

Abondance et densité du lynx dans le Nord-Ouest des Alpes : estimation par capture-recapture photographique dans l'aire d'échantillonnage étendue au canton de Vaud dans le C-VI durant l'hiver 2009/10



Fridolin Zimmermann, Clémence Dirac, Elias Pesenti, Andreas Ryser, Kristina Vogt, Mario Theus, Christine Breitenmoser-Würsten & Urs Breitenmoser

Rapport KORA à l'intention du canton de Vaud



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

Thunstrasse 31, CH-3074 Muri, T +41-31-951 70 40, F +41-31-951 90 40, info@kora.ch, www.kora.ch

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 : Gérard Beaud, Jean-Pierre Blatti, Georges Carruzzo, Alexandre Chappalley, Pierre-Alain Chesaux, Denis Combremont, Gérald Jacolet, Christian Jacquet, Pierre Jordan, Ruedi Kunz, Walter Kunz, Fabrice Maradan, Philippe Mottier, Yves Pfund, Michel Pharisa, Werner Reichen, Jean-Claude Roch, Anton Schmid, Paul Schmid, Peter Schwendimann, Denis Schwitzguebel, Michel Valloton, Wolfgang Weissert, Rolf Zumbrunnen, Peter Zysset et les naturalistes de la Gruyères;
- tous les responsables des institutions cantonales et fédérales notamment Roman Eyholzer, 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.

Table des matières

| | |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introduction..... | 5 |
| 2. Zone d'échantillonnage..... | 6 |
| 3. Matériel et méthode | 6 |
| 4. Résultats et discussion | 7 |
| 4.1 Nombre minimum de lynx | 7 |
| 4.2 Estimation de l'abondance | 10 |
| 4.3. Estimation de la densité | 10 |
| 4.4. Evolution de la densité..... | 11 |
| 5. Littérature..... | 12 |
| Annexe technique – description détaillée des méthodes..... | 13 |
| Aire échantillonnée | 13 |
| Processus de calibration des densités..... | 15 |
| Littérature..... | 17 |

Résumé - Le piégeage-photographique du lynx (*Lynx lynx*) a été effectué durant 60 nuits, du 27 novembre 2009 au 26 janvier 2010 dans le bloc A et du 28 janvier au 29 mars 2010 dans le bloc B, dans le Nord-Ouest des Alpes. Septante-trois sites ont été surveillés à l'aide de paires de pièges-photographiques placés l'un en face de l'autre afin de photographier les deux flancs des lynx pour permettre une identification individuelle de manière certaine. Trente-deux lynx indépendants différents ont été détectés sur des passages dans l'ensemble de l'aire d'échantillonnage étendue au canton de Vaud au cours des deux mois d'échantillonnage. L'estimation de l'abondance par le modèle de capture-recapture M_h était de $34 \pm 3,4$ lynx indépendants dans l'aire d'échantillonnage (1601 km^2) ce qui correspond à une densité de $2,12 \pm 0,21$ lynx indépendants pour 100 km^2 d'aire d'échantillonnage ou $2,25 \pm 0,23$ pour 100 km^2 d'habitat favorable. La densité est plus grande que celle mesurée le même hiver dans l'aire de référence du Nord-Ouest des Alpes ($1,87 \pm 0,22$) et a augmenté par rapport à celle mesurée lors de la session précédente ($1,70 \pm 0,15$) dans l'aire d'échantillonnage étendue au canton de Vaud.

Zusammenfassung - Das Fotofallen-Monitoring des Luchses (*Lynx lynx*) in den Nordwestalpen fand während 60 Nächten vom 27. November 2009 bis am 26. Januar 2010 im Block A und vom 28. Januar bis am 29. März 2010 im Block B statt. An 73 Standorten wurden Stichproben mittels zwei zueinander ausgerichteten Fotofallen erhoben, um pro Ereignis beide Flanken der Luchse für die individuelle Bestimmung zu erfassen. Zwei und dreissig verschiedene selbständige Luchse wurden auf Wechsellern während der zweimonatigen Untersuchungsperiode im ganzen auf den Kanton Waadt ausgedehnten Schätzgebiet nachgewiesen. Die Fang-Wiederfang Schätzung der Abundanz im Schätzgebiet (1601 km^2) nach dem Modell M_h ergab $34 \pm 3,4$ selbständige Luchse, was einer Dichte von $2,12 \pm 0,21$ selbständigen Luchsen pro 100 km^2 Schätzgebiet oder $2,25 \pm 0,23$ geeignetem Habitat entspricht. Die Dichte ist höher als jene die im selben Winter im Referenzgebiet der Nordwestalpen geschätzt wurde ($1,87 \pm 0,22$) und ist im Vergleich zum Winter 2007/08 ($1,70 \pm 0,15$) im Schätzgebiet angestiegen.

Abstract - Camera-trapping of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) was carried out during 60 nights, from 27th November 2009 to 26th January 2010 in the bloc A and from 28th January to 29th March 2010 in the bloc B in the North-western Alps. Seventy-three sites were sampled using opposing pairs of camera traps, in order to picture both flanks of the lynx to ensure individual identification. Thirty-two independent lynx were pictured along trails during the two months sampling period in the whole sampling area extended to the canton of Vaud. The capture-recapture estimate of abundance under model M_h was 34 ± 3.4 independent lynx in the sampling area (1601 km^2), which corresponds to a density of 2.12 ± 0.21 independent lynx for 100 km^2 sampling area, or 2.25 ± 0.23 for 100 km^2 suitable habitat. The density estimate is higher than the one estimated the same winter in the reference area of the north-western Alps (1.87 ± 0.22) and higher than the value estimated two years ago in winter 2007/08 (1.70 ± 0.15) in the whole sampling area extended to the canton de Vaud.

