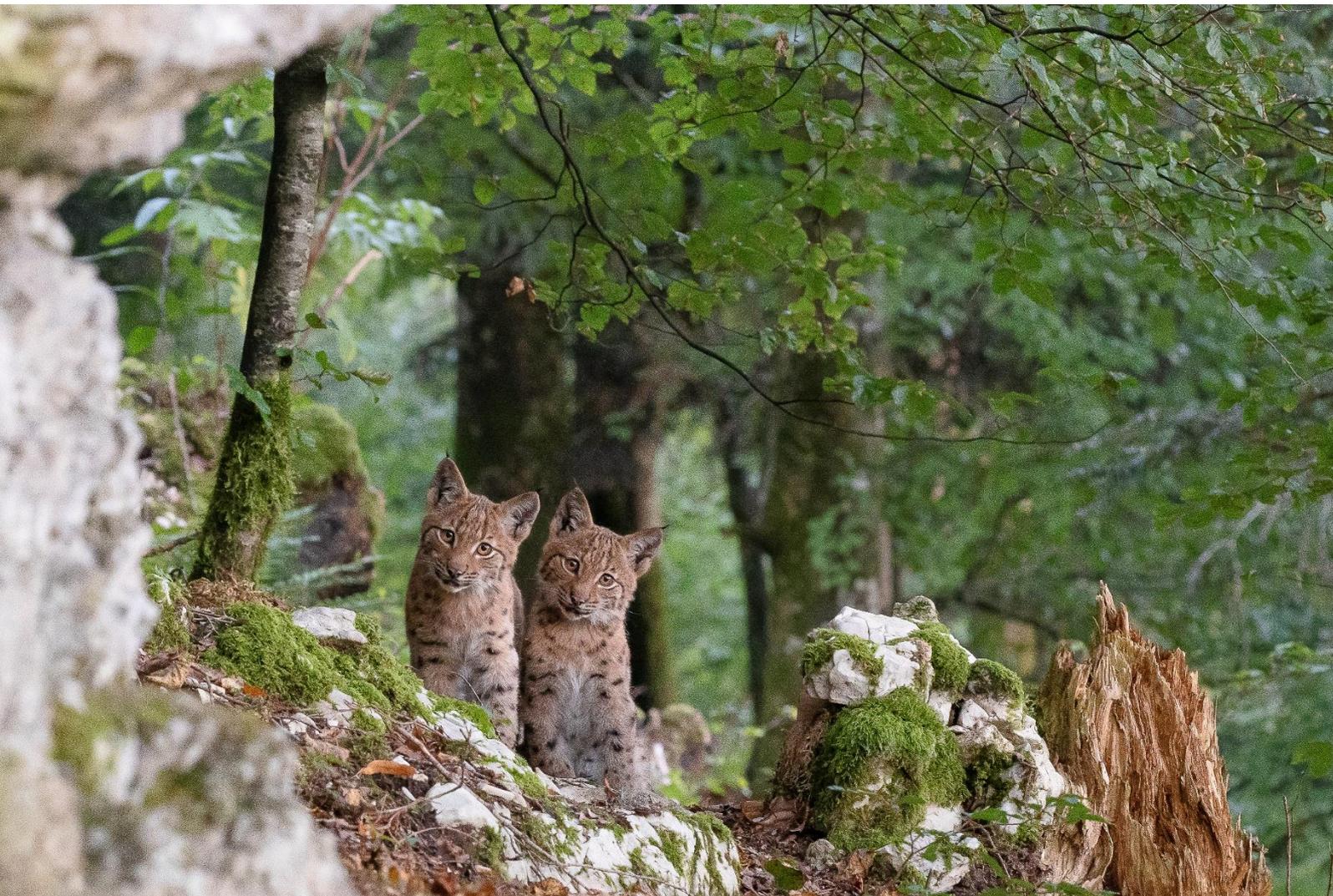




# Coopération transnationale pour le suivi génétique des populations transfrontalières de Lynx boréal en France, Allemagne et Suisse :

## Bilan des connaissances et perspectives d'avenir





## PREPARATION DU DOCUMENT

---

**Auteure :** Rebecca Burlaud (SFEPM)

**Suivi pour**

- **la SFEPM :** Marine Drouilly

- **le WWF France :** Béatrice Jouenne et Jean-Christophe Poupet

**Publication :** Février 2022

## CITATION

---

BURLAUD R. (2022). Coopération transnationale pour le suivi génétique des populations transfrontalière de Lynx boréal en France, Allemagne et Suisse : Bilan des connaissances et perspectives d'avenir. Société française pour l'étude et la protection des mammifères / WWF France, Paris, 20pp.

## CONTACTS

---

### SFEPM

19, allée René Ménard

18000 Bourges

+ 33 (0)2 48 70 40 03

[www.sfepm.org](http://www.sfepm.org)

[contact@sfepm.org](mailto:contact@sfepm.org)

**Illustrations:** Lynx boréal par Fabien Gréban (couverture) et Laurent Geslin (remerciements).





## Contexte

### Les grands carnivores en Europe

Les grands carnivores sont largement répandus mais restent relativement rares, sont présents à faibles densités, et occupent de vastes domaines vitaux en raison de leur position au sommet de la chaîne alimentaire. Ces espèces sont en général emblématiques et renvoient à la pensée des grands espaces sauvages. Ils sont donc admirés mais sont aussi, paradoxalement, le groupe d'espèces pour lequel la conservation à long terme est la plus complexe (Ripple *et al.* 2014). Leurs populations ainsi que leurs aires de présence ont massivement décliné au cours des deux derniers siècles. En Europe, par exemple, l'Ours brun (*Ursos arctos*), le Loup gris (*Canis lupus*) et le Lynx boréal (*Lynx lynx*) (ci-après, Lynx) étaient répandus sur tout le continent jusqu'au 18<sup>e</sup> siècle, après quoi ils ont manqué de disparaître. En Europe occidentale, centrale et septentrionale en particulier, ces espèces affichaient les plus petites tailles de population et aires de répartition en raison de leur persécution directe, de la raréfaction de leurs proies et de la fragmentation de leur habitat au 19<sup>e</sup> siècle et pendant la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle (Boitani & Linnell 2015). Depuis lors, l'existence de législations nationales et européennes a changé l'opinion publique envers la conservation de la faune sauvage ; les plans de chasse ont permis aux herbivores sauvages de recoloniser les paysages et les politiques de gestion forestière ont contribué à augmenter à nouveau le couvert forestier. Ces actions positives ont alors créé un contexte écologique et réglementaire favorable qui a conduit à la recolonisation naturelle des grands carnivores dans de nombreuses régions d'Europe (Boitani & Linnell 2015). De plus, les préoccupations croissantes concernant l'état de conservation de ces espèces ont conduit à plusieurs programmes de réintroduction. Par exemple, sous l'égide d'un « Lynx International Group » informel, de telles opérations ont été menées dans les années 1970, au cours desquelles plusieurs lynx des Carpates en Slovaquie ont été relâchés dans les Alpes et dans les massifs voisins de Suisse, Slovénie, Italie, Autriche et France (Breitenmoser-Würsten & Obexer-Ruff 2003, Herrenschmidt 1990).

### Statuts de conservation du Lynx boréal, menaces, et nécessité d'une coopération transnationale

Grâce à l'ensemble des efforts de conservation, le félin est désormais largement répandu sur tout le continent. Cependant, malgré les réintroductions et l'expansion naturelle de l'espèce, l'état de conservation du Lynx reste défavorable et les gestionnaires doivent faire face à de nouveaux défis pour assurer la préservation du félin sur le long terme (von Arx *et al.* 2021).

Les menaces qui pèsent sur les populations de lynx en Europe sont similaires à celles auxquelles doivent faire face l'Ours brun et le Loup gris : perte et fragmentation de l'habitat dues au développement des infrastructures, faible acceptation sociale en raison de conflits avec les chasseurs et/ou les éleveurs et des conséquences économiques et psychologiques associées, destructions illégales et collisions routières. Cependant, comparé aux ours et aux loups, le Lynx a une faible valence écologique et est ainsi beaucoup plus sensible aux menaces liées à son habitat (Boitani *et al.* 2015). De plus, des caractéristiques écologiques intrinsèques à l'espèce menacent davantage le Lynx, comme sa capacité de dispersion limitée (Schnidrig *et al.* 2016) ou la perte de diversité génétique observée dans les populations réintroduites (Breitenmoser-Würsten & Obexer-Ruff 2003, Mueller *et al.* 2022).

Comme la majorité des populations de lynx en Europe sont transfrontalières (von Arx *et al.* 2021), une stratégie commune pour la conservation à long-terme de l'espèce est essentielle et appelle à une



coopération transnationale. Le [Bonn Lynx Expert Group \(2021\)](#) a récemment formulé des recommandations en ce sens.

En plus de définir une stratégie appropriée pour la conservation du Lynx et de mieux renseigner les décisions de gestion de l'espèce, la coopération transnationale est importante pour l'amélioration de la coexistence entre l'Homme et les grands carnivores, ce qui est au cœur de la mission du projet EU LIFE EuroLargeCarnivores. Plus précisément, l'action B3 porte sur le partage d'expériences et encourage le développement d'un suivi transfrontalier commun des populations. De plus, le projet valorise l'utilisation des sciences participatives et l'implication des différentes parties prenantes afin de contribuer à l'acceptation sociale des grands carnivores.

