisi dans chaque deuxième cellule. Les cellules avec plus de 2/3 de leur superficie au-dessus de 1800 mètres ne sont pas pourvues d'un site (Laass 1999). L'aire de référence et le bloc A comprennent respectivement 37 et 54 sites munis de pièges-photographiques (Tab. 1). Suite au bloc A, 9 sites supplémentaires ont été munis de pièges-photographiques durant deux mois au Sud-Ouest entre *Aigle* et *Vevey* dans le cadre d'un mandat du canton de Vaud. Les 9 sites forment le bloc B. Les résultats sont présentés de manière séparée pour l'aire de référence, le bloc A et l'aire délimitée par les blocs A et B pris ensemble.

3. Matériel et méthode

La méthode appliquée depuis 1998 (Zimmermann et al. 2007a,b) est décrite en détail dans l'annexe de ce rapport.

54 sites (BE 39, VD 7, FR 8) munis d'un piège-photographique « master » et un « slave » placés face à face ont été déployés simultanément dans le ter-

rain durant 60 nuits (nuits du 1-2 décembre 2007 au 29-30 janvier 2008). A la fin du bloc A, 9 sites supplémentaires ont été placés durant 60 nuits (nuits du 6-7 février 2008 au 5-6 avril 2008) dans le canton de Vaud. Les sites choisis se trouvaient le long de chemins pédestres et de routes forestières.

Comme les lynx peuvent être identifiés sur de bonnes images grâce à des marques distinctives naturelles, on peut échantillonner la population dans le cadre conceptuel des méthodes de capture-recapture, afin d'estimer les probabilités de capture et les effectifs avec les erreurs statistiques (écarts types) associés. Les lynx juvéniles sont identifiés mais comptés comme une capture de la femelle résidente (leur mère respective) dans le calendrier de capture. Les valeurs estimées correspondent donc au nombre de lynx indépendants : lynx sédentaires territoriaux ou lynx en dispersion. Dans le cas d'une espèce comme le lynx où les mâles ont de plus grands domaines vitaux et effectuent plus fréquemment de plus grands déplacements que les femelles, le modèle M_{th} , qui tient compte de l'hétérogénéité des probabilités de capture, s'ajuste au mieux au jeu de données. Le calendrier de capture de l'ensemble des zones d'étude a été obtenu en combinant le calendrier de capture du bloc A avec celui du bloc B. Cela est effectué en combinant la première occasion du bloc A avec la première occasion du bloc B, puis la seconde occasion du bloc A avec la seconde du bloc B, et ainsi de suite.

La densité de lynx indépendants a été calculée en divisant l'estimation de l'abondance par l'aire échantillonnée. Dans notre cas l'aire échantillonnée correspond au polygone formé par les sites les plus externes plus une zone tampon calculée selon Karanth & Nichols (1998).

4. Résultats et discussion

Le nombre de nuits potentielles était de 2220 dans l'aire de référence, 3240 nuits dans le bloc A et 540 dans le bloc B. Des raisons techniques, des erreurs de programmation et des actes de sabotage ont cependant ramené l'effort potentiel à 2132 nuits de capture dans l'aire de référence, 3020 dans le bloc A et 508 dans le bloc B, ce qui correspond respectivement à 96,0% , 93,2% et 94,1% du nombre potentiel de nuits de capture. Ce sont les valeurs les plus hautes réalisées jusqu'à présent.

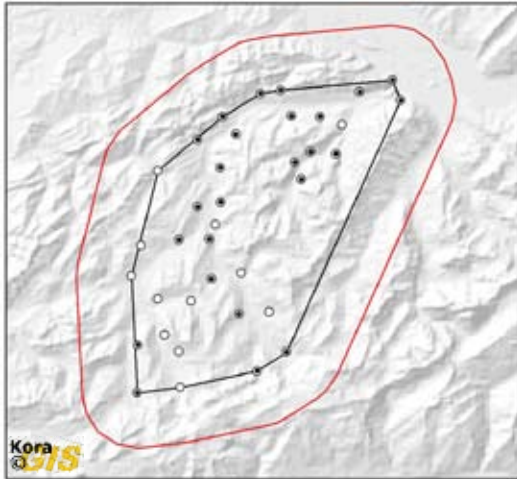


Fig. 2. Emplacements des sites ayant photographiés au moins un lynx (ronds blanc avec un point noir) ou aucun lynx (ronds blanc) lors de la session intensive (déc. jusqu'à janv./fév. 07/08) dans l'aire de référence (*Simmental, Diemtigtal et Saanenland*) définie en 1998. En rouge la zone tampon de 5690 m placée autour de la zone de référence de 566 km² (polygone convexe noir) pour le calcul de la densité.

4.1. Aire de référence

Seize lynx indépendants et 3 individus juvéniles ont été photographiés, parfois à plusieurs reprises, durant la session de deux mois dans l'aire de référence (Tab. 2). Des lynx ont été détectés à 68% des sites (Fig. 2).

Des lynx suivis au moyen de la radio-télémetrie à la fin des années 90 seuls F37 «Fram»^a (au moins âgée de 14 ans), F42 «Mila» (12 ans) et M24 «Nero» (11 ans) ont été détectés. Sont venus s'y ajouter sept individus (B53, B58, B61, B101, B103, B106 et B109) déjà connus de sessions (extensives ou intensives) précédentes et six nouveaux individus (B139, B140, B142, L94, R95 et L96 ; Tab. 2).