1. Introduction

Le compartiment des Nord-Ouest des Alpes est toujours d'une importance cruciale pour le développement à long terme des populations de lynx alpines. Il joue également un rôle important pour notre expérience à long terme des techniques de suivi au moyen de pièges-photographiques et pour leur développement futur. La session intensive avec les pièges-photographiques dans la partie ouest des Nord-Ouest des Alpes a lieu tous les deux ans. La session de l'hiver 2009/10 est déjà la sixième de ce genre menée à ce jour (Laass 1999, 2001, 2002, Breitenmoser-Würsten *et al.* 2001, Zimmermann *et al.* 2004, 2006, 2008). La présentation des résultats est devenue un peu compliquée au cours des années car l'aire de référence a été étendue à deux reprises depuis la première réalisation. 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-téléométrie (Breitenmoser-Würsten *et al.* 2001). 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 (voir Fig. 1 de l'annexe technique : description détaillée des méthodes). Le même hiver dans le cadre d'un mandat du canton de Vaud, des pièges-photographiques ont été placés au Sud du bloc A, dans une région adjacente comprise entre le *Pays d'Enhaut*, *Aigle* et *Vevey* (bloc B ; voir Fig. 1 de l'annexe technique : description détaillée des méthodes). Les données issues du bloc B ont été combinées et analysées avec celles du bloc A pour estimer l'abondance du lynx pour l'aire d'étude dans son entier. Par souci de comparabilité avec les résultats des années précédentes les analyses ont été maintenues dans les aires de référence originelles (aire de référence, bloc A, blocs A et B combinés) jusqu'à présent. Dorénavant et dès cet hiver une aire d'échantillonnage a été établie selon les mêmes principes que dans les autres compartiments afin de faciliter et simplifier les comparaisons d'une année à l'autre et entre les compartiments (voir description détaillée des méthodes). Le nombre de pièges-photos ainsi que leur distribution spatiale au sein de l'aire d'échantillonnage étendue au canton de Vaud ont été standardisés par la même (Fig. 1).

Le présent rapport présente les résultats de la session intensive avec les pièges-photographiques dans le C-VI durant l'hiver 2009/10. Dorénavant et dès cet hiver l'abondance et la densité de lynx ne sera plus qu'estimée et donnée pour la zone d'échantillonnage nouvellement définie. Afin de pouvoir comparer la densité de lynx calculée pour l'hiver 2009/10 avec celles des sessions précédentes, il faut ajuster les chiffres des sessions antérieures à la nouvelle aire d'échantillonnage au moyen d'un processus de calibration (voir annexe technique).

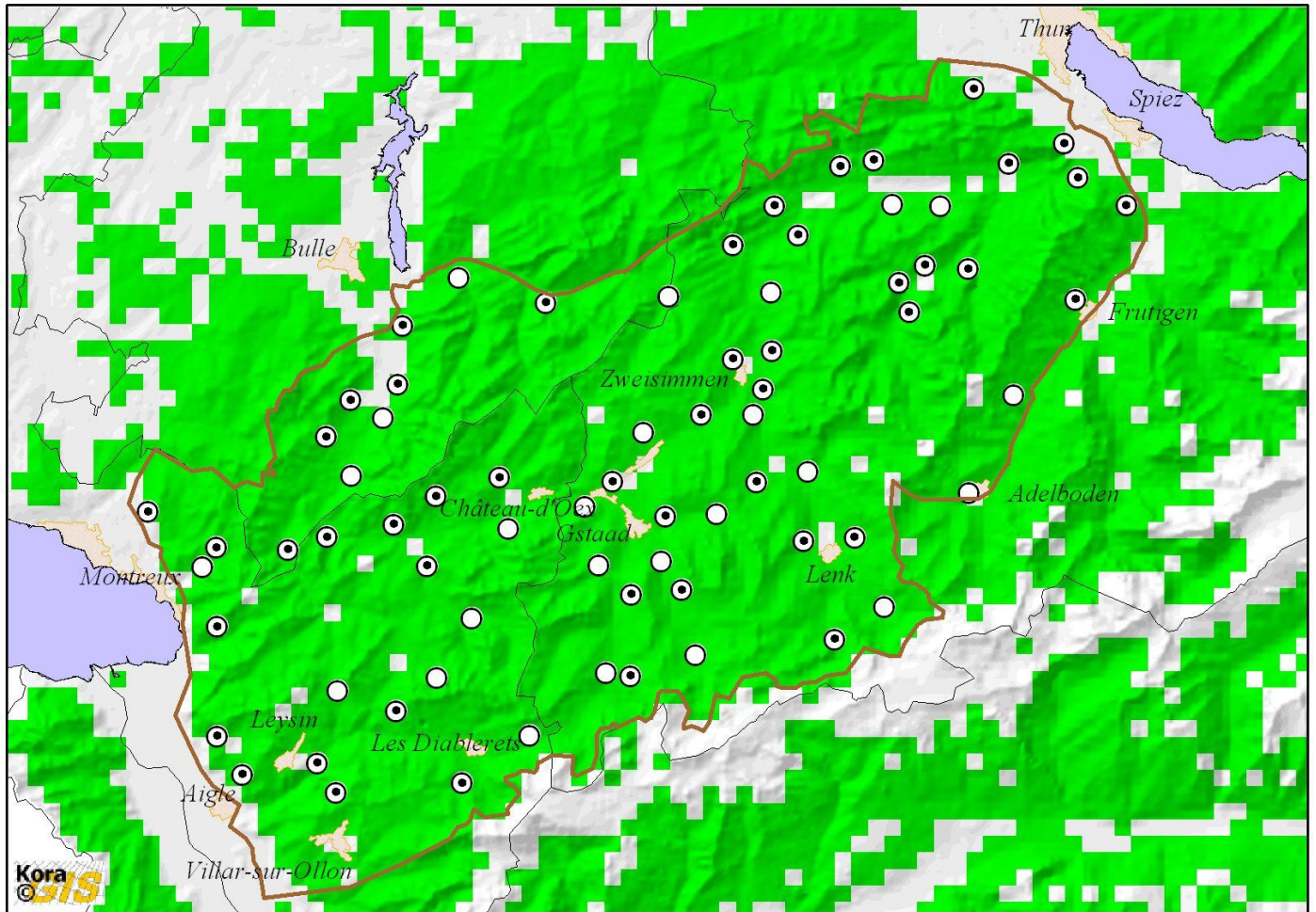


Fig. 1. Emplacement de la zone d'échantillonnage étendue au canton de Vaud de 1601 km² (polygone brun) dans le Nord-Ouest des Alpes. Les cercles indiquent les sites avec au moins une image (⊙) et sans (○) image de lynx. En vert l'habitat favorable pour le lynx défini par un modèle d'habitat (Zimmermann 2004). Les lignes noires fines délimitent les frontières cantonales.

