

Sept 2020

PROGRAMME PRÉDATEUR PROIE LYNX :

Estimation de densités des lynx sur les sites pilotes de l'Ain et du Jura par méthodes de capture-recapture photographiques spatialisées

Christophe Duchamp¹, Olivier Gimenez², Anne Deharte^{1,3}, Delphine Chenesseau¹, Yoann Bollet⁴ & Jean-Baptiste Fanjul^{4,5}

1. Office français de la Biodiversité. 05000 Gap ; 21000 Dijon
2. Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive – 34000 Montpellier
3. Université Toulouse III Paul Sabatier – Master gestion et Biodiversité
4. Fédération départementale des chasseurs de L'Ain
5. Fédération départementale des chasseurs du Jura



Le suivi de la faune sauvage par piégeage photographique est une méthode non-invasive aujourd'hui largement déployée par les gestionnaires et la communauté scientifique, particulièrement intéressante pour le suivi des espèces cryptiques telles que le Lynx boréal. L'identification individuelle pour cette espèce, permise grâce aux motifs de tâches unique de son pelage, autorise l'application de méthode d'estimations de densités par Capture Marquage Recapture, et notamment de densités spatialisées.

Grâce à des sessions intensives de piégeage photographique réalisées sur le long terme dans le cadre du Programme d'étude Prédateur Proies Lynx, les cartes de densités ont été dressées pour les deux sites pilotes de l'Ain et du Jura. Moins en valeurs absolues qui dépendent surtout des surfaces et des dispositifs d'échantillonnage très locaux (ici sur site étude) ou globaux (à l'échelle d'une population), c'est le contraste des sorties cartographiques qui a été exploré pour évaluer les variations et notamment les différences inter-saisons de densités locales de lynx mesurées dans les deux sites pilotes.

CONTEXTE ET ENJEUX

Le Programme Prédateur-Proies Lynx (PPP) entreprend depuis 2017 de mesurer les interactions entre les activités de chasse des ongulés sauvages, la prédation du lynx et leurs effets respectifs sur la mortalité et l'utilisation du paysage des chevreuils et chamois. Le projet est décliné en 5 volets pour mesurer les différentes facettes du fonctionnement de l'écosystème, intégrant les activités humaines sur deux sites pilotes de l'Ain et Jura (Fanjul & Drouet-Hoguet, 2019). Une des composantes du programme vise à mieux cerner l'utilisation du territoire par les lynx et mesurer les densités d'animaux présents au cours des saisons. Les deux sites pilotes du projet font partie de l'entité de population de lynx du massif Jurassien, issue de la recolonisation depuis la Suisse depuis les années 70 et aujourd'hui bien implantée sur le massif (Réseau loup/lynx 2018).

DISPOSITIF DE PIÈGES PHOTOGRAPHIQUES ET RECONNAISSANCE INDIVIDUELLE DES INDIVIDUS

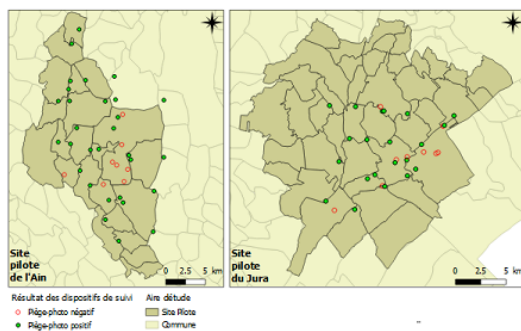
Un dispositif de pièges photographiques est mise en place depuis 2016 sur les deux sites par les équipes terrain du projet pour identifier les différents lynx présents au moyen d'une reconnaissance des patrons de pelages individuels (ONCFS UPAD, 2011). Réalisé en systématique par le Réseau Loup Lynx à l'échelle de toute la France, chaque animal est donc individuellement reconnu par comparaison à une base de référence nationale. L'identification est soit parfaite avec les caractéristiques de positions des taches sur son pelage sur les 2 faces de l'animal à son passage devant les pièges photographiques, soit partielle lorsque la description de l'animal n'est faite qu'à partir d'un seul flanc. Cette individualisation permet la « Capture photographique » d'un animal nouveau inconnu jusqu'ici ou la « recapture photographique », d'un animal déjà connu dans la base de données qui sera notée comme une recapture au sens statistique dans le suivi de son histoire de présence sur le territoire (cf les principes généraux d'utilisation du piégeage photo dans Rovero & Zimmerman, 2016).

1. Le dispositif des pièges photographiques est mis en place sur une grille systématique de 2,7x2,7 km dans laquelle un duo d'appareil est déposé. La pose à l'intérieur de chaque maille est au libre choix de l'opérateur sur un lieu de passage des animaux pour optimiser la probabilité de détection en fonction de la connaissance terrain (cf Gatti et al, 2014).
2. Le dispositif a été déployé entre octobre 2016 et janvier 2018 avec un léger décalage de mise en place sur les 2 sites d'études (Fig 1 - cf description méthodologie dans Deharte, 2018¹).