Nous avons pu documenter quelques déplacements au sein de l'aire de référence et l'aire étendue : B101 séjournait encore dans le canton de Fribourg durant l'hiver 2005/06. L'hiver passé il a été photographié à plusieurs reprises dans la région de *Zweisimmen*. B106, une jeune femelle née en 2005, fille de F42 «Mila» a dispersé de la *Lenk* au *Diemtigtal*. L'hiver passé, elle était accompagnée d'un jeune. Le nombre de lynx capturés se stabilise à 14 individus après 7 occasions. Un individu supplémentaire est détecté à l'occasion 10, un second à l'occasion 11 (Fig. 3). Le nombre de captures cumulées augmente pratiquement linéairement avec le nombre d'occasions.

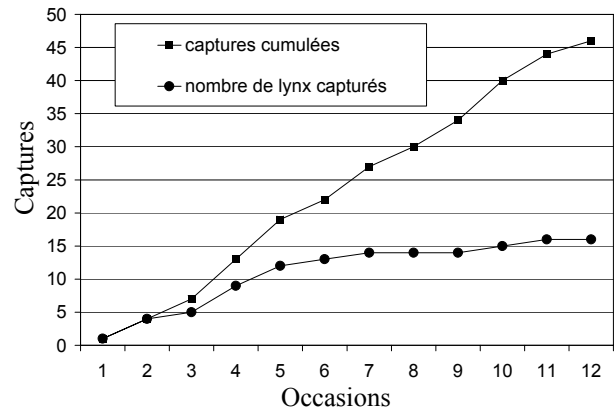


Fig. 3. Nombre de détections de lynx cumulées et nombre total d'individus différents détectés au cours des 12 occasions de capture dans l'aire de référence de 566 km² dans l'Oberland bernois Ouest.

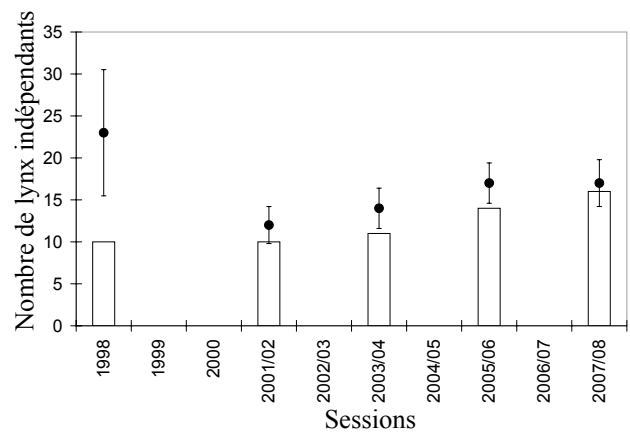


Fig. 4. Evolution des effectifs de lynx (barres verticales: nombre de lynx indépendants photographiés; points avec écarts types: estimation au moyen de la méthode de capture-recapture) dans l'aire de référence de 566 km² dans la partie Ouest de l'Oberland bernois. Par rapport à la dernière session intensive, le nombre minimum de lynx a augmenté de deux unités par contre l'effectif estimé (méthode de capture-recapture) est resté stable.

L'abondance calculée au moyen de la méthode de capture-recapture photographique est de $17 \pm 2,8$ lynx indépendants (Fig. 4).

94% des lynx estimés ont effectivement été photographiés durant la session. La densité calculée selon Karanth et Nichols (1998) est de $1,39 \pm 0,24$ lynx indépendants pour 100 km². Ainsi la densité de lynx indépendants s'est stabilisée aux alentours de 1,5 durant ces trois dernières sessions (Fig. 5).

^aFram a été retrouvée morte lors de la rédaction de ce rapport le 13 mai 2008 au-dessus de *Reidenbach*.

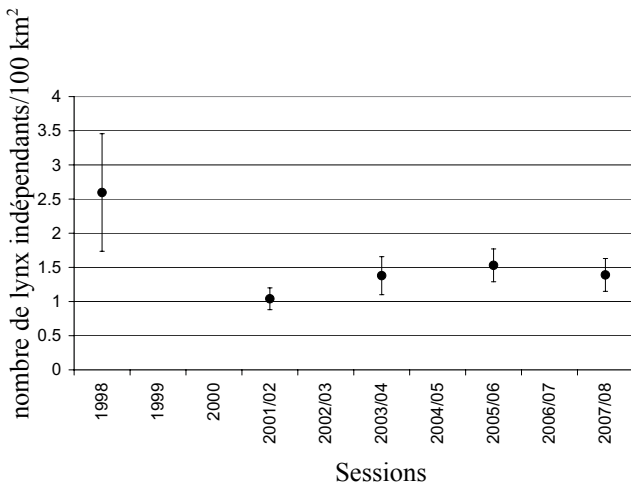


Fig. 5. Evolution de la densité de lynx (points avec écarts types) dans l'aire de référence de 566 km² dans l'Oberland bernois Ouest. Après que la densité a augmenté au tournant du siècle, elle s'est stabilisée aux alentours de 1,5 lynx indépendants pour 100 km² durant ces trois dernières sessions intensives.

4.2 Zone étendue (bloc A)

Vingt-quatre lynx indépendants et 3 individus juvéniles ont été photographiés, parfois à plusieurs reprises, durant la session de deux mois dans le bloc A (Tab. 2). Des lynx ont été détectés dans 65% des sites (Fig. 6).