2. Zone d'échantillonnage

La zone d'échantillonnage de 1601 km² (polygone brun Fig. 1) comprend le *Simmental*, le *Diemtigtal*, le *Saanenland*, la *Haute Gruyère* et la *Vallée de Jaun* et les *Préalpes vaudoises* à l'exception de la région située entre *Les Diablerets*, *Les Dents de Morcle* et *Bex*. Elle est délimitée par *Gryon*, *Les Diablerets*, le *Wildhorn* et le *Wildstrubel*, les vallées d' *Engstligen* et *Frutigen* au Sud-Est, la *Kander*, *Amsoldingen*, *Pohlern* au Nord-Est, la chaîne du *Stockhorn*, la vallée du *Jaun*, *Gruyères*, *Le Moléson*, *La Dent de Lys*, *La Veveyse* le long de la frontière cantonale et l'autoroute *A12* au Nord-Ouest, *St. Légier*, *Villeneuve*, la vallée du *Rhône* jusqu'à *Bex* au Sud-Ouest.

3. Matériel et méthode

Septante-trois sites choisis avec les surveillants de la faune (BE 43, VD 20 et FR 10, Fig. 1) ont été échantillonnés durant 60 nuits – du 27 novembre 2009 au 26 janvier 2010 dans le bloc A et du 28 janvier au

29 mars 2010 dans le bloc B – à l'aide de pièges-photographiques. Deux appareils photographiques ont été placés vis-à-vis, de chaque côté d'un chemin ou d'une route forestière, de sorte à photographier au moins une fois les deux flancs de chaque lynx.

Les lynx juvéniles qui d'après leur âge devraient encore accompagner leur mère sont bien identifiés mais comptés comme capture de la femelle résidente (leur mère) dans le calendrier de capture. L'estimation de la taille de la population correspond donc au nombre de lynx âgés de plus d'un an (lynx indépendants), c'est-à-dire les lynx résidents et subadultes en dispersion (lynx à la recherche de leur propre territoire). La densité des lynx indépendants a été calculée en divisant l'estimation de l'abondance par l'aire échantillonnée (\hat{A}). Dans notre cas nous avons considéré deux aires d'échantillonnage : (i) la zone d'échantillonnage proprement dite et (ii) la superficie de l'habitat favorable définie à l'aide de modèles d'habitat (Zimmermann 2004), au sein de la zone d'échantillonnage. Le calcul de la densité par unité d'habitat favorable est nécessaire pour pouvoir comparer les effectifs de lynx entre différentes aires d'échantillonnage ou compartiments vu que la part des surfaces non utilisées par le lynx tels que les fonds de vallées densément peuplés et les zones de haute montagne varient d'une région à l'autre.

4. Résultats et discussion

Des pièges-photographiques ont été placés sur 73 sites durant 60 nuits de manière simultanée, ce qui équivaut à une durée d'échantillonnage potentielle de 4380 nuits de captures. Des raisons techniques, des erreurs de programmation et des appareils enneigés ont ramené l'effort d'échantillonnage potentiel de 4380 à 4273 nuits-pièges effectives, soit 97,6% du potentiel. Cette valeur se trouve à la limite supérieure des valeurs observées dans d'autres études avec les pièges-photos où nous avons des valeurs comprises entre 84,2% (Jura Nord, hiver 2006/07) et 97,9% (aire de référence du Nord-Ouest des Alpes, hiver 2009/10).

4.1. Nombre minimum de lynx

Dans l'ensemble de l'aire d'échantillonnage de 1601 km², 134 détections de lynx ont été réalisées sur des passages au cours des deux mois d'échantillonnage correspondant à 32 lynx indépendants et sept juvéniles (provenant de cinq portées différentes; Tab. 1). Pour deux de ces détections, l'identification de l'individu n'était pas possible car seule une petite partie du lynx était visible sur la photographie. Un lynx supplémentaire R111 a été photographié avant le début de la session intensive avec les pièges-photos et n'est pas entré dans les calculs de l'estimation de l'abondance au moyen de la méthode de capture-recapture photographique. Des lynx ont été détectés à 48 sites sur 73 soit 65,8% des sites (Fig. 1).

Tab. 1. Lynx détectés sur des passages dans la zone d'échantillonnage de 1601 km² durant l'hiver 2009/10. En gras figurent les lynx qui ont été détectés pour la première fois.

| Lynx | Nombre de détections | Canton(s) | Connu depuis |
|-----------------------------|----------------------|-----------|--------------|
| MILA (+2 juv.) ^a | 6 | BE | 1997 |
| NERO | 3 | BE | 1998 |
| B58 | 4 | BE | 2002 |
| B53 (+ 1 juv.) | 5 | BE | 2003 |
| B79 | 3 | VD | 2003 |
| B61 (+1 juv.) | 4 | BE | 2004 |
| B101 | 2 | BE | 2005 |
| B103 | 7 | BE | 2005 |
| B107 | 3 | VD, FR | 2005 |
| B94 | 5 | VD, FR | 2006 |
| B106 (+2 juv.) | 7 | BE | 2006 |
| B109 | 8 | BE | 2006 |
| B129 ^b | 3 | BE | 2007 |
| B139 | 11 | BE | 2007 |
| B141 | 1 | VD | 2007 |
| B143 | 1 | FR | 2007 |
| B144 | 10 | VD | 2007 |
| B177 ^c | 6 | VD | 2008 |
| B178 ^d | 2 | VD | 2008 |
| R111^e | 1 | FR | 25.11.2009 |
| B179 | 5 | BE | 25.11.2009 |
| B180 | 1 | BE | 12.12.2009 |
| B181 | 2 | VD | 26.12.2009 |
| B183 | 3 | FR | 11.12.2009 |
| B184 | 1 | FR | 10.12.2009 |
| B182 | 4 | FR, VD | 17.11.2009 |
| B185 | 2 | VD | 7.01.2010 |
| B186 | 7 | VD | 13.01.2010 |
| B187 | 4 | VD | 18.02.2010 |
| B188 | 1 | VD | 27.02.2010 |
| B189 (+1 juv.) | 3 | VD | 7.03.2010 |
| B190 | 6 | VD | 5.02.2010 |
| B208 | 2 | VD | 26.01.2010 |

a) à cause de leur fort taux de disparition (mortalité et dispersion) les individus juvéniles sont identifiés mais considérés comme une capture de leur mère lors de la construction du calendrier de capture (Zimmermann *et al.* 2007); (b) B129 est un jeune de MILA né en 2007; (c) B177 était connu sous les noms de L99 et R94, car les flancs droite et gauche n'avaient pas été photographiés simultanément jusque là; (d) B178 est un jeune de la MILA né en 2008; (e) R111 a été photographié avant le début de la session intensive.