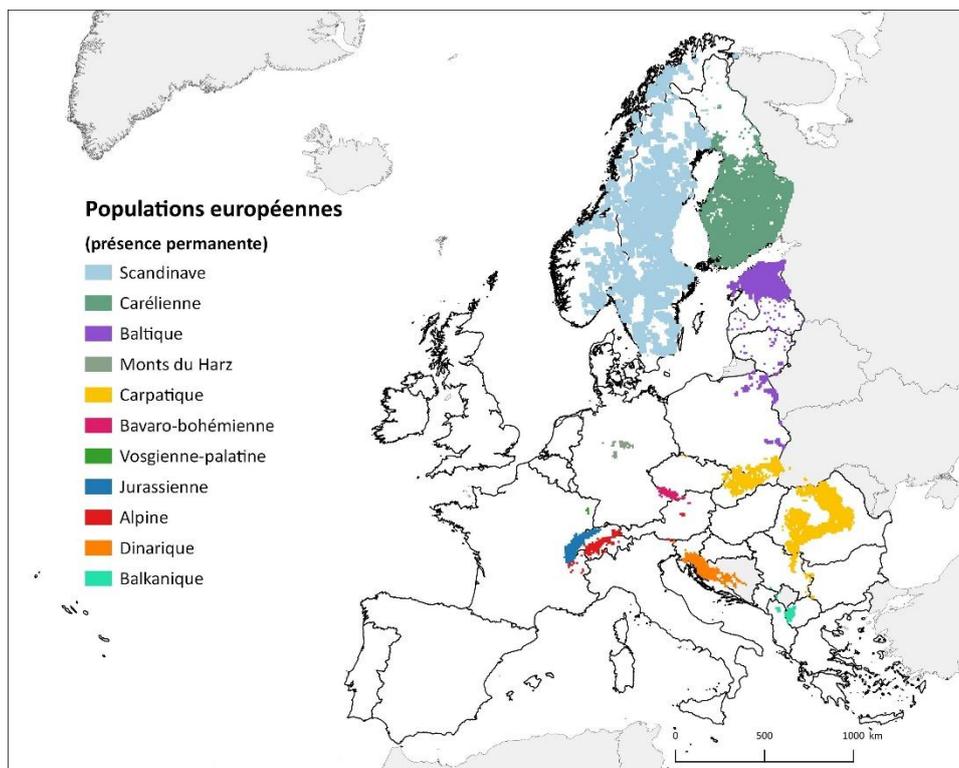
### Le cas de l'Europe de l'Ouest

La France, l'Allemagne et la Suisse partagent trois populations réintroduites de lynx de « l'unité évolutive des Carpates » : les populations Vosgienne-Palatine et Jurassienne appartenant à la « métapopulation du Rhin supérieur », et la population Alpine ([Bonn Lynx Expert Group 2021](#), [von Arx et al. 2021](#)). Le statut génétique de ces populations est préoccupant et appelle à des investigations supplémentaires et à une surveillance transnationale. Les premières étapes de coopération ont été initiées en ce sens ([Drouet-Hoguet et al. 2021](#)). Néanmoins, même si ces dernières sont positives et encourageantes en faveur d'une coopération transnationale sur le suivi génétique des lynx à plus large échelle en Europe, certaines lacunes subsistent. Plus spécifiquement, il y a un manque de connaissances sur l'espèce elle-même à l'échelle européenne, ainsi qu'une méconnaissance des projets en cours et des méthodes utilisées dans les différents pays. Par ailleurs, la coopération transfrontalière nécessite avant tout l'existence préalable d'un suivi bien organisé au niveau national. Les Plans Nationaux d'Action sont de cette manière des outils pour la mise en œuvre des actions de suivi et de conservation dans chaque pays. Pourtant, les institutions en charge montrent *a priori* une faible capacité dans l'exécution et la mise en place des priorités d'action ([Boitani et al. 2015](#)) et une diversité de méthodes sont appliquées, souvent avec un manque de transparence et de communication.

Dans ce contexte, le LIFE EuroLargeCarnivores a soutenu la rédaction de ce rapport pour 1) rappeler les enjeux génétiques liés à la conservation du Lynx, 2) présenter une vue d'ensemble des projets de suivi génétique des populations de lynx en France, en Allemagne et en Suisse, leurs objectifs et les méthodes utilisées, 3) partager les informations entre les parties prenantes concernées et identifier les pistes d'harmonisation des méthodes, 4) identifier les premières bases et perspectives pour un projet transnational de suivi du Lynx boréal en termes génétique, démographique et sanitaire en Europe de l'Ouest.

## Les populations de lynx boréal en Europe de l'Ouest

Le Lynx est le plus grand félin sauvage d'Europe. L'espèce présente une large distribution avec 11 populations dans 23 pays (Figure 1). Le dernier bilan estimait un total de 9 000 – 10 000 lynx présents sur le continent, Russie et Biélorussie mises à part, et la plupart des populations de lynx en Europe sont généralement stables (Breitenmoser *et al.* 2015). Cependant, l'effort de suivi diffère dans la diversité et la qualité des méthodes utilisées d'un pays et d'une région à l'autre et ne permet donc pas d'estimations et de comparaisons fiables entre les populations (Kaczensky *et al.* 2013).



**Figure 1:** Distribution des populations de lynx boréal en Europe (présence permanente 2012-2016).  
Source: Kaczensky *et al.* 2021.

Bien que le Lynx soit listé comme de « préoccupation mineure » sur la liste rouge de l'UICN des espèces menacées à l'échelle européenne (Breitenmoser *et al.* 2015), les statuts de conservation divergent localement et la situation de certaines populations est préoccupante. En Scandinavie et dans les pays baltes, les populations autochtones de lynx ont montré des tendances à la baisse au cours de la dernière décennie, tandis que la population des Balkans a été évaluée comme étant « en danger critique » d'extinction. Quant aux populations réintroduites, elles restent petites et isolées (von Arx 2020) et des menaces majeures (fragmentation de l'habitat, destructions illégales et collisions routières) les exposent à des événements démographiques stochastiques, à la perte génétique et à la consanguinité (Boitani *et al.* 2015, Premier *et al.* 2021). En Europe de l'Ouest\* notamment, toutes les populations sont « en danger » (Alpes, Jura) ou « en danger critique » (Vosges-Palatinat, Harz) (von Arx *et al.* 2021) (Tableau 1). Dans ce contexte, la mise en œuvre d'actions de conservation appropriées et d'un suivi continu est indispensable pour assurer le rétablissement de l'espèce (Boitani *et al.* 2015).

\* Ici, les populations de lynx d'Europe de l'Ouest désignent celles uniquement présentes et/ou transfrontalières en France, en Allemagne et en Suisse.



**Tableau 1:** Situation actuelle et origines des populations de lynx en Europe de l'Ouest. À noter que le succès de ces opérations est difficilement mesurable et que le nombre exact d'individus relâchés n'était pas toujours connu, même dans le cas des réintroductions les mieux documentées. Source: Gatti 2021, von Arx et al. 2021, Charbonnel & Germain 2020, Linnell et al. 2009, Vandel et al. 2006.

Population	Pays de l'aire de répartition et % approximatif de la population partagée	Taille estimée (Nb. individus matures) (2012-2016)	Tendance (2012-2016)	Catégorie de la Liste Rouge UICN (2018)	Opérations de réintroduction, translocation et renforcement	Références
Alpes	Suisse (77%) France (10%) Italie (7%) Autriche (3%) Slovénie (3%)	163	↗	En danger	1970-1976 : relâchers de <b>14</b> lynx sauvages des Carpates de Slovaquie dans les Alpes suisses  2001-2021 (projets "stepping-stone") : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 lynx transférés du NO des Alpes et du Jura vers le NE de la Suisse (projet LUNO 2001-2008)</li> <li>• 5 lynx transférés du NO des Alpes et du Jura vers le Parc National de Kalkalpen en Autriche (2011-2013)</li> <li>• 3 lynx transférés du Jura vers le SE des Alpes en Italie (projet ULyCA 2014)</li> <li>• 5 lynx transférés vers le SE des Alpes en Slovénie (LIFE Lynx 2021)</li> </ul>	Breitenmoser <i>et al.</i> 1998 Breitenmoser & Breitenmoser-Würsten 1990  Molinari <i>et al.</i> 2021
Monts du Harz	Allemagne (100%)	46	↗	En danger critique	2000-2006 ( <a href="#">Harz lynx project</a> ) : relâchers de <b>24</b> lynx captifs en provenance de zoos et de parcs animaliers d'Allemagne et de Suède	Anders & Middelhoff 2021 Mueller <i>et al.</i> 2020
Jura	France (70%) Suisse (30%)	140	↗	En danger	1972-1975 : relâchers de <b>8-10</b> lynx sauvages des Carpates de Slovaquie dans le Jura suisse	Breitenmoser <i>et al.</i> 1998 Breitenmoser & Breitenmoser-Würsten 1990
Vosges-Palatinat	Allemagne (90%) France (10%)	<30 *	↘ *	En danger critique	1983-1993 : relâchers de <b>21</b> lynx sauvages des Carpates de Slovaquie gardés temporairement en zoos, en plus de relâchers illégaux supposés  2015-2021 ( <a href="#">LIFE Luchs Pfälzerwald</a> ) : relâchers de <b>20</b> lynx sauvages de Suisse et de Slovaquie	Vandel <i>et al.</i> 2006  Idelberger <i>et al.</i> 2021

\* L'estimation de la taille de cette population tient compte des réintroductions réalisées dans le cadre du projet LIFE Lynx Palatinat (2016-2020). L'évaluation de la tendance d'évolution de la population date quant à elle de 2012-2016.



## Enjeux génétiques pour la conservation du Lynx boréal

De précédentes recherches ont montré que les populations isolées et de petite taille, pour lesquelles la dispersion des individus est restreinte par les activités humaines (c.-à-d., fragmentation de l'habitat, collisions routières et destructions illégales), présentent un manque de brassage avec d'autres populations et de ce fait une diversité génétique réduite. Ceci est dû à la dérive génétique et à la consanguinité, qui peuvent avoir à leur tour des impacts négatifs sur la valeur adaptative des espèces par fixation d'allèles délétères. Cela affecte les niveaux individuel et populationnel, et donc *in fine* la viabilité et la survie de l'espèce (Keller & Waller 2002, Kruckenhauser *et al.* 2009, Premier *et al.* 2021).