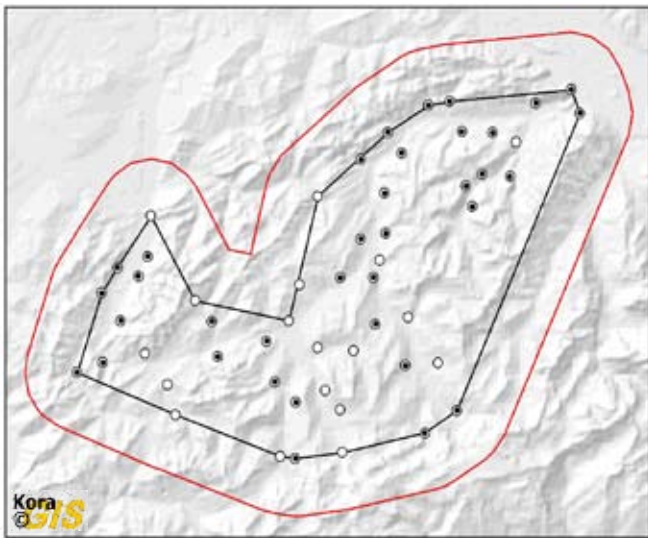


Fig. 6. Emplacements des sites ayant photographiés au moins un lynx (ronds blancs avec un point noir) ou aucun lynx (ronds blancs) lors de la session intensive (déc. jusqu'à janv./fév. 07/08) dans le bloc A. En rouge la zone tampon de 5000 m placée autour du bloc A de 795 km² (polygone noir) pour le calcul de la densité.

Les individus marqués (F37 « Fram », F42 « Mila », M24 « Nero ») déjà connus, observés à nouveau, étaient les mêmes qu'énoncés précédemment. Quatre lynx déjà connus (B51, B79, B94 et B107^b) sont

^b B107 a été photographié avant le début de la session intensive et n'a pas été pris en compte dans les analyses de capture-recapture. Cet individu supplémentaire se trouve néanmoins dans l'intervalle de confiance de l'estimation d'abondance.

venus s'ajouter aux six individus déjà identifiés lors des sessions précédentes. Quatre lynx auparavant inconnus (M44, B141, B143 et B144) sont apparus par rapport à l'aire de référence.

Dans le bloc A, deux nouveaux déplacements sont venus s'ajouter aux deux déjà décrits dans l'aire de référence. B51 et B94 avaient uniquement été détectés dans le canton de Vaud dans le bloc B durant l'hiver 2005/06. L'hiver passé, ils ont aussi été photographiés dans le bloc A au *Pays d'Enhaut* et la *Haute Gruyères*. Ceci a pu être provoqué par la capture d'un mâle résident (M42 « Léon ») à *La Tine* dans le bloc A dans le cadre du projet de déplacements de lynx au sein du canton de Vaud (voir Zimmermann *et al.* 2007c). Le nombre de lynx capturés se stabilise à 21 individus après 7 occasions. Un individu supplémentaire est détecté à l'occasion 10, un second à l'occasion 11 (Fig. 7).

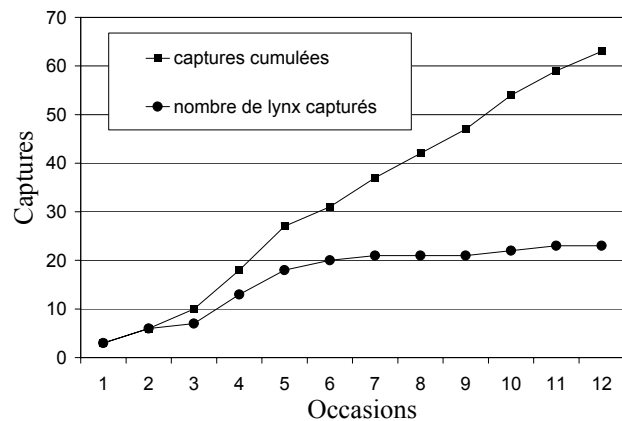


Fig. 7. Nombre de détections de lynx cumulées et nombre total d'individus différents détectés au cours des 12 occasions de capture dans le bloc A de 795 km².

Le nombre de captures cumulées augmente pratiquement linéairement avec le nombre d'occasions. L'abondance calculée au moyen de la méthode de capture-recapture photographique est de $25 \pm 3,2$ lynx indépendants. 96% des lynx estimés ont effectivement été photographiés durant la session. La densité calculée selon Karanth et Nichols (1998) est de $1,59 \pm 0,21$ lynx indépendants pour 100 km².

4.3. Blocs A et B

26 lynx indépendants et 3 individus juvéniles ont été photographiés parfois à plusieurs reprises durant les deux sessions de deux mois dans les blocs A et B (Tab. 2). Des lynx ont été détectés à 60% des sites (Fig. 8).

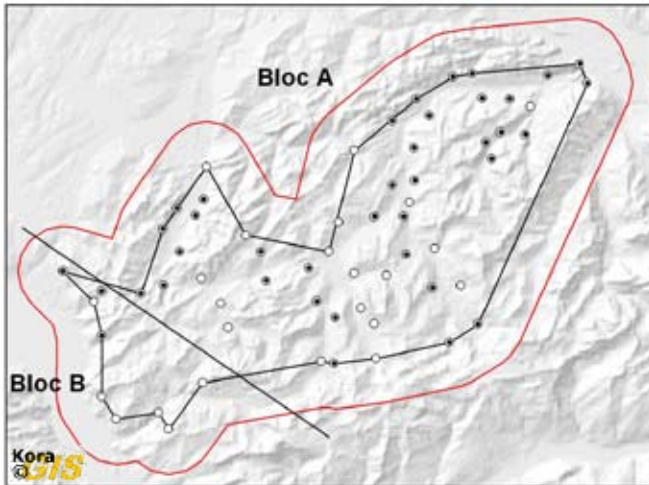


Fig. 8. Emplacements des sites ayant photographiés au moins un lynx (ronds blanc avec un point noir) ou aucun lynx (ronds blanc) lors de la session intensive (déc. jusqu'à av. 07/08) dans les blocs A et B. Les pièges-photographiques ont été placés durant 2 mois dans les blocs A et B (A : déc. jusqu'à janv./fév. 07/08 ; B : fév. jusqu'à av. 08). En rouge la zone tampon de 4860 m placée autour de l'aire de 980 km² formée par les blocs A et B (polygone noir) pour le calcul de la densité.