Les sites positifs sont distribués sur l'ensemble de la zone d'étude à l'exception de la zone située entre *Gstaad*, *Château-d'Oex*, le *Mont d'Or*, le *Col du Pillon* et *Gsteig* où aucun lynx n'a été détecté.

Le nombre de captures a été ramené à 108 par le groupement des détections par pentades (période de cinq nuits consécutives; Fig. 2). Si un lynx est photographié à plusieurs reprises par pentade il compte comme une seule capture. Le nombre de lynx capturés se stabilise à 32 individus à la 9^{ième} pentades (Fig. 2). Le nombre de captures cumulées augmente avec le nombre de pentades.

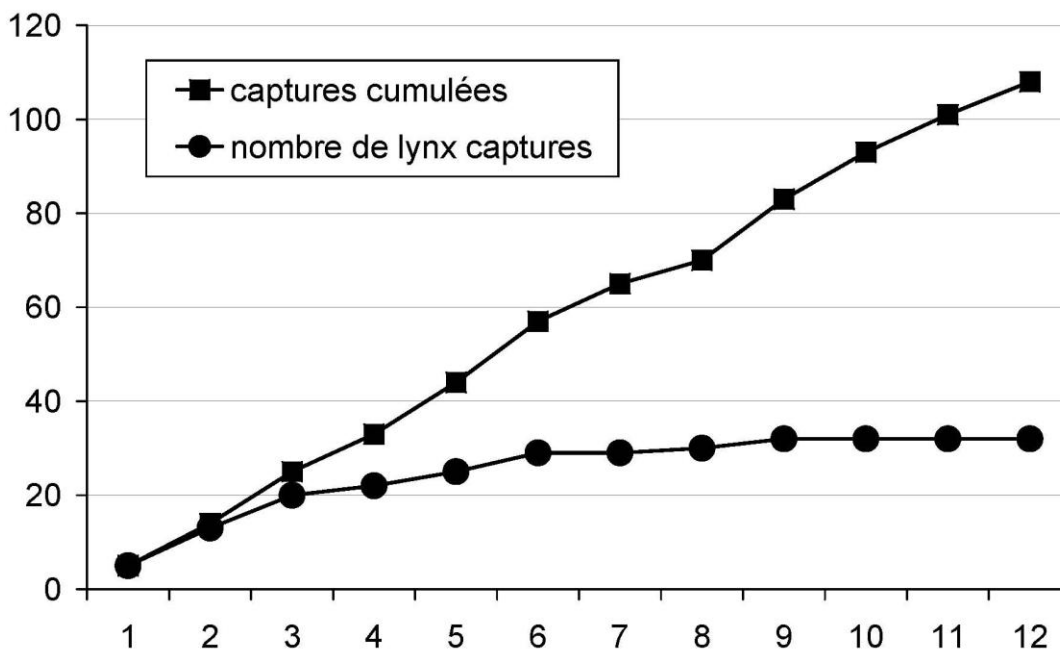


Fig. 2. Nombre de détections de lynx cumulées et nombre total d'individus différents détectés au cours des 12 pentades de capture dans la zone d'échantillonnage de 1601 km² dans le Nord-Ouest des Alpes K-VI.

Des lynx suivis au moyen de la radio-télémetrie à la fin des années 90 seuls MILA (14 ans) et NERO (13 ans) ont été détectés. Sont venus s'y ajouter 17 individus (B58, B53, B79, B61, B101, B103, B107, B94, B106, B109, B129, B139, B141, B143, B144, B177 et B178) déjà connus de sessions (extensives ou intensives) précédentes et 14 nouveaux individus (R111, B179, B180, B181, B183, B184, B182, B185, B186, B187, B188, B189, B190 et B208; Tab. 1; Fig. 3).

Nous avons à nouveau pu documenter deux dispersions lors de cette session. B129 une femelle née en 2007, fille de la femelle MILA a dispersé de la *Lenk* à *Zweisimmen* et a probablement établi un territoire adjacent à celui de sa mère MILA (Fig. 3). B178 également un jeune de la femelle MILA né en 2008 a dispersé de la *Lenk* vers les hauts de *Montreux*.