Une faible diversité génétique avec des niveaux réduits d'hétérozygotie et de diversité allélique a été observée dans les populations réintroduites de lynx du Jura et des Alpes, en comparaison avec la population source (Breitenmoser-Würsten & Obexer-Ruff 2003, Mueller *et al.* 2022). Pour cause, les populations réintroduites actuelles sont principalement issues d'un très faible nombre d'individus fondateurs, provenant tous de la même population des Carpates en Slovaquie (*Lynx lynx carpathicus*) (Tableau 1), et certains d'entre eux étaient même étroitement apparentés (Breitenmoser-Würsten & Obexer-Ruff 2003).

Les experts européens du Lynx ont d'ailleurs statué que les populations réintroduites de lynx ne seront pas (génétiquement) viables et nécessitent donc un suivi et une gestion adaptée au niveau génétique à court et à long terme (Bonn Lynx Expert Group 2021).

Même si une réduction de la valeur adaptative due à une faible variation génétique et/ou à la consanguinité n'a pas encore été clairement documentée pour le Lynx sauvage, certaines de ses conséquences (c.-à-d., troubles génétiques, maladies infectieuses, fertilité réduite) ont été montrées chez des individus captifs (Laikre 1999). En Suisse, des virus ont été observés chez des individus sauvages (cas isolés de FIV, FeLV, gale sarcoptique, etc.) mais ne semblent pas significatifs, ni épidémiques à ce jour (rapportés dans SFEPM 2021). Cependant, la corrélation possible entre l'apparition de troubles cardiaques (cardiomyopathie, artériosclérose de l'artère coronaire et souffle cardiaque) chez des lynx sauvages et la perte de diversité génétique est actuellement à l'étude (Ryser-Degiorgis *et al.* 2020 et 2021). Dans la population dinarique par ailleurs, la très faible diversité génétique et la consanguinité constatées auraient eu un impact concomitant avec les niveaux élevés de mortalité d'origine anthropique sur cette population réintroduite et pourraient être responsables du déclin de celle-ci et de son état critique actuel (Sindičić *et al.* 2013 et 2016). Une réduction du taux de natalité avait également été observée (R. Černe comm. pers. cité dans Schnidrig *et al.* 2016).

Dans le sud de la Floride aux États-Unis, la Panthère de Floride (*Puma concolor coryi*) est un exemple clair et inquiétant des conséquences que peuvent avoir de faibles niveaux de diversité génétique accompagnés d'une dépression de consanguinité sur une petite population. À la fin du 20<sup>e</sup> siècle, les chercheurs ont en effet découvert que des individus présentaient un sperme de qualité réduite, de faibles niveaux de testostérone, une faible fécondité, de nombreuses anomalies cardiaques, ainsi qu'une charge parasitaire élevée et la présence de pathogènes responsables de maladies infectieuses, entre autres (Johnson *et al.* 2010). C'est alors en 1995 que des gestionnaires organisent un renforcement génétique via le relâcher de huit femelles Puma du Texas (*Puma concolor stanleyana*) afin d'augmenter la diversité génétique et la taille de la population, et ainsi enrayer les conséquences de la dépression de consanguinité (Johnson *et al.* 2010, van de Kerk *et al.* 2019).

Cependant, l'expérience a montré que la solution du renforcement de population n'est pas toujours un succès. Par exemple, dans le centre de l'Autriche, trois ours avaient été relâchés par le WWF entre 1989 et 1993 (Kruckenhauser *et al.* 2009) ce qui a eu pour effet d'augmenter le succès de reproduction dans la sous population. Cette dernière est néanmoins restée menacée d'extinction. Outre la faible taille de la population, les



individus étaient en fait issus d'un même couple et ne représentaient donc qu'une seule famille, ce qui a entraîné des problèmes de consanguinité avec les complications associées. Cette population s'est éteinte en 2011, conséquence de l'effet fondateur, mais aussi en raison de destructions illégales ([European Wildlife 2012](#)).

D'ailleurs, dès lors que la dimension humaine n'est pas correctement prise en compte, les réintroductions peuvent s'avérer être un échec, principalement en raison des destructions illégales subséquentes comme l'ont résumé [Drouilly & O'Riain \(2021\)](#). Sur les 15 réintroductions qui ont eu lieu dans huit pays d'Europe et qui ont impliqué environ 170 lynx entre 1970 et 2007, seul un tiers est considéré comme une réussite, démontrant le succès relatif de ces opérations ([Linnell et al. 2009](#)). Plus précisément, les recommandations internationales pour les réintroductions et translocations ([UICN/SSC 2013](#)) soulignent que si une espèce est éteinte depuis longtemps dans une zone donnée, les communautés locales peuvent ne plus avoir de lien avec cette espèce qui leur est alors inconnue, et peuvent donc s'opposer à toute opération de relâcher. Dans ce cas précis, des efforts importants doivent être faits pour prendre en considération la dimension socio-économique locale, et ce bien en amont de ces opérations. Par ailleurs, si la ou les menaces qui ont causé l'extinction en premier lieu n'ont pas été identifiées et éliminées ou suffisamment réduites, la réintroduction est alors fortement déconseillée.

D'autres limites aux réintroductions ou translocations ont récemment été mises en évidence dans deux études. À l'aide d'un modèle individu-centré spatialement explicite, [Premier et al. \(2020\)](#) ont constaté que dans certains cas, les déplacements de lynx pouvaient entraîner une perte plus importante de diversité génétique ainsi qu'une augmentation de la différence entre les structures génétiques des populations. [Kyriazis et al. \(2021\)](#) ont également démontré que, plutôt que de se concentrer sur le maintien d'une diversité génétique élevée, les stratégies de conservation devraient se focaliser sur la minimisation des mutations fortement délétères. Ils ont d'ailleurs montré que les renforcements de population sont plus efficaces lorsque les individus transférés proviennent de populations sources historiquement petites, puisque celles-ci sont quasiment dépourvues de mutations délétères hautement récessives.

Comme [Breitenmoser et al. \(2021\)](#) le soulignent, toutes ces recherches mettent en avant diverses questions liées à la gestion de l'espèce et illustrent la complexité de l'enjeu. Ceci renvoie ainsi à la nécessité d'une stratégie transnationale commune pour la conservation à long terme du Lynx en Europe.

## Besoin d'un suivi transfrontalier

Les espèces vivant sur de vastes territoires sont susceptibles d'être présentes au-delà des frontières nationales et le Lynx n'est pas une exception puisque dix des onze populations en Europe sont transfrontalières ([von Arx et al. 2021](#)). Par conséquent, lorsque des opérations de conservation telles que des translocations ou des réintroductions sont mises en œuvre dans une population ou dans un pays, cela impacte logiquement les populations des pays voisins. Une stratégie commune est alors nécessaire pour le rétablissement et le maintien à long terme d'une métapopulation de lynx démographiquement et génétiquement viable. Cependant, cet objectif commun de conservation nécessite 1) des standards définis et acceptés par tous, 2) des protocoles partagés facilitant la coopération transfrontalière et interrégionale et le suivi précis des populations de lynx dans les pays de l'aire de répartition, et 3) une approche coordonnée à l'échelle de l'Europe ([Breitenmoser et al. 2021](#), [von Arx et al. 2021](#)).

Dans la population des Carpates par exemple, des recherches récentes ont montré que la taille de la population était en fait surestimée par manque de données scientifiques robustes. Les informations erronées sur les tendances démographiques ont ainsi conduit à des problèmes d'acceptation sociale avec pour



conséquences des destructions illégales (Kubala *et al.* 2021). Alors que la population des Carpates a été et est toujours une source pour les réintroductions et de renforcements des populations de lynx, les experts et la Convention-cadre pour la protection et le développement durable des Carpates soutiennent le développement d'une stratégie de conservation pan-carpatique entre les pays de l'aire de répartition de l'espèce. L'objectif est de mettre en œuvre un système de suivi standardisé des lynx avec des méthodes scientifiques robustes applicables dans chaque pays afin de mieux renseigner les actions de conservation à mettre en œuvre à l'échelle de la population et pas seulement au niveau d'un pays.

Outre la standardisation des méthodes de suivi, il est important de pouvoir interpréter de la même manière les résultats obtenus afin de comparer par exemple les lynx identifiés par les équipes de recherche et laboratoires d'analyses au sein des pays et entre ceux-ci. Cela s'étend à l'analyse de différents types d'échantillons, notamment en matière d'analyses génétiques (échantillons invasifs vs. non invasifs) (De Groot *et al.* 2021). Certains projets ont d'ailleurs montré l'intérêt du partage de données et de la standardisation des protocoles de suivi. Pour le suivi du Glouton (*Gulo gulo*) par exemple, la coopération transfrontalière entre la Norvège et la Suède a conduit à des estimations plus précises de la taille de la population, de son taux de croissance et de survie (Gervasi *et al.* 2016).