Deux nouveaux individus (R94 et L99) ont été photographiés par rapport au bloc A. Le nombre de lynx capturés se stabilise à 22 individus après 7 occasions. Deux, respectivement un, nouveaux individus sont seulement détectés aux occasions 10 et 11 (Fig. 9). Le nombre de capture cumulées augmente pratiquement linéairement avec le nombre d'occasions.

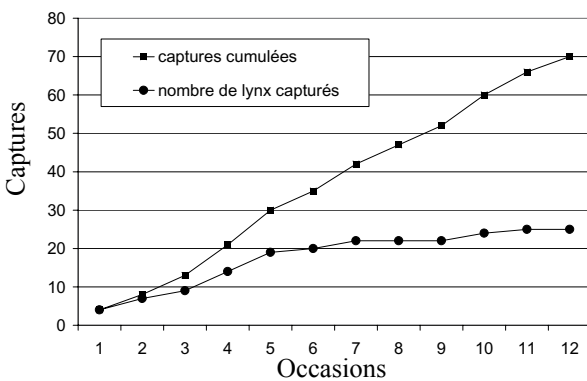


Fig. 9. Nombre de détections de lynx cumulées et nombre total d'individus différents détectés au cours des 12 occasions de capture dans l'aire de 980 km² formée par les blocs A et B.

L'abondance calculée au moyen de la méthode de capture-recapture photographique est de $28 \pm 3,4$ lynx indépendants. 92% des lynx estimés ont effectivement été photographiés durant la session. La densité calculée selon Karanth et Nichols (1998) est de $1,49 \pm 0,24$ lynx indépendants pour 100 km².

4.4. Conclusions

Dans l'aire de référence, le nombre de lynx estimé est de $17 \pm 2,8$ lynx indépendants et n'a pas changé par rapport à il y a deux ans. Comme la zone tampon (moitié de la moyenne des distances maximales entre les sites de piégeage pour les individus photographiés sur plus d'un site) a augmenté par rapport à la session précédente (5690 m contre 5000 m durant l'hiver 2005/06) il en suit que la densité a diminué. Elle est de $1,39 \pm 0,24$ lynx indépendants pour 100 km². La différence n'est toutefois pas statistiquement significative. Ainsi la densité n'a pas changé depuis l'hiver 2003/04. Dans le bloc A l'estimation du nombre de lynx indépendants a augmenté. Elle a passée de $20 \pm 2,8$ à $25 \pm 3,2$. Il en suit que la densité estimée y est plus haute par rapport à celle calculée pour l'hiver 2005/06 ($1,26 \pm 0,20$ lynx indépendants pour 100 km² par rapport à $1,59 \pm 0,21$ l'hiver passé) mais comparable à celle estimée dans l'aire de référence. $28 \pm 3,4$ lynx indépendants, autant qu'il y a deux ans, ont été estimés dans l'aire formée par les blocs A et B. Seul deux nouveaux individus ont été photographiés dans le bloc B, comparé à sept il y a deux ans. Ainsi la densité estimée dans l'aire formée par les blocs A et B diminue par rapport à celle estimée dans le bloc A. Elle est de $1,49 \pm 0,24$ lynx indépendants pour 100 km² et n'a pas changé par rapport à l'hiver 2005/06. La densité a diminuée dans le Sud des Préalpes vaudoises (bloc B) mais elle a augmenté dans le Nord des Alpes FR et VD (partie Ouest du bloc A). Il y a eu un déplacement des lynx du bloc B en direction du bloc A comme le montrent B51 et B94 qui n'avaient été détectés que dans le bloc B auparavant.

Tab. 1. Résumé des résultats des sessions intensives avec les pièges-photos dans le Nord-Ouest des Alpes durant l'hiver 2007/08. Le polygone est obtenu en reliant les sites situés au bord de la zone d'étude entre eux. La densité est calculée en additionnant la superficie de la zone tampon située l'extérieur du polygone à celle de la zone d'étude (la largeur de la zone tampon est égale à la moitié de la moyenne des distances maximales entre les sites de piégeage pour les individus photographiés sur plus d'un site).

Zone	Polygone [km ²]	Nb de sites	Nb minimum de lynx	Effectif estimé	Tampon [m]	Zone échantillonnée ¹ [km ²]	Densité [ind./100 km ²]
Aire de référence	566	37	16	17 ± 2,8	5690	1219	1,39 ± 0,24
Bloc A	795	54	24	25 ± 3,2	5000	1571	1,59 ± 0,21
Bloc A + B	980	63	26	28 ± 3,4	4860	1876	1,49 ± 0,24

¹ Polygone avec zone tampon

Tab. 2. Nombre de détections (images) de lynx indépendants dans l'aire de référence, le bloc A ainsi que l'aire formée par les blocs A et B. En gras les lynx qui ont été détectés pour la première fois.