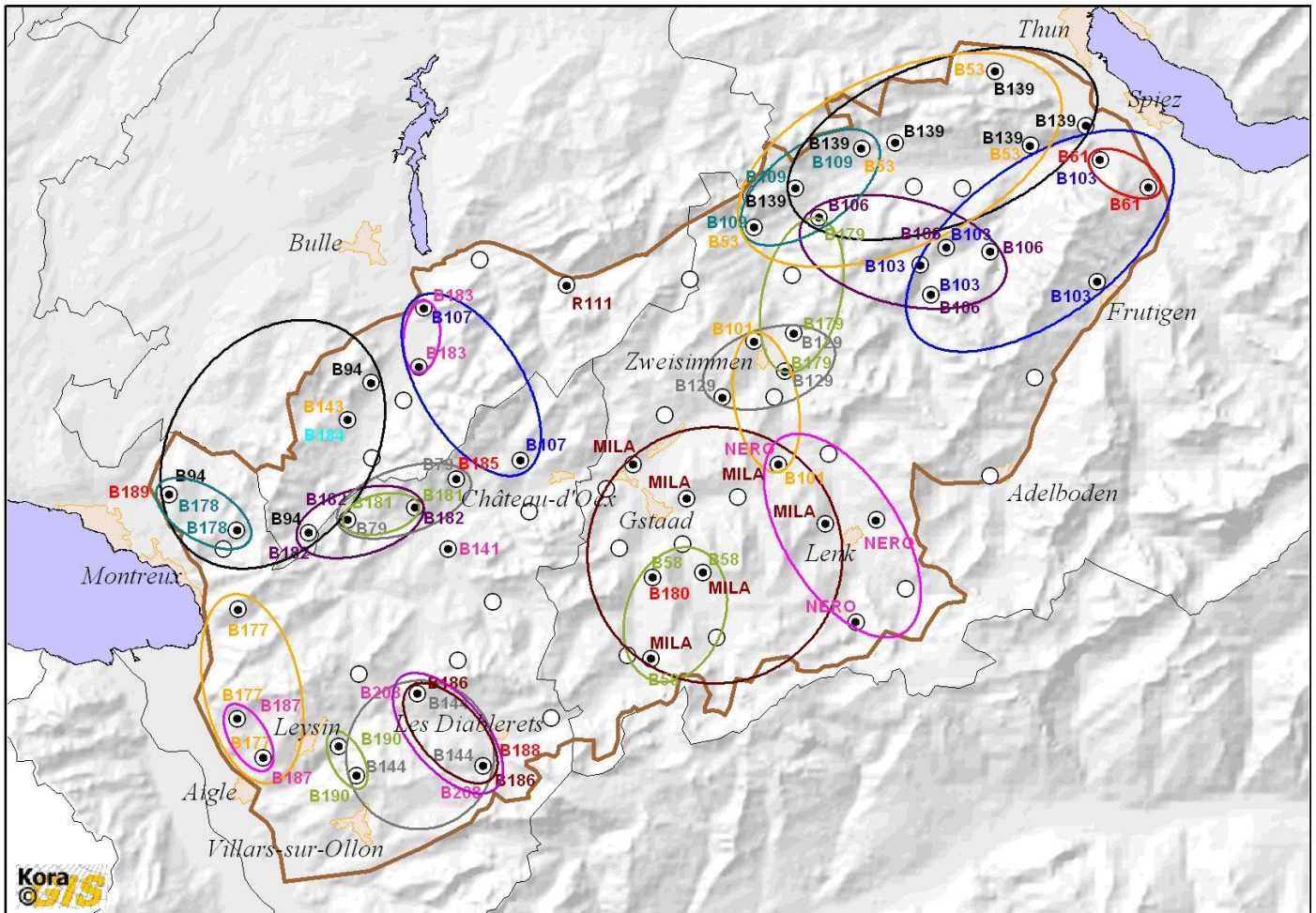


Fig. 3. Sites d'échantillonnage avec les dénominations des lynx qui ont été photographiés lors de la session intensive. Les cercles indiquent les sites avec au moins une image (⊙) et sans (○) image de lynx. Aire d'échantillonnage étendue au canton de Vaud = ligne brune. Chaque ellipse de couleur englobe les sites où un même individu a été photographié. Les traits noirs fins représentent les limites cantonales.

4.2. Estimation de l'abondance

Sous le modèle M_{th} , qui permet des probabilités de capture individuelles hétérogènes, la probabilité de capture moyenne individuelle par pentade était de 0,26. L'estimation de l'abondance par capture-recapture était de $34 \pm 3,4$ lynx indépendants dans la zone d'échantillonnage de 1601 km^2 . Ainsi 97% des lynx estimé ont effectivement été photographiés. La présence de R111 dans la zone d'échantillonnage est prise en compte par l'estimation et l'erreur statistique.

4.3. Estimation de la densité

Dans la zone d'échantillonnage, la densité était de $2,12 \pm 0,21$ lynx indépendants pour 100 km^2 . La densité dans l'habitat favorable (1510 km^2) au sein de la zone d'échantillonnage défini par un modèle d'habitat (Zimmermann 2004 ; Fig. 1) était de $2,25 \pm 0,23$ lynx indépendants pour 100 km^2 d'habitat favorable.

4.4. Evolution de la densité

La densité au sein de l'aire d'échantillonnage définie dès l'hiver 2009/10 est de $2,12 \pm 0,21$ lynx indépendants pour 100 km^2 et a augmenté par rapport à l'hiver 2007/08 où elle était de $1,70 \pm 0,15$ (Fig. 4). Elle est plus grande que celle mesurée le même hiver dans l'aire de référence du Nord-Ouest des Alpes ($1,87 \pm 0,22$).

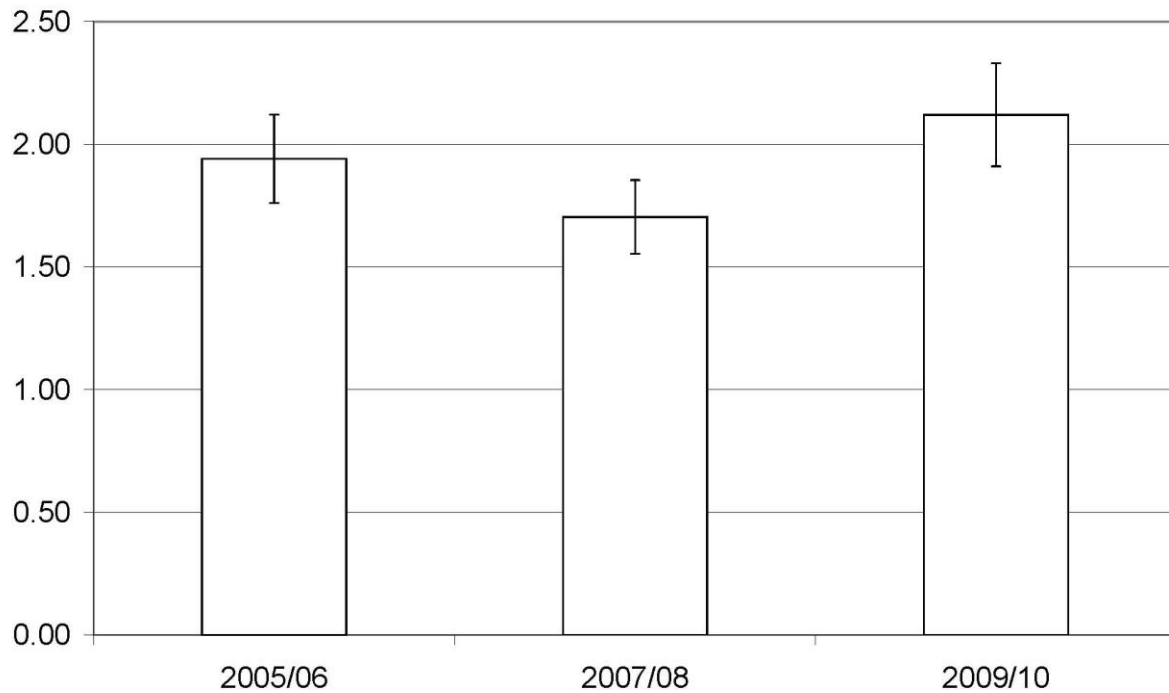


Fig. 4. Evolution des densités de lynx dans l'aire d'échantillonnage de 1601 km^2 (histogramme avec écart type) du Nord-Ouest des Alpes. La densité a augmenté par rapport aux valeurs obtenues lors de l'hiver 2007/08.