C'est pourquoi 53 experts réunis en 2019 à Bonn, en Allemagne, ont formulé des recommandations pour « suivre l'état de conservation des populations de lynx » et les « principes pour leur suivi génétique et leur gestion » (Bonn Lynx Expert Group 2021). Dans ce cadre, ils ont proposé un certain nombre de standards et de protocoles pour les projets de conservation en cours et futurs en Europe occidentale et centrale :

- 🐾 La définition des "unités évolutives significatives" de lynx en Europe de l'Ouest, leur délimitation géographique et l'utilisation d'individus appropriés pour les translocations
- 🐾 La gestion de petites populations isolées, par brassage génétique naturel ou par translocation afin de :
  - Minimiser la perte de diversité génétique (hétérozygotie, richesse allélique)
  - Maintenir le coefficient de consanguinité  $F_{IT}$  inférieur à 0,15
  - Maintenir la taille effective de la population au-dessus de 100 individus matures
- 🐾 Le génotypage systématique des individus sélectionnés pour les opérations de réintroduction ou translocation
- 🐾 La mise en œuvre d'un échantillonnage opportuniste permanent au sein de l'aire de répartition du Lynx pour atteindre un objectif de taille d'échantillonnage minimum de 30 animaux par génération (5 ans) par population
- 🐾 L'utilisation d'un panel commun de 15 marqueurs microsatellites pour l'ensemble des laboratoires impliqués dans le suivi génétique des lynx
- 🐾 L'échange et le partage d'échantillons et de table d'étalonnage entre les laboratoires participants
- 🐾 Le test de nouveaux marqueurs au fur et à mesure qu'ils deviennent disponibles
- 🐾 La mise en place d'un groupe de travail permanent sur la génétique des lynx composé des chercheurs et experts des laboratoires impliqués

Le but de ces recommandations est de permettre le « suivi de la diversité génétique et de la consanguinité dans le temps, permettant d'évaluer la taille effective de la population et de détecter les flux de gènes entre populations voisines ». Par le biais de ces suivis sur le long terme, l'objectif *in fine* est d'acquérir des informations objectives et ainsi proposer des mesures de conservation appropriées à l'échelle de la population.



## Suivi génétique des lynx en France, en Allemagne et en Suisse

Au travers du projet LIFE EuroLargeCarnivores, un atelier a été organisé par la SFPEM (9 Décembre 2021) afin d'échanger sur les différents projets relatifs au suivi génétique des lynx en France, en Allemagne et en Suisse, et de partager les informations entre structures participantes. Le Tableau 2 ci-dessous résume les principales informations rassemblées lors de cet atelier.

**Tableau 2:** Inventaire des connaissances sur les différents projets et recherches sur la génétique des lynx en Europe de l'Ouest, partie 1/2. Source: SFPEM 2021, N. Drouet-Hoguet comm. pers. 08/02/2022.

	FRANCE	FRANCE	ALLEMAGNE	SUISSE
Structure en charge des analyses génétiques	Office Français de la Biodiversité (OFB) Les analyses sont réalisées dans le cadre d'une convention avec KORA  <i>Établissement public</i>	Laboratoire Chrono-Environnement (LCE), Université de Franche-Comté  <i>Laboratoire universitaire</i>	Centre pour la Génétique de la Faune, Institut de Recherche du Senckenberg  <i>Centre de référence national pour la recherche et le suivi des grands carnivores</i>	KORA  <i>Fondation</i>
Objectif de suivi et de recherche	Alimenter la connaissance globale à l'échelle de la métapopulation (cf <b>SUISSE</b> ) par une approche holistique impliquant la dynamique des populations et la surveillance sanitaire et génétique, dans une dimension transfrontalière. L'objectif à terme est de renseigner la connectivité à l'échelle de la métapopulation	Étudier la diversité génétique de la population française de lynx  Renseigner le régime alimentaire du Lynx et l'importance des proies secondaires	Suivre la diversité génétique, la consanguinité, et le flux de gènes des populations de lynx au fil du temps	Suivre les paramètres génétiques (diversité génétique, flux de gènes, degré de parenté et de consanguinité, etc.) en parallèle avec la démographie et la surveillance sanitaire
Période de temps	En cours	Depuis 2019	Depuis 2010	Depuis le début des années 2000
Partenaires	KORA Laboratoire Matson (USA) pour l'analyse de l'âge à partir des dents	SFPEM et partenaires locaux associés pour le réseau de collecte de crottes	Consortium d'Europe centrale sur le Lynx (CElynx)	Collaboration avec FIWI, OFB et le Consortium d'Europe centrale sur le Lynx (CElynx)
Autorité nationale en charge du suivi du Lynx	OFB, sous la tutelle des Ministères en charge de l'Écologie, de l'Agriculture et de l'Alimentation	Aucune stratégie d'échantillonnage non invasif n'était organisée dans le pays jusqu'à ce que le LCE démarre ce projet de recherche. L'utilisation d'échantillons non invasifs ne nécessite pas de permis officiel.	L'échantillonnage non invasif est organisé par les autorités environnementales de l'État fédéral. Les Parcs Nationaux effectuent quant à eux un échantillonnage indépendant.	KORA, sur mandat du gouvernement fédéral
Type d'échantillons	<b>Type :</b> échantillons invasifs envoyés au KORA (principalement tissus, sang également selon les opportunités)  <b>Origine :</b> principalement prélevés sur des lynx morts, occasionnellement sur des individus vivants	<b>Type :</b> échantillons non invasifs (crottes)  <b>Origine :</b> collectés dans la nature	<b>Type :</b> Environ 95 % sont des échantillons non invasifs (poils, crottes, traces de salive prélevées sur proies, etc.)  <b>Origine :</b> Non connue	<b>Type :</b> échantillons invasifs (tissus et sang)  <b>Origine :</b> prélevés sur des lynx morts ou des individus capturés pour pose de colliers GPS



**Tableau 2:** Inventaire des connaissances sur les différents projets et recherches sur la génétique des lynx en Europe de l'Ouest, partie 2/2. Source: SFPEM 2021, N. Drouet-Hoguet comm. pers. 08/02/2022.

	FRANCE	FRANCE	ALLEMAGNE	SUISSE
Stratégie d'échantillonnage	<p><b>Type :</b> échantillonnage opportuniste et continu à grande échelle avec la contribution de réseaux nationaux (« Loup-Lynx » et « SAGIR »)</p> <p><b>Taille de l'échantillonnage* :</b> 129</p>	<p><b>Type:</b> échantillonnage opportuniste par le réseau de collecte de crottes coordonné par la SFPEM</p> <p><b>Taille de l'échantillonnage* :</b> 32, depuis le démarrage du projet</p>	<p><b>Type:</b> principalement opportuniste, varie selon les régions</p> <p><b>Taille de l'échantillonnage :</b> non connu</p>	<p><b>Type:</b> NA</p> <p><b>Taille de l'échantillonnage* :</b> 30 individus/an</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>🐾 Alpes n=310</li> <li>🐾 Jura n=234</li> <li>🐾 Population « stepping-stone » n=50</li> </ul>
Besoin additionnel d'échantillons	Oui, échantillonnage dans les Vosges et les Alpes nécessaire	Oui, le réseau s'étend pour correspondre à l'aire de répartition de l'espèce et collecter davantage de données pertinentes	Non	Non, effort d'échantillonnage très efficient à travers le pays
Marqueurs	(cf SUISSE)	<p>1 marqueur ADN mitochondrial (ADNmt) pour l'identification de l'espèce</p> <p>1 marqueur de sexe</p> <p>18 microsatellites (objectif de 25) choisis via les publications scientifiques</p> <p>2 fragments d'ADNmt pour l'étude du régime alimentaire spécifiquement</p>	<p>4 types de marqueurs (tous sont utilisés pour des échantillons non invasifs, sauf les SNPs) :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ADN mitochondrial, pour le séquençage des haplotypes</li> <li>2. Microsatellites STR: 24 + marqueurs de sexe, divisés en 4 réactions multiplex</li> <li>3. Panel réduit de SNP (rSP), pour discriminer les individus, le sexe, les populations, les lignées, l'hybridation et les sous-espèces.</li> <li>4. SNPs (NextRAD) pour les attributions de lignées, la diversité du génome et la consanguinité qui ne peut pas être évaluée de manière fiable par les microsatellites</li> </ol>	Panel de 27 microsatellites + 2 marqueurs de sexe, choisi parmi les 150 testés
Enjeux	Améliorer l'échantillonnage dans le massif des Vosges et des Alpes	Utiliser des crottes signifie travailler avec une concentration et une qualité d'ADN faibles, mais le laboratoire a une longue expérience dans l'utilisation d'échantillons non invasifs pour les études génétiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Besoin d'harmonisation des méthodes entre les trois laboratoires analysant des échantillons (par exemple avec le Parc National de la Forêt de Bavière)</li> <li>• Nécessité d'harmoniser la stratégie d'échantillonnage entre les régions</li> </ul>	Aucun

\* Les chiffres mentionnés sont ceux recueillis au moment de la rédaction de ce document.



## Vers une plus grande coopération transnationale pour le suivi génétique des lynx en Europe de l'Ouest

Une coopération à long terme pour le suivi et la conservation du Lynx existe déjà dans une certaine mesure en Europe (Annexe). Plus précisément en Europe de l'Ouest, certaines collaborations existent en termes de suivi des individus et de suivi génétique des lynx entre la France, l'Allemagne et la Suisse, qui partagent plusieurs populations. Le prérequis pour une coopération transfrontalière bien établie est de trouver des intérêts communs et une synergie entre les questions respectives de recherche. Dans le cadre du suivi génétique des lynx, ces éléments sont présentés dans le Tableau 3 ci-dessous.