Zone	Lynx	Nombre de détections	Canton(s)	Connu depuis	
Blocs A et B	Aire de référence	F37 «Fram» ¹	3	BE	1997
		F42 «Mila» (+ 1 juv. ²)	2	BE	1997
		M24 «Nero»	4	BE	1998
		B53	3	BE	2003
		B58	2	BE, VD	2002
		B61	2	BE	2004
		B101	5	BE	2005
		B103	7	BE	2005
		B106 (+1 juv.)	6	BE	2006
		B109	10	BE	2006
		B139	4	BE	2007
		B140	1	BE	2007
		B142	2	BE	2007
		L94	1	BE	2007
	R95	2	BE	2007	
	L96 (+1 juv.)	1	BE	2008	
	Bloc A	B51	3	FR, VD	2002
		B79	1	FR	2003
		B94	4	FR, VD	2006
		B107	1	VD	2005
		M44	4	FR, VD	2007
		B141	4	BE	2007
		B143	3	FR	2007
		B144	3	VD	2008
		R94	1	VD	2008
		L99	1	VD	2008

¹ F37 „Fram“ a été retrouvée morte au-dessus de Reidenbach le 13 mai 2008.

² à cause de leur forte mortalité les individus juvéniles sont identifiés mais considérés comme une capture de leur mère lors de la construction du calendrier de capture.

³ B107 a été photographié avant le début de la session intensive et n'a pas été pris en compte dans les analyses de capture-recapture. Cet individu supplémentaire se trouve néanmoins dans l'intervalle de confiance de l'estimation d'abondance.

5. Littérature

- Breitenmoser-Würsten, Ch., F. Zimmermann, A. Ryser, S. Capt, J. Laass, A. Siegenthaler, and U. Breitenmoser. 2001. Untersuchung zur Luchspopulation in der Nordwestalpen der Schweiz 1997-2000. KORA-Bericht **9**: 1–88.
- Karanth, K. U., and J. D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* **79**: 2852–2862.
- Laass, J. 1999. Evaluation von Photofallen für ein quantitatives Monitoring einer Luchspopulation in den Schweizer Alpen. Universität Wien, Wien.
- Laass, J. 2001. Zustand der Luchspopulation im westlichen Berner Oberland im Winter 2000. Fotofallen-Einsatz Nov./Dez. 2000. KORA-Bericht **6**: 1–15.
- Laass, J. 2002. Fotofallen-Monitoring im westlichen Berner Oberland 2001. Fotofallen-Extensiv-Einsatz 2001. Fotofallen-Intensiv-Einsatz Winter 2001/2002. KORA-Bericht **14**: 1–26.
- Zimmermann, F., J. Fattebert, Ch. Breitenmoser-Würsten, and U. Breitenmoser. 2007b. Abundanz und Dichte der Luchse: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im nördlichen Schweizer Jura. KORA-Bericht **37d**: 1–22.
- Zimmermann, F., A. Molinari-Jobin, Ch. Breitenmoser-Würsten, and U. Breitenmoser. 2007a. Estimation of Lynx (*Lynx lynx*) Densities in the Swiss Alps Using Photographic Capture-Recapture Sampling. Felid Biology & Conservation Conference, University of Oxford, United Kingdom, September 17-21, 2007.
- Zimmermann, F., A. Molinari-Jobin, S. Capt, A. Ryser, Ch. Angst, K. von Wattenwyl, A. Burri, Ch. Breitenmoser-Würsten, and U. Breitenmoser. 2004. Monitoring Luchs Schweiz 2003. KORA-Bericht **26d**: 1–38.
- Zimmermann, F., M.-P. Ryser-Degiorgis, A. Ryser, J.-M. Weber, Ch. Breitenmoser-Würsten, and U. Breitenmoser. 2007c. Schlussbericht Umsiedlung von zwei Luchsen aus den Waadtländer Alpen in den Waadtländer Jura 2006/07. KORA-Bericht **39**: 1–14.
- Zimmermann F., J.-M. Weber, A. Molinari-Jobin, A. Ryser, K. von Wattenwyl, A. Siegenthaler, P. Molinari, Ch. Angst, Ch. Breitenmoser-Würsten, S. Capt, and U. Breitenmoser. 2006. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2005. KORA Bericht **29**: 1–64.

6. Annexe : méthodes détaillées

6.1. Piégeage-photographique

Pour éviter des agrégats de sites d'échantillonnage et pour permettre des comparaisons avec des études antérieures, une grille de cellules d'échantillonnage de 2,7 x 2,7 km chacune a été superposée à la zone d'étude, d'après Laass (1999). Chaque deuxième cellule a été échantillonnée à l'aide d'un piège photographique « master » et d'un « slave »^a placés face à face, de manière à photographier les deux flancs des lynx pour permettre leur identification individuelle de manière certaine (Zimmermann *et al.* 2004). Le lynx utilise fréquemment les passages dégagés tels que des routes forestières lors de ses longs déplacements. Les sites sélectionnés étaient situés le long (*i*) de routes forestières, (*ii*) de chemins pédestres et (*iii*), dans une moindre mesure, le long de sentes de gibier. Le matériel était contrôlé tous les 6 à 7 jours afin de remplacer les piles, changer les films si nécessaire et remplacer le matériel en cas de panne ou de déprédation.

6.2. Nombre minimum d'individus indépendants

Le nombre d'individus indépendants^b différents représente l'effectif minimum de la population. Pour identifier individuellement les lynx photographiés, chaque image a été comparée à un ensemble d'images de référence d'individus déjà connus par le piégeage photographique ou les captures pour des études télémétriques. Puisque que les taches des deux flancs diffèrent chez un même individu, il est indispensable de pouvoir associer sans ambiguïté ses flancs gauche et droit pour une identification

^a Le piège photographique « master » possède un détecteur infrarouge et réagit au passage d'un animal ou de courants thermiques. Le « slave », de conception plus simple, est déclenché par le flash du premier.

^b Il est impossible de distinguer de manière certaine les adultes des subadultes sur la base de photographies, et ceux-ci sont regroupés sous l'appellation de *lynx indépendants*, par opposition aux juvéniles, encore dépendants de leur mère.

certaine (Zimmermann *et al.* 2004), d'où l'utilisation des « slaves ».