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.
- 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– 6.
- Zimmermann, F. 2004. Conservation of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in a fragmented landscape – habitat models, dispersal, and potential distribution. PhD Thesis, Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne, Switzerland.
- Zimmermann, F., J. Fattebert, Ch. Breitenmoser-Würsten, and U. Breitenmoser. 2007. Abundanz und Dichte der Luchse: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im nördlichen Schweizer Jura. KORA-Bericht **37d**: 1–22.
- Zimmermann, F., J. Fattebert, S. Caviezel, Ch. Breitenmoser-Würsten und U. Breitenmoser. 2008. Abundanz und Dichte des Luchses in den Nordwestalpen: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im K-VI im Winter 2007/08.
- 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., 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.

Annexe technique –description détaillée des méthodes

Aire échantillonnée

Une question souvent discutée concerne le choix correct de l'aire d'échantillonnage pour le calcul de la densité (nombre d'individus par unité de surface; chez le lynx la plupart du temps 100 km²).

Méthode de la zone tampon. La méthode de la zone tampon décrite dans la littérature scientifique est l'une des plus communément utilisée pour l'estimation de la densité de populations animales territoriales. Cette méthode tient compte du fait que les sites des pièges-photos placés en périphérie de la zone d'étude (ceux situés au bord du polygone convexe, Fig. 1) ne correspondent pas forcément aux limites des territoires des individus de la population vivants au bord de la zone d'étude – une partie du territoire de ces derniers pouvant très bien se trouver en dehors 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 au moins deux sites différents (Karanth & Nichols 1998). La moyenne de ces distances représente le diamètre moyen d'un territoire individuel et la zone tampon de ce fait au rayon ou, en d'autres termes, à l'extension probable des domaines vitaux des lynx au-delà de la zone échantillonnée. L'utilisation de la méthode de la zone tampon dans un paysage fortement structuré par de hautes chaînes de montagnes et des vallées densément peuplées est moins appropriée que dans un paysage et un habitat uniforme, car dans notre cas elle inclut très souvent des régions séparées par des barrières infranchissables. De plus les déplacements des lynx et par la même les distances maximales entre les sites où un même individu a été photographié – spécialement à la fin de l'hiver – ne sont pas seulement fixées par la taille du territoire mais également par le rut durant lequel certains individus effectuent des excursions en dehors de leur territoire. Ceci influence la taille de la zone tampon et peut donner lieu à de fortes variations d'une session à l'autre, d'autant plus que le calcul de la distance maximale repose sur un petit nombre de lynx. La période de rut peut cependant aussi conduire à une surestimation de la densité lorsque des lynx résidents vivants en dehors de la zone d'étude font des excursions dans la zone d'échantillonnage durant la session.

Aire d'échantillonnage. Ces dernières années en Suisse nous avons progressivement commencé à délimiter dans chaque compartiment de gestion des grands carnivores une à plusieurs zones de références avec des limites fixes comme aire d'échantillonnage (par ex. dans le Jura Nord ; Zimmermann *et al.* 2007). Les limites de la zone d'échantillonnage ont été choisies de façon à ce qu'elles correspondent aux mieux aux limites probables des domaines vitaux de lynx selon nos connaissances de la structure spatial de l'espèce. Les lynx établissent les limites de leur territoire souvent le long de barrières naturelles et artificielles tels les fonds de vallées densément peuplées ou le long de structures marquantes du relief.

L'aire d'échantillonnage de 1601 km² a été établie dans le compartiment du Nord-Ouest des Alpes (C –VI) dès l'hiver 2009/10. Elle est délimitée par *Gryon*, *Les Diablerets*, le *Wildhorn* et le *Wildstrubel*, les vallées d' *Engstligen* et *Frutigen* au Sud-Est, la *Kander*, *Amsoldingen*, *Pohlern* au Nord-Est, la chaîne du *Stockhorn*, la vallée du *Jaun*, *Gruyères*, le *Moléson*, la *Dent de Lys*, la *Veveyse* le long de la frontière cantonale et l'autoroute A12 au Nord-Ouest, *St. Légier*, *Villeneuve*, la vallée du *Rhône* jusqu'à *Bex* au Sud-Ouest. La limite entre *Les Diablerets*, le *Wildhorn* et le *Wildstrubel* suit la ligne altitudinale de 2200 m (Fig. 1).