*Tableau 3: Résumé des prochaines étapes pour une meilleure coopération sur le suivi génétique du Lynx en Europe de l'Ouest, identifiées sur la base des connaissances actuelles des projets. Source: SFEPM 2021.*

	1. Identification d'intérêt(s) commun(s)	2. Harmonisation des méthodes
1. Question(s) de recherche	<p><b>L'étude de la diversité génétique et de la consanguinité</b> semble commune aux questions de recherche identifiées des différentes structures (Tableau 2). Par conséquent, l'utilisation de marqueurs moléculaires communs semble être une première étape essentielle.</p>	
2. Marqueurs génétiques	<p>Le nombre et le type de marqueurs utilisés dépendent de la question de recherche, de la variabilité génétique de la population étudiée et du type d'échantillons utilisés. Tous les laboratoires n'ont pas besoin de partager exactement le même panel, mais <b>l'utilisation d'un minimum de marqueurs communs doit pouvoir permettre l'identification de mêmes individus.</b></p> <p>Pour de nouveaux laboratoires rejoignant ce consensus, cela peut nécessiter l'ajout de quelques marqueurs supplémentaires à ceux déjà utilisés.</p>	<p><b>Groupe de travail génétique</b> : Très récemment, un suivi génétique transfrontalier a été initié à travers la mise en place du consortium CElynx avec quatre laboratoires (dont trois avec une longue expérience des échantillons non invasifs) : le KORA (Suisse) avec Christine-Breitenmoser, l'Université de Brno (République tchèque) avec Jarmila Krorerová-Prokešová, l'Université de Ljubljana (Slovénie) avec Tomaz Skrbinsek et le Senckenberg (Allemagne) avec Carsten Nowak.</p> <p><b>Harmonisation des marqueurs</b> : Le premier objectif de CElynx est de formaliser un panel officiel de marqueurs microsatellites commun (minimum de 15 recommandés par le <a href="#">Bonn Lynx Expert Group 2021</a>) en 2022. CElynx a dressé une liste des marqueurs utilisés par différents laboratoires afin de les prendre en compte dans le choix final du panel.</p> <p><b>Rejoindre CElynx</b> : Tout nouveau laboratoire est invité à rejoindre et à utiliser le panel commun de marqueurs une fois que celui-ci aura été défini.</p> <p><b>Calibration</b> : Un test commun des échantillons d'étalonnage échangés entre laboratoires sera nécessaire pour vérifier si les résultats sont les mêmes. Ceci est une étape cruciale pour la comparaison croisée entre échantillons et entre type d'échantillons (invasifs / non invasifs).</p> <p><b>Échanges réguliers et continus</b> de données et de protocoles pour garantir que les laboratoires se réfèrent aux mêmes individus, en particulier pour ceux dispersant sur de longues distances.</p> <p><b>Méthode d'analyses</b> : Le LCE vise à réaliser le génotypage par séquençage, mais le laboratoire est ouvert à la discussion concernant l'utilisation des SNPs ou d'une autre méthodologie appropriée. Le projet étant relativement récent, il a été exposé qu'il peut être encore possible d'adapter les méthodes si besoin.</p>



<p>3. Stratégie d'échantillonnage</p>	<p>Une synergie peut être trouvée en termes d'échantillonnage au sein d'une population transfrontalière mais aussi au sein d'un pays. Par exemple en France, deux types d'échantillonnage existent (Tableau 2) et pourraient être <b>spatialement (et peut-être temporellement) optimisés</b> à travers une approche complémentaire entre les deux méthodes, notamment dans les Vosges et les Alpes.</p> <p>En Allemagne, le suivi du Lynx est organisé par les autorités régionales, ou par les Parcs Nationaux lorsqu'ils sont concernés. <b>L'harmonisation des standards de suivi</b> dans tout le pays serait donc certainement bénéfique pour les projets de recherche et de conservation.</p>	<p><b>Cartographier l'échantillonnage</b> : les emplacements des échantillons de lynx doivent être cartographiés pour identifier là où il y a des chevauchements ou des manques dans la stratégie d'échantillonnage et pour ainsi développer une stratégie complémentaire et optimiser la zone d'échantillonnage. Cet échantillonnage pourrait aussi être visible sur une carte publique mise à jour régulièrement comme dans l'exemple du Centre de Suivi du KORA (<a href="http://www.koracenter.ch">www.koracenter.ch</a>).</p> <p><b>Groupe de travail</b> : une réunion entre les parties prenantes françaises est nécessaire pour discuter de l'amélioration de la collecte de données d'échantillons invasifs et non invasifs. Cela pourrait se faire dans le cadre du Plan National d'Action Lynx (PNA).</p>
-----------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Perspectives d'un futur projet transnational pour le suivi du Lynx : besoins et priorités d'action

Comparé à l'Ours brun et au Loup gris, le suivi du Lynx a souvent été négligé par le passé. Pourtant, ses populations nécessitent un suivi transfrontalier précis et à une échelle pertinente pour adapter les priorités d'action et assurer la viabilité de l'espèce. Plus précisément, le suivi génétique systématique des populations de lynx devrait être généralisé dans la prochaine décennie (Melovski *et al.* 2021) car il permet des estimations fiables et pertinentes pour la gestion et la conservation d'une espèce. Par exemple en Autriche, un suivi génétique de six ans a permis de recueillir un grand nombre d'informations sur une petite population d'ours brun (nombre d'individus, sex-ratio, diversité génétique, parenté, pedigree, aires de présence, sélection d'habitat et dispersion) ce qui a permis aux chercheurs de mieux comprendre l'état de la population et ainsi d'éclairer les priorités d'action et notamment la nécessité d'efforts internationaux pour la survie à long terme de l'espèce (Kruckenhauser *et al.* 2009).

Le présent rapport documente l'état actuel des connaissances qui ont été recueillies à propos du suivi génétique du Lynx en Europe de l'Ouest ainsi que les premières étapes pour une coopération plus large entre les structures en charge identifiées. Cependant, les enjeux pour la conservation du Lynx ne concernent pas seulement la génétique. En effet, la perte de diversité génétique devient problématique dès lors qu'elle entraîne des troubles au niveau sanitaire (ex., augmentation de la susceptibilité aux maladies infectieuses, malformations, problèmes de reproduction, lésions histologiques) et réduit donc le potentiel adaptatif de l'espèce. Bien qu'aucune malformation systématique ni problème de reproduction n'aient été observés dans les populations croissantes de lynx du Jura et des Alpes, la relation entre génétique, santé et démographie est actuellement à l'étude (rapporté dans SFEPM 2021). En effet, en Suisse, le KORA, rejoint par le Senckenberg (Allemagne) et plus récemment par l'OFB (France), ont identifié la question d'intérêt suivante : « dans quelle mesure la perte de diversité génétique et la consanguinité impactent les populations de lynx et leur conservation à long terme en Europe de l'Ouest ? ». Dès lors, la priorité d'action serait de mettre en œuvre un projet transnational sur le suivi génétique, sanitaire et démographique en Europe de l'Ouest, tout en suivant les recommandations du [Bonn Lynx Expert Group \(2021\)](#). Ce projet nécessite alors l'acquisition d'un grand nombre de données sur la génétique, ainsi que sur l'histoire de vie et l'état de santé des individus, sur le long terme, de manière standardisée et dans différentes régions.

La partie qui suit n'a pas la prétention d'exposer tous les manques, les besoins et les recommandations préalables à la mise en place d'un tel projet, mais liste ceux qui ont été identifiés dans le cadre de ce travail préliminaire, en complément de l'[Harmonisation des méthodes](#) (Tableau 3) entre les structures.

## PROBLÈMES

## SOLUTIONS

## MÉTHODES

Diversité des méthodes de suivi en raison de la décentralisation de la responsabilité en termes de conservation de la biodiversité vers les autorités régionales (Boitani & Linnell 2015), et/ou faible capacité des institutions nationales en charge

Existence de risques associés aux opérations de réintroduction non coordonnées (Kutal *et al.* 2021)

Méconnaissance de la relation entre perte de diversité génétique et troubles sanitaires observés

Causes de mortalité encore méconnues et mal comprises (ex., problème récurrent des orphelins ou perte de nombreux jeunes chaque année)

Manque de communication, de transparence et de mises à jour

Manque d'acceptation des résultats sur les tendances de populations dès lors que les parties prenantes locales et les groupes d'intérêt ne sont pas ou peu impliqués dans le suivi

Harmonisation des méthodes de suivi (marqueurs moléculaires, piégeage photographique, suivi des proies, suivi sanitaire, etc.)

Suivi de la diversité génétique à l'échelle de la population et sur le long-terme

Étude du flux de gènes et des dispersions longues distances  
Génotypage systématique des individus sauvages et captifs

Estimation des paramètres démographiques (distribution, taille de la population, tendance de population, survie, recrutement, etc.)

Organisation du suivi sanitaire

Étude et inventaire des différentes causes de mortalité (d'origine anthropique ou non) selon la population, l'âge, le sexe, le pays, etc.

Communication, transparence, coopération, et utilisation des sciences participatives

Harmonisation des méthodes, calibration, échanges réguliers et continus sur les données et protocoles

Groupes de travail / consortium

Collecte d'un grand nombre d'échantillons biologiques invasifs et non invasifs avec complémentarité de l'échantillonnage provenant de lynx morts par d'autres stratégies d'échantillonnage (échantillons non-invasifs et/ou provenant de lynx capturés) afin d'éviter les biais

Comparaison croisée des individus génotypés et/ou des individus photo-identifiés dans une base de données commune

Cartographie globale des dispersions et des opérations de relâchers

Production d'estimations robustes et fiables sur la taille des populations, les aires de répartition, les tendances d'évolution, les structures génétiques et les flux de gènes (hétérozygotie, taille effective de population)

Développement et mise en œuvre des standards pour les nécropsies systématiques et examens cliniques

Recherche systématique de maladies, lésions, parasites, pathogènes, exposition aux agents toxiques, etc.

Implication des citoyens, chasseurs, randonneurs, forestiers, et autres volontaires dans la collecte de données

Réactivité, transparence et communication sur les études, les méthodes et les résultats

Ouverture aux idées et projets de nouveaux partenaires qui seraient en adéquation avec les besoins identifiés



## Conclusion

Bien que différentes politiques de conservation et réglementations relatives aux espèces protégées soient mises en œuvre, 61% des 31 espèces de grands carnivores présentes dans le monde sont menacées (vulnérables, en danger ou en danger critique) ou sont à risque d'extinction locale ou globale (Ripple *et al.* 2014). Ainsi, certaines de ces espèces disparaissent progressivement au moment même où leur rôle dans les écosystèmes et les services écologiques associés sont tout juste compris. Pourtant, la protection des grands carnivores comme le Lynx contribue à la fonctionnalité écologique des écosystèmes et préserve leur potentiel évolutif. La conservation de ces espèces est donc d'un enjeu majeur.