6.3. Estimation de l'abondance et de la densité par capture-recapture

Lorsque les individus peuvent être reconnus, soit par des marques distinctives naturelles, soit par des marques artificielles, on peut échantillonner la population dans le cadre conceptuel des méthodes de capture-recapture, afin d'estimer les probabilités de captures et les effectifs avec les erreurs statistiques (écarts types) associées (Jennelle *et al.* 2002, Karanth 1995). Historiquement, le concept de capture-recapture fut appliqué pour la première fois en 1662 pour estimer la population de Londres. C'est seulement 150 ans plus tard que Laplace rédigea la formule de base : partant du principe que tous les individus ont la même probabilité de capture, la proportion d'individus marqués dans l'échantillon de recapture est identique à celle des individus marqués dans l'ensemble de la population. Puisque ces proportions, ainsi que le nombre d'individus marqués sont connus, on peut en déduire la taille de l'ensemble de la population. Les nouveaux algorithmes sont basés sur ce principe de base, mais tiennent compte du fait que la probabilité de capture puisse varier individuellement ou temporellement.

Si le but n'est pas de détecter tous les individus présents mais d'échantillonner la population, il est néanmoins important qu'aucun individu de l'espèce ciblée n'ait une probabilité de capture nulle dans la zone échantillonnée. Cette assumption détermine la densité minimale de sites d'échantillonnage, qui devrait être d'au moins un site par plus petit domaine vital connu pour l'espèce ciblée (Karanth & Nichols 1998, Nichols & Karanth 2002).

Afin de pouvoir utiliser des estimateurs pour population fermée (p. ex. Otis *et al.* 1978), une assumption importante de la méthode est que la population soit, durant la période d'échantillonnage,

libre de recrutement (naissance ou immigration) et de déplétion (décès ou émigration). Le piégeage photographique des lynx a été mené en hiver pendant 60 nuits (2 mois), une période dépourvue de naissances et assez courte pour remplir cette condition dans le cas d'une espèce comme le lynx.

Le programme MARK sélectionne le modèle qui s'ajuste le mieux au jeu de données parmi 8 modèles possibles lorsque la population est fermée. Entre autres M_0 : la probabilité de capture est la même pour tous les individus, n'est pas influencée par une modification du comportement et ne varie pas au cours du temps. M_n : la probabilité de capture varie d'un individu à l'autre mais pas au cours du temps.

6.4. Estimation de l'abondance

Une période de cinq nuits consécutives (pentade) a été définie comme une occasion de capture (Zimmermann *et al.* 2006). Pour chaque occasion de capture, chaque individu a été défini comme capturé (« 1 ») au moins une fois ou non capturé (« 0 »), formant un vecteur consistant en autant de « 1 » et de « 0 » qu'il y a d'occasion de capture. L'ensemble des vecteurs individuels forme une matrice- X , le calendrier de capture (Otis *et al.* 1978). Le calendrier de capture des lynx indépendants a été analysé à l'aide du module CAPTURE pour des populations fermées, intégré au programme MARK (White & Burnham 1999). Pour vérifier si la population était fermée, nous avons utilisé le programme CLOSETEST (Standley & Richards 2004).

6.5. Estimation de la densité

La densité des lynx indépendants a été calculée en divisant l'estimation de l'abondance par l'aire échantillonnée (\hat{A}). Dans notre cas elle correspond au polygone formé par les sites d'échantillonnage les plus externes, plus une zone tampon de largeur (W), calculée selon Karanth et Nichols (1998). La largeur de la zone tampon est égale à la moitié de

la moyenne des distances maximales entre les sites de piégeage pour les individus photographiés sur au moins deux sites différents (Karanth & Nichols 1998). Cette zone tampon représente une estimation de l'extension probable des domaines vitaux des lynx au-delà de la zone échantillonnée.

6.6. Littérature

- Jennelle, C. S., M. R. Runge, and D. I. MacKenzie. 2002. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals: a comment on misleading conclusions. *Animal Conservation* **5**:199-210.
- Karanth, K. U. (1995). Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological Conservation* **71**:333-338.
- Karanth, K. U., and J. D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* **79**:2852-2862.
- Laass, J. 1999. Evaluation von Photofallen für ein quantitatives Monitoring einer Luchspopulation in den Schweizer Alpen. Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.
- Nichols, J. D., and K. U., Karanth. 2002. Statistical concepts: estimating absolute densities of tigers using capture-recapture sampling. Pages 121-136 in K. U., Karanth, and J. D. Nichols, editors. *Monitoring tigers and their prey: a manual for researchers, managers and conservationists in tropical Asia*. Centre for Wildlife Studies, Bangalore.
- Otis, D. L., K. P. Burnham, G. C. White, and D. R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs* **62**:1-135.
- Stanley T. R., and J. D. Richards. 2004. CloseTest version 3.0, a program for testing capture-recapture data for closure. US Geological Survey, Fort Collins Science Center, Colorado, USA.
- White, G. C. and K. P. Burnham. 1999. Program MARK survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* **46**:120-138.
- Zimmermann, F., A. Molinari-Jobin, S. Capt, and U. Mannhart. 2004. Zwei Bilder auf einen Blitz. Pages 10-11 in KORA, editor. *KORA Jahresbericht 2003*. KORA, Bern.
- Zimmermann, F., J.-M. Weber, A. Molinari-Jobin, A. Ryser, K. von Wattenwyl, A. Siegenthaler, P. Molinari, C. Angst, C. Breitenmoser-Würsten, S. Capt, and U. Breitenmoser. 2006. *Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2005*. KORA-Bericht **35**:1-64.