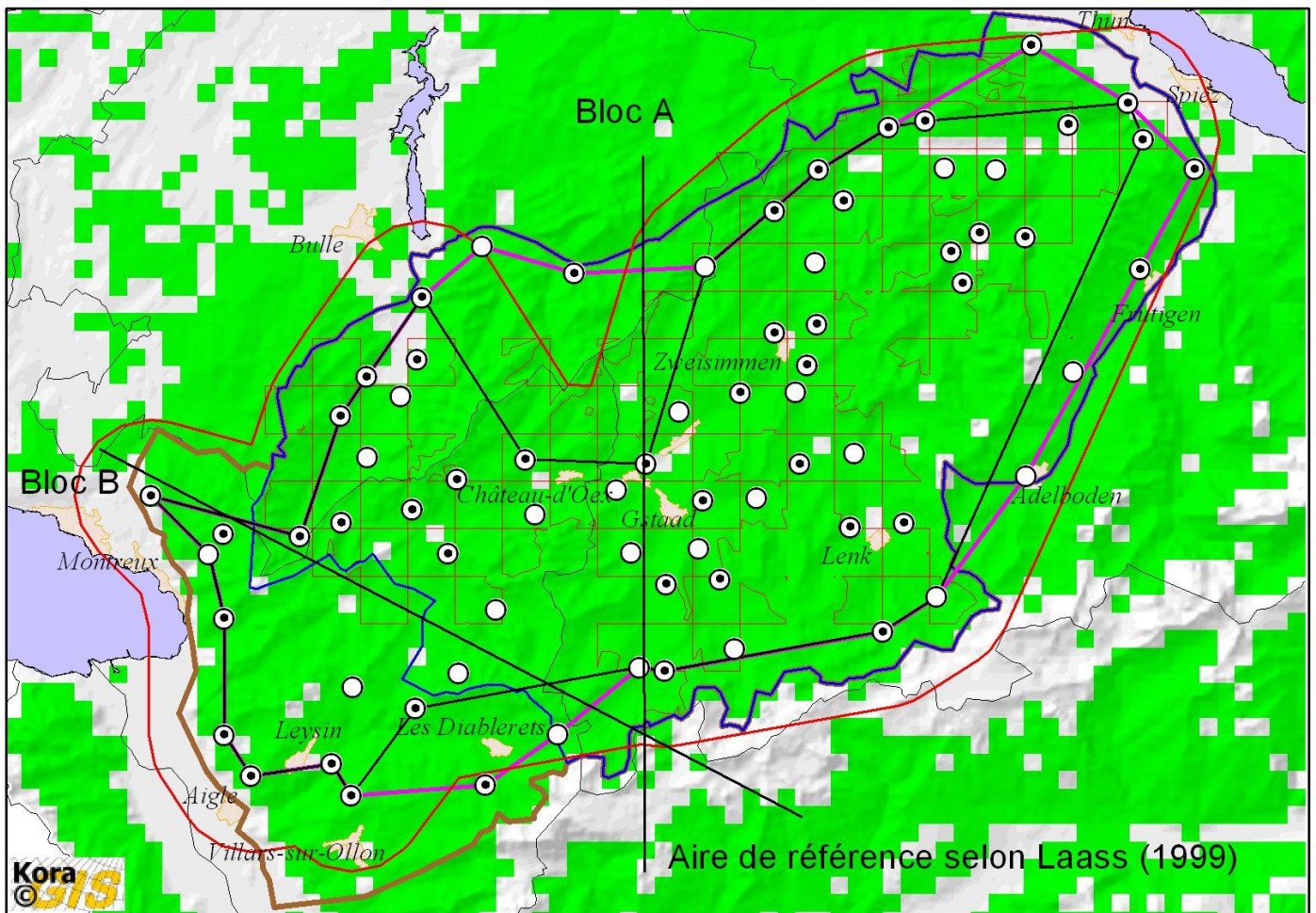


Fig. 1. Emplacement de la zone d'échantillonnage de 1601 km² (polygone brun) dans le Nord-Ouest des Alpes. Les cercles indiquent les sites avec au moins une image (⊙) et sans (●) image de lynx. En vert l'habitat favorable pour le lynx défini par un modèle d'habitat (Zimmermann 2004). Les lignes noires fines indiquent les limites cantonales. La ligne verticale noire délimite à l'Ouest l'aire de référence originelle selon Laass (1999). L'extension dans le *Pays d'Enhaut* et la *Haute Gruyères* dès l'hiver 2005/06 et l'aire de référence originelle forment le bloc A. La distribution des pièges-photographiques y a été établie à l'aide d'une grille de cellules (traits fins rouge) d'échantillonnage de 2,7 x 2,7 km chacune. La ligne bleue délimite l'aire de référence (1281 km²) nouvellement définie dans le compartiment VI. Des pièges-photos ont ensuite été placés dans le bloc B situé entre le *Pays d'Enhaut*, *Aigle* et *Vevey*. En rouge la zone tampon de 4311 m placée autour de l'aire de 974 km² formée par les blocs A et B (polygone noir). En plus des sites déjà présents dans les blocs A et B (polygone noir), quatre sites supplémentaires ont été placés dans les vallées de *Frutigen* et d'*Engstligen*, un site au-dessus d'*Oberstocken*, deux dans la vallée de *Jaun*, un au *Mont d'Or*, un au *Lac Lioson*, un en dessous du *Col de la Croix* et un au *Col du Pillon*. Le polygone rose comprend tous les 73 sites de la nouvelle aire d'échantillonnage.

Elle comprend les 53 sites initiaux du bloc A et les neuf sites du bloc B. La distribution des pièges-photographiques dans le bloc A a été établie à l'aide d'une grille de cellules d'échantillonnage de 2,7 x 2,7 km chacune. Seules les cellules avec moins de 2/3 de leur superficie au-dessus de 1800 m ont été munies d'un site potentiel (Laass 1999), car la probabilité de détecter photographiquement un lynx est très faible à cette altitude. Un site optimal a été choisi dans chaque deuxième cellule. Si pour une raison ou une autre (accessibilité, danger d'avalanche, passage peu propice) il n'était pas possible de trouver un site favorable, le site était placé à l'endroit le plus favorable dans l'une des cellules adjacentes. Les neuf pièges-photographiques du bloc B ont été placés à des endroits optimaux mais non pas été échantillonnés selon les mailles d'un grille. Des pièges-photographiques supplémentaires ont été placés à des sites favorables en dehors des blocs A et B de façon à ce que la densité des pièges-photographique soit comparable à celles observée dans d'autres aires d'échantillonnage. Ainsi quatre sites supplémentaires ont été placés dans les vallées de *Frutigen* et d'*Engstligen*, un site au-dessus d'*Oberstocken*, deux dans la vallée de *Jaun*, un au *Mont d'Or*, au *Lac Lioson*, en dessous du *Col de la Croix* et au *Col du Pillon*. La nouvelle aire d'échantillonnage définie dans le compartiment C-VI comprend ainsi 73 sites sur une superficie de 1601 km² ou un site pour 22 km².