Après avoir disparu de nombreux pays pendant presque 200 ans, le Lynx recolonise progressivement l'Europe et son statut de conservation s'est amélioré grâce aux efforts de préservation de l'espèce à travers le continent. Cependant, les nombreux Plans d'Actions et projets de conservation soulignent le fait que la plupart des populations sont toujours menacées. Des actions prioritaires couvrant différents domaines sont identifiées et définies pour la conservation du Lynx (Boitani *et al.* 2015), et le suivi précis de ses populations est une nécessité absolue. Pourtant, les standards de suivi sont encore divers et les méthodes appliquées varient en qualité et dans la transparence des informations. Cela fait appel avant tout à la nécessité du partage des informations, de l'acquisition de connaissances et d'une plus grande coopération entre les pays pour acquérir une compréhension commune des populations de lynx et ainsi assurer le rétablissement à long terme d'une métapopulation. Néanmoins, bien que les experts Lynx soient les parties prenantes les plus légitimes pour définir et mettre en place des actions communes dans ce sens, l'implication des autorités compétentes, mais aussi d'autres groupes d'intérêt ainsi que la société civile peut être complexe. Pourtant, la prise en compte des dimensions humaines est cruciale pour les actions de conservation et un dialogue sur le long terme est nécessaire pour rassembler les efforts de coopération et les bonnes volontés (Drouilly & O'Riain 2021).

La France, l'Allemagne et la Suisse partagent quatre populations de lynx en Europe qui sont parmi les plus petites du continent et sont préoccupantes sur le plan génétique. L'objectif de ce document était d'exposer ces enjeux génétiques pour le Lynx en Europe de l'Ouest, ainsi que de présenter les projets qui les abordent en France, en Allemagne et en Suisse, mais aussi d'évaluer les perspectives d'une coopération transnationale. Cependant, comme pour le concept « One Health », la génétique du Lynx ne doit pas être considérée séparément des dimensions démographique et sanitaire.

À partir de l'état des connaissances recueillies dans le cadre de cette mission LIFE EuroLargeCarnivores, un projet plus large portant sur le suivi transfrontalier du Lynx en Europe de l'Ouest pourrait voir le jour et être mis en œuvre dans les années à venir. Certains besoins et recommandations sont exposés dans ce document comme première base d'un tel projet, mais nécessitera l'apport d'autres avis d'experts.

S'inspirer de projets similaires entrepris sur d'autres grands carnivores serait également utile dans la planification. Par exemple, un projet récent Interreg LoupO 2020-2022 ([www.loupo-eu.com](http://www.loupo-eu.com)) développe actuellement un suivi transfrontalier des populations d'ours et de loups dans les Pyrénées, entre l'Espagne, la France et l'Andorre. En Europe centrale, une stratégie de conservation Pan-Carpates est également en cours d'élaboration pour proposer un système de suivi standardisé du Lynx dans toute la région (Kubala *et al.* 2021).

Ce rapport ne remplace pas les connaissances et l'avis des experts et ne doit être utilisé que pour informer les décideurs potentiels d'un projet pour un suivi transfrontalier des populations de lynx en Europe de l'Ouest, en s'appuyant sur les dynamiques de coopération déjà existantes. L'approbation des participants de l'atelier sur le suivi génétique des lynx (SFEPM 2021) est requise avant toute publication de ce document.



## Remerciements

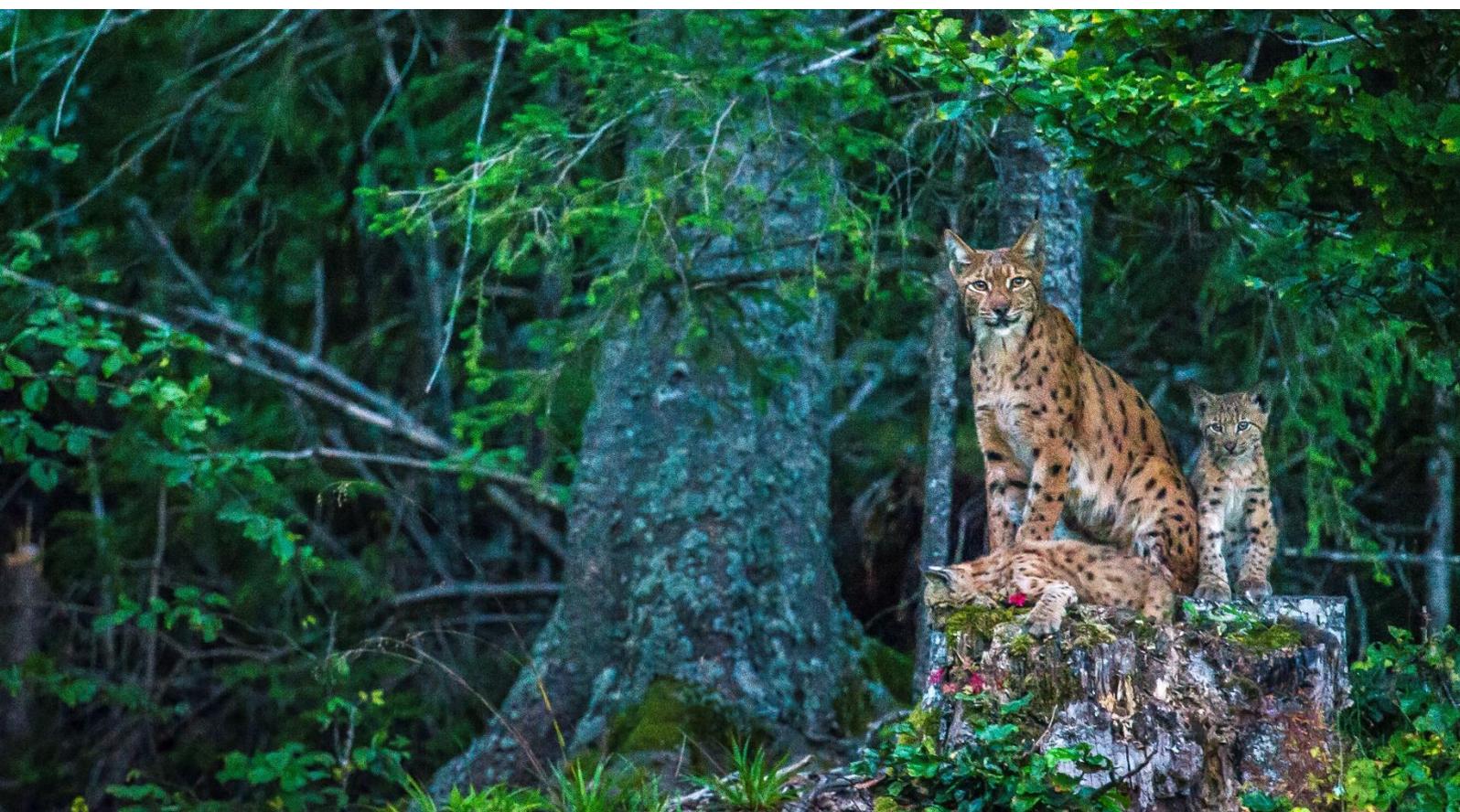
La rédaction de ce rapport a été confiée à la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM) par le WWF France, sous l'égide du projet LIFE EuroLargeCarnivores. La préparation de ce document a été financée par le projet LIFE EuroLargeCarnivores.

Nous tenons tout d'abord à remercier le WWF France, le WWF Allemagne et l'équipe du projet LIFE EuroLargeCarnivores pour nous avoir donné l'opportunité de préparer ce bilan des connaissances sur le suivi génétique des lynx en Suisse, Allemagne et France et d'identifier les premières bases d'un projet transfrontalier pour le suivi du Lynx en Europe de l'Ouest. Nous tenons tout particulièrement à remercier Raffael Hickisch qui a été le premier à suggérer cette mission, Moritz Klose et Gabor von Bethlenfalvy pour avoir partagé les premières informations sur les projets de suivi des lynx dans leurs pays respectifs, ainsi que Béatrice Jouenne et Jean-Christophe Poupet, en tant que principaux interlocuteurs pour ce projet au WWF France.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers les experts en génétique et suivi des lynx en Allemagne, en France et en Suisse pour leur aide et leur partage d'informations sur les projets en cours (par ordre alphabétique) : Eve Afonso, Christine Breitenmoser, Nolwenn Drouet-Hoguet, Carsten Nowak et Fridolin Zimmermann. Nous remercions également Coline Prévost pour sa participation à l'atelier sur le suivi génétique des lynx.

Nos remerciements particuliers vont à Marine Drouilly qui a contribué à cette mission du début à la fin et qui a pris le temps de relire ce rapport à plusieurs reprises en faisant part encore une fois de ses conseils et commentaires toujours pertinents, ce qui a permis d'améliorer considérablement le document. Merci également à Antoine Rezer, Mélanie Dunand et Marie Hanser-Masson pour la relecture de la version française de ce document.

Enfin, nous tenons à remercier les photographes Fabien Gréban et Laurent Geslin pour nous avoir permis d'utiliser deux magnifiques photos de Lynx boréal pour l'illustration de ce document.