Bisher erschienene KORA Berichte / Rapports KORA parus / Published KORA reports

- KORA Bericht Nr. 41e Weber, J.-M. & Fattebert, J. (eds). 2008. Wolf monitoring in the Alps: 5th Alpine Wolf Workshop, La Fouly (VS), Switzerland, 2-3 October 2007.
- KORA Bericht Nr. 40 Zimmermann, F., Weber, J.-M., Molinari-Jobin, A., Ryser, A., Fattebert J., Breitenmoser-Würsten, Ch., Capt S. & Breitenmoser, U. 2007. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2006.
- KORA Bericht Nr. 39 Zimmermann, F., Ryser-Degiorgis, M.-P., Ryser, A., Weber, J.-M., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2007. Schlussbericht Umsiedlung von zwei Luchsen aus den Waadtländer Alpen in den Waadtländer Jura 2006/07.
- KORA Bericht Nr. 38 Molinari-Jobin, A. & Breitenmoser, U. 2007. Systematisches Fotofallen-Monitoring im Kompartiment III und VI-Ost (Kt. BE, OW, NW, UR) im Winter 2006/07.
- KORA Bericht Nr. 37d Zimmermann, F., Fattebert, J., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2007. Abundanz und Dichte der Luchse: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im nördlichen Schweizer Jura.
- KORA Bericht Nr. 37f Zimmermann, F., Fattebert, J., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2007. Abondance et densité du lynx : estimation par capture-recapture photographique dans le Nord du Jura suisse.
- KORA Bericht Nr. 36 Fattebert, J. & Zimmermann, F. 2007. Piégeage-photographique du lynx dans le Jura vaudois: rapport sur la session semi-intensive de l'automne 2006.
- KORA Bericht Nr. 35 Zimmermann, F., Weber, J.-M., Molinari-Jobin, A., Ryser, A., von Wattenwyl, K., Siegenthaler, A., Molinari, P., Angst, Ch., Breitenmoser-Würsten, Ch., Capt S. & Breitenmoser, U. 2006. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2005.
- KORA Bericht Nr. 34 Ryser, A., von Wattenwyl, K., Zimmermann, F. & Breitenmoser, U. 2006. 2. Monitoringbericht LUNO2. Status Luchs Nordostschweiz Winter 2005/2006.
- KORA Bericht Nr. 33e Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, Ch., von Arx, M., Zimmermann, F., Ryser, A., Angst, Ch., Molinari-Jobin, A., Molinari, P., Linnell, J., Siegenthaler, A. & Weber, J.-M. 2006. Guidelines for the Monitoring of Lynx. Workshop on the Conservation and the Monitoring of the Balkan lynx.
- KORA Bericht Nr. 32 Angst, Ch. & J.-M. Weber. 2005. Evaluation de la faisabilité d'une réintroduction de la perdrix grise en Ajoie (JU).
- KORA Bericht Nr. 31 Ryser, A., von Wattenwyl, K., Willisich, Ch., Leathwood, I., Zimmermann, F., Breitenmoser, U. 2005. 1. Monitoringbericht LUNO2 – Statusbericht Luchs Nordostschweiz Winter 2004/2005.
- KORA Bericht Nr. 30 Boutros, D., 2005. Luchs & Co. eine Lernwerkstatt.
- KORA Bericht Nr. 29 f, d Zimmermann, F., Molinari-Jobin, A., Weber J.-M., Capt, S., Ryser, A., Angst, Ch., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2005. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2004.
- KORA Bericht Nr. 28 Zajec, P., Zimmermann, F., Roth, H.U. & Breitenmoser, U. 2005. Die Rückkehr des Bären in die Schweiz – Potentielle Verbreitung, Einwanderungsrouten und mögliche Konflikte.
- KORA Bericht Nr. 28 e Zajec, P., Zimmermann, F., Roth, H.U. & Breitenmoser, U. 2005. The return of the Brown bear to Switzerland – Suitable habitat distribution, corridors and potential conflicts.
- KORA Bericht Nr. 27 f Weber, J.-M., 2004. Monitoring Loup 1999-2003.
- KORA Bericht Nr. 26 Zimmermann, F., Molinari-Jobin, A., Capt, S., Ryser, A., Angst, Ch., von Wattenwyl, K., Burri, A., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Breitenmoser, U. 2004. Monitoring Luchs Schweiz 2003.
- KORA Bericht Nr. 25 f, d Burri, A., Kläy E.-M., Landry, J.-M., Maddalena, T., Oggier, P., Solari, C., Torriani, D., Weber, J.-M. 2004: Rapport final Projet Loup Suisse – Prévention 1999-2003.
- KORA Bericht Nr. 24 d Capt, S., Lüps, P., Nigg, H. & Fivaz, F. 2005: Relikt oder geordneter Rückzug ins Réduit – Fakten zur Ausrottungsgeschichte des Braunbären Ursus arctos in der Schweiz.
- KORA Bericht Nr. 24 f Capt, S., Lüps, P., Nigg, H. & Fivaz, F. 2005: Reliquat ou retrait coordonné dans le réduit suisse - Récit historique de l'éradication de l'ours brun Ursus arctos en Suisse (en préparation).
- KORA Bericht Nr. 23 Ryser, A. et al. in Vorbereitung: Der Luchs und seine Beutetiere in den schweizerischen Nordwestalpen 1997-2000.
- KORA Bericht Nr. 22 Ryser, A., von Wattenwyl, K., Ryser-Degiorgis, M.-P., Willisich, Ch., Zimmermann, F. & Breitenmoser, U. 2004: Luchsumsiedlung Nordostschweiz 2001-2003, Schlussbericht Modul Luchs des Projektes LUNO.