Habitat favorable. Les zones densément peuplées, les zones d'agriculture intensive, les lacs et les grands cours d'eau ainsi que la zone alpine et nivale ne sont jamais ou rarement visitées par le lynx (Zimmermann 2004; Zimmermann & Breitenmoser 2002). La proportion des superficies non favorable pour le lynx est cependant différente d'un compartiment à l'autre et notamment dans celui du Jura – où les zones alpines manquent – autre que dans ceux des Alpes. La densité absolue n'est pas idéale si l'on veut comparer la densité entre zones de référence. C'est pourquoi nous avons aussi calculé la densité par unité d'habitat favorable défini par un model d'habitat d'après Zimmermann (2004) pour la Suisse. Les modèles d'habitat calibrés avec plus de 1000 localisations issues de la radio-télémetrie montrent que le lynx sélectionne avant tout la forêt, la végétation buissonnante mais aussi des zones plus ouvertes (par ex. des prairies et des pâturages) à proximité de la forêt.

Processus de calibration des densités

Afin de pouvoir comparer la densité de lynx calculée pour l'hiver 2009/10 avec celles des sessions précédentes, il faut convertir les chiffres des sessions antérieures (hivers 2005/06 et 2007/08 ; blocs a et b combinés) à la nouvelle aire d'échantillonnage au moyen d'un processus de calibration. Il est nécessaire de passer par la densité pour effectuer la calibration car la surface échantillonnée et le nombre de sites munis de pièges-photographiques ont changé. Même en passant par la densité, il faut veiller à utiliser le plus petit

commun dénominateur (une unité qui si possible reste invariante). Vu que tous les sites des anciens blocs A et B combinés (polygone noir de la Fig. 1) sont compris dans l'aire échantillonnée nouvellement définie (polygone brun de la Fig. 1) et non vis et versa, la calibration ne peut se faire qu'avec les données issues de la session de l'hiver 2009/10. Deux procédés différents ont ensuite été choisis :

Procédé 1 : pour les sessions antérieures (2005/06 et 2007/08), la densité dans l'aire d'échantillonnage nouvellement définie a été calculée de sorte à ce qu'elle soit proportionnelle à la densité au sein du polygone plus la zone tampon (ligne rouge dans la Fig. 1). Le facteur de proportionnalité de 1,2 a été obtenu de la manière suivante : $[(34/1601 \text{ km}^2)/(31/1766 \text{ km}^2)]$.

Procédé 2 : conversion sur la base de l'habitat favorable (selon le modèle de Zimmermann 2004) dans le polygone qui comprend tous les sites des anciens blocs A et B (polygone noir de la Fig. 1) et dans celui qui englobe tous les sites de la nouvelle aire d'échantillonnage (polygone rose de la Fig. 1). Le facteur de conversion est de 0,85 et a été obtenu de la façon suivante : $[(34/1203 \text{ km}^2)/(31/933 \text{ km}^2)]$.

De plus nous avons calculé trois grandeurs de densité (nombre de lynx indépendant pour 100 km²): la densité au sein du polygone plus la zone tampon comme lors des sessions antérieures (ligne rouge; Fig. 1) d'après Karanth & Nichols (1998); celle au sein de l'habitat favorable dans le polygone qui englobe tous les sites des blocs A et B combinés (polygone noir; Fig. 1) et celle au sien de l'habitat favorable dans le polygone qui englobe tous les sites de la nouvelle aire d'échantillonnage (polygone rose; Fig. 1). Les valeurs utilisées pour la calibration et les résultats des sessions précédentes figurent dans le Tableau 1.

Tab. 1. Densités [ind./100 km²] pour les hivers 2005/06 et 2007/08 ajustées à la nouvelle aire d'échantillonnage au moyen d'un processus de calibration de sorte à ce qu'elles puissent être comparée avec la densité estimée pour l'hiver 2009/10. Les densités calibrées selon les procédés 1 et 2 (voir texte) sont en gras et italique.

| Hiver | Procédé 1 | | | Procédé 2 | |
|----------------------|------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| | Bloc AB avec tampon (1766 km ²) | | Aire échantillonnée (1601 km ²) | Bloc AB habitat favorable (933 km ²) | Aire échantillonnée (1601 km ²) |
| | Densité | Tampon [m] | | | |
| 2009/10 | 1,76 | 4311 | 2,12 | 3,32 | 2,12 |
| 2007/08 ^a | 1,31 | 5000 | <i>1,58</i> | 2,66 | <i>1,70</i> |
| 2005/06 | 1,44 | 5270 | <i>1,73</i> | 3,03 | <i>1,94</i> |

(a) la densité a été recalculée pour l'hiver 2007/08 car un flanc gauche (L99) et un flanc droit (R94) qui n'avaient pas été photographiés de manière simultanée ont été malencontreusement comptabilisés comme capture de deux individus différents dans le calendrier de capture. Les photographies simultanées des deux flancs de cet individu lors de cette session ont montré qu'il s'agissait en fait d'un seul et même individu.

Finalement nous avons converti les chiffres des sessions antérieures (2005/06 et 2007/08) à la nouvelle aire d'échantillonnage (valeur en gras et italique dans le Tableau 1). L'ajustement des anciennes densités à la nouvelle aire d'échantillonnage est seulement une approximation. Ce processus de conversion ne peut pas être appliqué pour estimer les écarts types qui n'obéissent pas forcément à des règles de proportionnalité. Ainsi les écarts types ont été repris tels quels des valeurs de densités calculées lors des hivers précédents. Pour la représentation finale de l'évolution des densités dans ce rapport nous nous sommes reportés sur la densité calculée selon le dernier procédé car elle a l'avantage d'annuler l'effet de la variation aléatoire de la zone tampon sur la densité.

Littérature

- Karant, K. U., and J. D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* **79**: 85 – 86 .
- Laass, J. 1999. Evaluation von Photofallen für ein quantitatives Monitoring einer Luchspopulation in den Schweizer Alpen. Universität Wien, Wien.
- Zimmermann, F. 2004. Conservation of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in a fragmented landscape – habitat models, dispersal, and potential distribution. PhD Thesis, Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne, Switzerland.
- Zimmermann, F., and U. Breitenmoser. 2002. A distribution model for the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the Jura Mountains, Switzerland. Pages 653-660 in J. M. Scott, P. J. Heglund, F. Samson, J. Haufler, M. Morrison, M. Raphael, and B. Wal, editors. Predicting species occurrences: Issue of accuracy and scale. Island Press, Covelo.
- Zimmermann, F., J. Fattebert, Ch. Breitenmoser-Würsten, and U. Breitenmoser. 2007. Abundanz und Dichte der Luchse: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im nördlichen Schweizer Jura. KORA-Bericht **37d**: 1–22.