## ANNEXE: liste non-exhaustive de projets coopératifs sur le suivi du Lynx boréal (listés par ordre de grandeur de l'emprise géographique)

NOM	TYPE	PAYS CONCERNÉS	PERIODE DE TEMPS	SUJET
<b>LIFE Lynx Palatinat</b>	Projet LIFE	France, Allemagne	2015-2021	Réintroduction de lynx des Carpates (20 lynx sauvages de Suisse et de Slovaquie) dans la forêt du Palatinat.
<b>Collaboration KORA-OFB</b>	Convention en 2020 mais coopération historique pour le suivi du Lynx	France, Suisse	2020	Amélioration des connaissances sur la diversité génétique et les flux de gènes, ainsi que sur la démographie et la santé des populations de lynx du Jura et des populations voisines.
<b>Visite du LIFE Lynx au LECA de Grenoble (Source: <a href="#">lien</a> et Marjeta Konec comm. pers. 12/01/2022 )</b>	Visite de partage d'expérience	France, Slovénie, Suisse	2021	Optimisation des protocoles de laboratoire et de bio-informatique afin d'obtenir une méthode standardisée et bon marché pour les échantillons génétiques non invasifs. L'avantage de la méthode est qu'il n'y a pas besoin d'étalonnage entre différents laboratoires et pourrait donc être à terme appliquée au suivi génétique transfrontalier du Lynx à grande échelle.
<b>Comité d'Experts Lynx</b>	Groupe d'experts fondé dans le cadre de la Conférence du Rhin supérieur	France, Allemagne, Suisse	Depuis 2016	Suivi démographique et génétique des lynx, interconnexion et constitution de la métapopulation du Rhin supérieur (populations du Jura, des Vosges-Palatinat et de la Forêt Noire).
<b>CElynx (rapporté dans SFPEM 2021)</b>	Consortium / groupe de travail composé de 4 membres : KORA, Universités de Brno et de Ljubljana, Senckenberg	Allemagne, République Tchèque, Slovénie, Suisse	Récent (année de lancement non connue)	Suivi génétique transfrontalier des lynx. Il s'agit d'une des actions mises en œuvre suite aux recommandations formulées par le Bonn Lynx Expert Group.
<b>Projet SCALP (Statut et Conservation de la Population Alpine de Lynx) (Molinari-Jobin et al. 2021)</b>	Groupe d'experts SCALP fondé par le KORA	Autriche, Bosnie, France, Allemagne, Italie, Croatie, Liechtenstein, Slovénie, Suisse	Depuis le début des années 1990s	Projet visant à coordonner les activités de suivi, de conservation et de gestion du Lynx dans les Alpes. L'approche en termes de suivi s'est récemment étendue aux Alpes Dinariques, aux massifs du Jura et des Vosges ainsi qu'au Palatinat et en Forêt-Noire. Présentation commune des données de suivi (critères SCALP) et cartes de distribution annuelles.
<b>Programme d'élevage EAZA (Lengger et al. 2021)</b>	Étude génétique par le Senckenberg et le Muséum d'Histoire Naturelle de Francfort	Non connu	Depuis 2002	Studbook européen du Lynx boréal depuis 2002. Étude génétique complète (origine phylogénétique, variabilité génétique) de la population captive actuelle (zoos). Protocoles détaillés pour l'élevage et la préparation au retour à la vie sauvage.
<b>Eurolynx (Heurich et al. 2021)</b>	Réseau scientifique collaboratif ouvert de 42 partenaires	19 pays (Europe)	Depuis 2018	Projet basé sur une base de données spatiales pour l'étude de l'écologie comportementale du Lynx.
<b>Bonn Lynx Expert Group 2021</b>	Groupe de 53 experts Lynx à travers l'Europe	19 pays (Europe)	Depuis 2019	Recommandations et standards pour la conservation et la gestion des populations et métapopulations viables de lynx en Europe de l'Ouest. Les travaux du <a href="#">Bonn Lynx Expert Group 2021</a> ont été soumis au Secrétariat et au Comité permanent de la Convention de Berne, qui ont adopté la Recommandation No. 204 ( <a href="#">Standing Committee 2019</a> ).
<b>Cat Specialist Group</b>	IUCN SSC (Species Survival Commission)	57 pays (monde)	Depuis 1971	Conservation à long terme des 40 espèces de félins sauvages et de leurs habitats au moyen de suivi et d'évaluation continus, de partage d'informations, de l'identification d'actions prioritaires et de la facilitation/exécution de ces actions grâce à un travail collaboratif.
<b>Large Carnivores Initiative for Europe (LCIE)</b>	IUCN SSC (Species Survival Commission)	Europe	Non connu	Conservation des grands carnivores en Europe grâce à la coordination et à la mise en réseau des projets menés par les membres et partenaires du groupe LCIE. Facilitation et conseils pour la conservation de ces espèces. Production d'un rapport commun tous les 6-7 ans sur le statut du Lynx et des autres grands carnivores à travers l'Europe.



## Références bibliographiques

- ANDERS O., MIDDELHOFF T. L. (2021). The development of the Harz lynx population. *Cat News Special Issue*, 14, 24-28
- BOITANI L., ALVAREZ F., ANDERS O., ANDREN H., AVANZINELLI E., BALYS V., BLANCO J.C., BREITENMOSER U., CHAPRON G., CIUCCI P., DUTSOV A., GROFF C., HUBER D., IONESCU O., KNAUER F., KOJOLA I., KUBALA J., KUTAL M., LINNELL J., ... ZLATANOVA D. (2015). Key actions for Large Carnivore populations in Europe. Institute of Applied Ecology (Rome, Italy). Report to DG Environment, European Commission, Bruxelles.
- BOITANI L. & LINNELL J.D. (2015). Bringing large mammals back: large carnivores in Europe. In *Rewilding European landscapes*, Springer, Cham, 67-84.
- BONN LYNX EXPERT GROUP (2021). Recommendations for the conservation of the Eurasian lynx in Western and Central Europe. Conclusions from the workshop of the "Bonn Lynx Expert Group" in Bonn, Germany, 16-19 June 2019. *Cat News Special Issue*, 14, 78-86.
- BREITENMOSER U. KREBÜHL J., HEIDER C. & BREITENMOSER-WÜRSTEN C. (2021). Challenges in the conservation of Eurasian lynx in continental Europe - an introduction. *Cat News Special Issue*, 14, 3-4.
- BREITENMOSER U., BREITENMOSER-WÜRSTEN C., LANZ T., VON ARX M., ANTONEVICH A., BAO W. & AVGAN B. (2015). *Lynx lynx* (errata version published in 2017). *The IUCN Red List of Threatened Species 2015*: e.T12519A121707666.
- BREITENMOSER-WÜRSTEN, C., & OBEXER-RUFF, G. (2003). Population and conservation genetics of two re-introduced lynx (*Lynx lynx*) populations in Switzerland - a molecular evaluation 30 years after translocation. In *Proceedings of the 2nd Conference on the Status and Conservation of the Alpine Lynx Population (SCALP)*, 7-9.
- BREITENMOSER U., BREITENMOSER-WÜRSTEN C. & CAPT S. (1998). Reintroduction and present status of the lynx (*Lynx lynx*) in Switzerland. *Hystrix*, 10, 17-30.
- BREITENMOSER U. & BREITENMOSER-WÜRSTEN C. (1990). Statut, besoins de conservation et réintroduction du lynx (*Lynx lynx*) en Europe. Strasbourg, Council of Europe. Nature and Environment Series, 45, 48pp.
- CHARBONNEL A. & GERMAIN E., coordination (2020). Plan Régional d'Actions en faveur du Lynx boréal (*Lynx lynx*) dans le Massif des Vosges : rétablir le Lynx dans un état de conservation favorable dans le cadre d'une démarche participative, concertée et partagée avec les acteurs du territoire. Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores (CROC), Lucy (57), France, 296 p.
- DE GROOT G.A., NOWAK C., SKRBINŠEK T., ANDERSEN L.W., ASPI J., FUMAGALLI L., GODINHO R., HARMS R., JANSMAN H.A.H., LIBERG O., MARUCCO F., MYSŁAJEK R.W., NOWAK S., PILOT M., RANDI E., REINHARDT I., ŚMIETANA W., SZEWCZYK M., TABERLET P., VILÀ C. & MUÑOZ-FUENTES, V. (2016). Decades of population genetic research reveal the need for harmonization of molecular markers: the grey wolf *Canis lupus* as a case study. *Mammal Review*, 46(1), 44-59.
- DROUET-HOGUET N., CHENESSEAU D., KUNZ F. & ZIMMERMANN F. (2021). Situation of the Eurasian lynx in the Jura Mountains. *Cat News Special Issue*, 14, 29-34.
- DROUILLY M. & O'RIAIN M.J. (2021). Rewilding the world's large carnivores without neglecting the human dimension. *Biodiversity and Conservation*, 30(3), 917-923.
- EUROPEAN WILDLIFE (2012, February 28). Bad news: brown bears extinct in Austria. <https://www.eurowildlife.org/news/bad-news-brown-bears-extinct-in-austria/>
- GATTI S. (2021). Plan National d'Actions en faveur du Lynx. Version CNPN. Office français de la biodiversité, France, 172pp.
- GERVASI V., BRØSETH H., GIMENEZ O., NILSEN E.B., ODDEN J., FLAGSTAD Ø. & LINNELL J.D. (2016). Sharing data improves monitoring of trans-boundary populations: the case of wolverines in central Scandinavia. *Wildlife Biology*, 22(3), 95-106.