Bisher erschienene KORA Berichte / Rapports KORA parus / Published KORA reports

- KORA Bericht Nr. 21 f Doutaz, J. & Koenig A. 2004: Le retour du Loup (*Canis lupus L.*) en Suisse: Analyse des données disponibles en vue de la réalisation d'un modèle de distribution potentielle.
- KORA Bericht Nr. 20 Boutros, D. & Baumgartner, H.-J. 2004: Erfahrungen der Kontaktgruppe Luchs Simmental und Saanenland: Auswertung einer Umfrage unter den Mitgliedern.
- KORA Bericht Nr. 19 e von Arx, M., Breitenmoser-Würsten, Ch., Zimmermann, F. & Breitenmoser, U. 2004. Status and conservation of the Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in Europe in 2001.
- KORA Bericht Nr. 18 e Weber, J.-M. (ed.), 2003. Wolf monitoring in the Alps.
- KORA Bericht Nr. 17 f Waeber, P. 2003. Evaluation de l'estivage ovin en fonction du retour du loup.
- KORA Bericht Nr. 17 d Waeber, P. 2003. Evaluation der Schafsömmernung im Hinblick auf die Rückkehr des Wolfes.
- KORA Bericht Nr. 16 f Zimmermann, F., von Wattenwyl, K., Ryser, A., Molinari-Jobin, A., Capt, S., Burri, A., Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Angst, Ch. 2003. Monitoring Lynx Suisse 2002.
- KORA Bericht Nr. 16 Zimmermann, F., von Wattenwyl, K., Ryser, A., Molinari-Jobin, A., Capt, S., Burri, A., Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Angst, Ch. 2003. Monitoring Luchs Schweiz 2002.
- KORA Bericht Nr. 15 f Zimmermann, F., von Wattenwyl, K., Ryser, A., Molinari-Jobin, A., Capt, S., Burri, A., Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Angst, Ch. 2002. Monitoring Lynx Suisse 2001
- KORA Bericht Nr. 15 Zimmermann, F., von Wattenwyl, K., Ryser, A., Molinari-Jobin, A., Capt, S., Burri, A., Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, Ch. & Angst, Ch. 2002. Monitoring Luchs Schweiz 2001.
- KORA Bericht Nr. 14 Laass, J. 2002. Fotofallen-Monitoring im westlichen Berner Oberland 2001. Fotofallen-Extensiv-Einsatz 2001. Fotofallen-Intensiv-Einsatz Winter 2001/2002.
- KORA Bericht Nr. 13 e Thüli, K. 2002. Spatial and Temporal Distribution of Coat Patterns of Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in two reintroduced Populations in Switzerland.
- KORA Bericht Nr. 12 e Boutros, D. 2002. Characterisation and Assessment of Suitability of Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) Den Sites.
- KORA Bericht Nr. 11 f Breitenmoser, U., Capt, S., Breitenmoser-Würsten, Ch., Angst, Ch., Zimmermann, F., & Molinari-Jobin, A. 2002. Le Lynx dans le Jura – Aperçu de l'état actuel des connaissances.
- KORA Bericht Nr. 11 d Breitenmoser, U., Capt, S., Breitenmoser-Würsten, Ch., Angst, Ch., Zimmermann, F. & Molinari-Jobin, A. 2002. Der Luchs im Jura – Eine Übersicht zum aktuellen Kenntnisstand.
- KORA Bericht Nr. 10 d Angst, Ch., Haagen, S. & Breitenmoser, U. 2002. Übergriffe von Luchsen auf Kleinvieh und Gehegetiere in der Schweiz. Teil II: Massnahmen zum Schutz von Nutztieren.
- KORA Bericht Nr. 9 Breitenmoser-Würsten, Ch., Zimmermann, F., Ryser, A., Capt, S., Lass, J. & Breitenmoser, U. 2001. Untersuchungen zur Luchspopulation in den Nordwestalpen der Schweiz 1997-2000.
- KORA Bericht Nr. 8 Ryser-Degiorgis M.-P. 2001. Todesursachen und Krankheiten beim Luchs – eine Übersicht.
- KORA Bericht Nr. 7 e Breitenmoser-Würsten, Ch., Breitenmoser, U. (Eds), 2001. The Balkan Lynx Population – History, Recent Knowledge on its Status and Conservation Needs.
- KORA Bericht Nr. 6 Laass, J. 2001. Zustand der Luchspopulation im westlichen Berner Oberland im Winter 2000. Fotofallen-Einsatz Nov./Dez. 2000.
- KORA Bericht Nr. 5 d Angst, Ch., Olsson, P. & Breitenmoser, U. 2000. Übergriffe von Luchsen auf Kleinvieh und Gehegetiere in der Schweiz. Teil I: Entwicklung und Verteilung der Schäden.
- KORA Bericht Nr. 4 Zimmermann, F. 1998. Dispersion et survie des Lynx (*Lynx lynx*) subadultes d'une population réintroduite dans la chaîne du Jura.
- KORA Bericht Nr. 3 Workshop on Human Dimension in Large Carnivore Conservation. Contributions to the Workshop 26.11.97 at Landshut, Switzerland, with Prof. Dr. Alistair J. Bath. 1998.
- KORA Bericht Nr. 2 e Landry, J.M. 1999. The use of guard dogs in the Swiss Alps: A first analysis.
- KORA Bericht Nr. 2 d Landry, J.-M. 1999. Der Einsatz von Herdenschutzhunden in den Schweizer Alpen: erste Erfahrungen.
- KORA Bericht Nr. 2 Landry, J.-M. 1998. L'utilisation du chien de protection dans les Alpes suisses: une première analyse.
- KORA Bericht Nr. 1 Landry, J.-M. 1997. La bête du Val Ferret.