- HEURICH M., PREMIER J., OESER J., STREIF S., BASTIANELLI M., MORELLE K., FOCARDI S., DE GROEVE J., URBANO F. & CAGNACCI F. (2021). EUROLYNX: Collaborative science for studying Eurasian lynx movement ecology at the range of its distribution. *Cat News Special Issue*, 14, 60-63.
- HERRENSCHMIDT V. (1990). Le Lynx: un cas de réintroduction de superprédateur. *Revue d'écologie*, suppl. 5, 156-174.
- IDELBERGER S., KREBÜHL J., BACK M., OHM J., PRÜSSING A., SANDRINI J. & HUCKSCHLAG D. (2021). Reintroduction of Eurasian lynx in the Palatinate Forest, Germany. *Cat News Special Issue*, 14, 38–42.
- JOHNSON W.E., ONORATO D.P., ROELKE M.E., LAND E.D., CUNNINGHAM M., BELDEN R.C., MCBRIDE R., JANSEN D., LOTZ M., SHINDLE D., HOWARD J., WILDT D.E., PENFOLD L.M., HOSTETLER J.A., OLI M.K. & O'BRIEN S.J. (2010). Genetic restoration of the Florida panther. *Science*, 329(5999), 1641-1645.
- KACZENSKY P., LINNELL J., HUBER D., VON ARX M., ANDREN H., BREITENMOSER U. & BOITANI L. (2021). Distribution of Large Carnivores in Europe 2012–2016: Distribution maps for Brown bear, Eurasian lynx, Grey wolf, and Wolverine. Dryad, Dataset.
- KACZENSKY P., CHAPRON G., VON ARX M., HUBER D., ANDREN H. & LINNELL J. (2013). Status, management and distribution of large carnivores – bear, lynx, wolf and wolverine - in Europe. Part 1. Large Carnivore Initiative for Europe Report to the European Commission, 72 pp.
- KELLER L. F. & WALLER D. M. (2002). Inbreeding effects in wild populations. *Trends in Ecology & Evolution*, 17, 230-241.
- KREBÜHL J., IDELBERGER S., ZIMMERMANN F., BREITENMOSER-WURSTEN C., BREITENMOSER U., HERDTFELDER M., SUCHANT S. & DROUET-HOGUET N. (2021). Transboundary cooperation in lynx conservation under the auspice of the Upper Rhine Conference. *Cat News Special Issue* 14, 55-56.
- KRUCKENHAUSER L., RAUER G., DÄUBL B. & HARING E. (2009). Genetic monitoring of a founder population of brown bears (*Ursus arctos*) in central Austria. *Conservation genetics*, 10(5), 1223-1233.
- KUBALA J., ČIROVIĆ D., DUĽA M., KUTAL M., MYŚLAJEK R. W., NOWAK S., POP M., SHKVYRIA M., SIN T., SZEMETHY L., TÁM B. & ZLATANOVA D. 2021. Conservation needs of the Carpathian lynx population. *Cat News Special Issue*, 14, 12–15.
- KUTAL M., DUĽA M., KROJEROVÁ-PROKEŠOVÁ J., BELOTTI E., VOLFOVÁ J. & BUFKA L. (2021). Uncoordinated reintroductions of Eurasian lynx might be a threat for the species recovery in Central Europe. *Biodiversity and Conservation*, 30(12), 3737-3740.
- KYRIAZIS C.C., WAYNE R.K. & LOHMUELLER K. E. (2021). Strongly deleterious mutations are a primary determinant of extinction risk due to inbreeding depression. *Evolution letters*, 5(1), 33-47.
- LAIKRE, L. (1999). Conservation genetics of Nordic carnivores: lessons from zoos. *Hereditas*, 130(3), 203-216.
- LENGGER J., BREITENMOSER U. & SLIWA A. (2021). EAZA breeding programmes as sources for lynx reintroductions. *Cat News Special Issue*, 14, 76–77.
- LINNELL J.D., BREITENMOSER U., BREITENMOSER-WÜRSTEN C., ODDEN J. & VON ARX M. (2009). Recovery of Eurasian lynx in Europe: what part has reintroduction played? *Reintroduction of top-order predators*, 72-91.
- MELOVSKI D., TRAJČE A., VON ARX M., STOJANOV A., HOXHA B., PAVLOV A., BRIX M., SCHWADERER G., SPANGENBERG A., SHYTI I., LAMA O., AVUKATOV V., KOČI K., IVANOV G., XHERRI X., SANAJA B., BREITENMOSER-WÜRSTEN C. & BREITENMOSER U. (2021). Balkan lynx and the Balkan Lynx Recovery Programme. *Cat News Special Issue*, 14, 16-18
- MOLINARI P., BREITENMOSER U., ČERNE R., FUXJAGER C., WEINGARTH K., RYSER A. & MOLINARI-JOBIN A. (2021). The contribution of stepping-stone releases for enhancing lynx distribution. *Cat News Special Issue*, 14, 46-49.
- MOLINARI-JOBIN A., BREITENMOSER U., BREITENMOSER-WURSTEN C., ČERNE R., DROUET-HOGUET N., FUXJAGER C., KOS I. KROFEL M., MARUCCO F., MOLINARI P., NÄGELE O., RAUER G., SINDIČIĆ M., TRBOJEVIĆ I., TRBOJEVIĆ T., WÖLFL M., WÖLFL S. & ZIMMERMANN F. (2021). SCALP: Monitoring the Eurasian lynx in the Alps and beyond. *Cat News Special Issue*, 14, 50-52.



- MUELLER S.A., REINERS T.E., MIDDELHOFF T.L., ANDERS O., KASPERKIEWICZ A. & NOWAK C. (2020). The rise of a large carnivore population in Central Europe: genetic evaluation of lynx reintroduction in the Harz Mountains. *Conservation Genetics*, 21(3), 577-587.
- MUELLER S.A., PROST S., ANDERS O., BREITENMOSER-WÜRSTEN C., KLEVEN O., KLINGA P., KONEC M., KOPATZ A., KROJEROVÁ-PROKEŠOVÁ J., MIDDELHOFF T.L., GABRIELA OBEXER-RUFF G., REINERS T.E., SCHMIDT K., SINDIČIĆ M., SKRBINŠEK T., TÁM B., SAVELJEV A.P., NARANBAATAR G. & NOWAK C. (2022). Genome-wide diversity loss in reintroduced Eurasian lynx populations urges immediate conservation management. *Biological Conservation*, 266, 109442.
- PREMIER J., KRAMER-SCHADT S., FICKEL J. & HEURICH M. (2021). Effects of fragmentation and connectivity of lynx habitats on population genetics in continental Europe. *Cat News Special Issue*, 14, 57-60.
- PREMIER J., FICKEL J., HEURICH M. & KRAMER-SCHADT S. (2020). The boon and bane of boldness: movement syndrome as saviour and sink for population genetic diversity. *Movement ecology*, 8(1), 1-17.
- RIPPLE W.J., ESTES J.A., BESCHTA R.L., WILMERS C.C., RITCHIE E.G., HEBBLEWHITE M., BERGER J., ELMHAGEN B., LETNIC M., NELSON M.P., SCHMITZ O.J., SMITH D.W., WALLACH A.D. & WIRSING A.J. (2014). Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*, 343(6167).
- RYSER-DEGIORGIS M.P., ROBERT N., MEIER R.K., ZÜRCHER-GIOVANNINI S., PEWSNER M., RYSER A., BREITENMOSER U., KOVACEVIC A. & ORIGGI F.C. (2020). Cardiomyopathy associated with coronary arteriosclerosis in free-ranging Eurasian lynx (*Lynx lynx carpathicus*). *Frontiers in veterinary science*, 7.
- RYSER-DEGIORGIS M.-P., MELI M.L., BREITENMOSER-WURSTEN C., HOFMANN-LEHMANN R., MARTI I.A., PISANO S.R.R. & BREITENMOSER U. (2021). Health surveillance as an important tool in wild felid conservation: experiences with the Eurasian lynx in Switzerland. *Cat News Special Issue*, 14, 64-75.
- SCHNIDRIG R., NIENHUIS C., IMHOF R., BÜRKI R. & BREITENMOSER U. (2016). Lynx in the Alps: Recommendations for an internationally coordinated management. RowAlps Report Objective 3. KORA Bericht Nr. 71. KORA, Muri bei Bern, Switzerland and BAFU, Ittigen, Switzerland, 70pp.
- SFEPM (2021). Assessing transboundary collaboration for the genetic monitoring of Eurasian lynx in Western Europe. Online workshop, December 9, 2021, LIFE EuroLargeCarnivores internal report.
- SINDIČIĆ M., GOMERČIĆ T., KUSAK J., SLIJEPEVIĆ V., HUBER Đ. & FRKOVIĆ A. (2016). Mortality in the Eurasian lynx population in Croatia over the course of 40 years. *Mammalian Biology*, 81(3), 290-294.
- SINDIČIĆ M., POLANC P., GOMERČIĆ T., JELENČIĆ M., HUBER Đ., TRONTELJ P. & SKRBINŠEK T. (2013). Genetic data confirm critical status of the reintroduced Dinaric population of Eurasian lynx. *Conservation genetics*, 14(5), 1009-1018.
- STANDING COMMITTEE OF THE BERN CONVENTION (2019). Recommendation No. 204 (2019), adopted on 6 December 2019, on the Conservation of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Continental Europe (<https://rm.coe.int/2019-rec-204e-lynx/1680993e0b>).
- IUCN/SSC (2013). Guidelines for reintroductions and other conservation translocations. Version 1.0. Gland, Switzerland. IUCN Species Survival Commission, viiii + 57 pp.
- VAN DE KERK M., ONORATO D.P., HOSTETLER J.A., BOLKER B.M. & OLI M.K. (2019). Dynamics, persistence, and genetic management of the endangered Florida panther population. *Wildlife Monographs*, 203(1), 3-35.
- VANDEL J.M., STAHL P., HERRENSCHMIDT V. & MARBOUTIN E. (2006). Reintroduction of the lynx into the Vosges mountain massif: from animal survival and movements to population development. *Biological Conservation*, 131(3), 370-385.
- VON ARX M., KACZENSKY P., LINNELL J., LANZ T., BREITENMOSER-WÜRSTEN C., BOITANI L. & BREITENMOSER U. (2021). Conservation status of the Eurasian lynx in West and Central Europe. *Cat News Special Issue*, 14, 5-8.
- VON ARX M. 2020. *Lynx lynx* (amended version of 2018 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species 2020*: e.T12519A177350310.