¹ Deharte A., 2018 : PROGRAMME PREDATEUR PROIE LYNX : Bilan démographique et cartographie des lynx boréal, Lynx lynx, présents sur les sites pilotes de l'Ain et du Jura par piégeage photographique Juin 2016 à Janvier 2018. Rapport de stage Master2 Biodiv ONCFS / Univ Toulouse III. 60p + annexes

Dispositif de suivi par pose de PP sur maillage

2,7x2,7 km



Evolution vers 2.5km RGF Lambert 93
(compatible ETRS89 / LAEA european)

	Période hivernale Janvier à mars 2017	Période estivale Avril à octobre 2017	Période hivernale Novembre 2017 à janvier 2018
Site pilote de l'Ain			
Site pilote du Jura	Période hivernale Octobre 2016 à mars 2017	Période estivale Avril à octobre 2017	

	Ain	Jura
Jours d'activités	370	509
Total pièges-photos	38	30
Pièges-photos-positifs	30	21
Pièges-photo-négatifs	8	9
Individus identifiés	21	18
Etat du dispositif	24 pièges-photos-actuellement-actifs: Retiré le 24/10/2017	
Dispositif avec MDMP (km ²)	1300,08	679,47
Dispositif avec 1/2 MDMP (km ²)	685,10	322,76

Tableau 1 : Bilan de l'activité des pièges-photo sur les sites d'études de l'Ain et du Jura

Figure 1 : Dispositif de suivi des lynx par piégeage photographique (tiré de Deharte 2018) – Période Jura : 03/06/2016 au 24/10/2017, Ain : 27/01/2017 au 15/01/2018

MÉTHODES DE CAPTURE-RECAPTURE

La détection de chaque animal dans le paysage est toujours imparfaite. Certains animaux ne sont présents que transitoirement sur le territoire (non-résidents) et d'autres peuvent aisément passer au travers du dispositif de surveillance. La probabilité de détection de chaque individu est donc inférieure à 1. Pour prendre en compte cette détection imparfaite, le suivi systématique qui reconnaît certains des animaux présents ouvre donc la porte à l'application des modèles dits de Capture-Recapture (CR). Chaque animal connu peut être suivi au cours du temps en étant soit détecté (et donc présent), soit non détecté parce qu'il est absent ou bien parce qu'il est présent, mais non vu par le dispositif. Sur l'ensemble des individus connus, il est alors possible de mesurer ces probabilités de détection et non-détection.

1. L'application de modèles CR est largement utilisée sur le lynx pour estimer les effectifs d'animaux présents, en appliquant des modèles dits en population fermée et en prenant en compte l'hétérogénéité de détection entre les individus (cf Blanc et al, 2013, Gatti et al, 2014, Zimmerman et al, 2018). Cependant ces estimations de densités reposent sur la définition d'une surface de base à laquelle est rapporté le nombre d'individus estimé par les modèles. Classiquement, la moyenne des distances maximales entre 2 détections d'un même individu (DMPM) sert à calibrer une zone tampon autour du dispositif de piégeage-photo pour établir la surface de référence. D'autres utilisent la 1/2 DMPM. Ce choix entièrement arbitraire engendre des valeurs absolues de densités variant du simple au double et n'autorise donc que des comparaisons relatives.



2. Un premier travail de synthèse a été réalisé pour individualiser les lynx sur les 2 sites d'études et identifier les animaux dits résidents permanents, de ceux à la présence plus occasionnelle. Les tests de différents modèles CR classique (populations dites ouvertes ou fermées) ont été réalisés et leurs limites identifiées (Deharte 2018).
3. Le Comité scientifique du PPP Lynx du 28 mars 2019 a évalué les résultats et proposé les tests de modèles spatialisés. L'objectif vise à établir une cartographie des densités locales de lynx prenant en compte les hétérogénéités de détection dans le paysage, plus conforme à la réalité du terrain. Le COPIL a identifié également la possibilité de tester les effets « saison », attendu les différences de comportement du lynx avant ou pendant la période du rut. La recherche des différences saisonnières dans la cartographie de densité de lynx du massif rejoint aussi l'objectif de croiser l'occupation territoriale des lynx avec les données GPS des ongulés marqués ainsi que d'optimiser les sessions de pose des pièges photographiques. Les bénéfices et contraintes pour la réalisation de ces objectifs sont ici explorés.

MESURE DE DENSITÉ SPATIALISÉE « SECR »

Une façon de s'extraire du choix arbitraire d'une surface de référence pour le calcul des densités réside dans l'utilisation des modèles de CR spatialisée (Spatially Explicit Capture Recapture ou SECR). Ces derniers prennent en compte directement la géolocalisation des animaux pour estimer une densité locale (Efford , 2011, Royle et al, 2014). Les contrastes de densités dans le territoire sont ainsi cartographiés, et tenant compte de la détection imparfaite des animaux dans le dispositif.

À l'inverse des modèles non spatiaux, les modèles SECR ne nécessitent pas de mesurer une surface de référence pour le calcul de densité. Les modèles SECR utilisent la position des détections des différents lynx capturés dans le dispositif (ici les différents pièges photographiques dans le maillage) pour estimer les coordonnées du centre d'activité de chaque individu. La fonction de détection dépend ainsi de la distance entre ce centre d'activité et les pièges photographiques où sont faites les détections permettant alors de cartographier les différences de densités. À l'image des analyses réalisées sur plusieurs sites en France à grande échelle (cf Blanc et al, 2008 ; Gimenez et al, 2019), les densités spatialisées sont ici estimées pour les 2 sites du PPP lynx de l'Ain et du Jura :

- Sur toute la période de suivi à l'échelle de chaque site d'étude ;
- En séparant les estimations par périodes de début hiver (Sept. à Déc.) vs fin d'hiver (Janv. à Mars), dans l'objectif d'identifier d'éventuelles différences saisonnières de cartographie des densités et d'évaluer la représentativité d'un piégeage de plus courte durée pour des raisons logistiques.

1. Le pas de temps utilisé pour définir les occasions de capture est la série de 5 jours (« pentade » dicit langage helvète) dans l'objectif d'estimer des probabilités de capture non nulles (éviter les surplus de zéro). Le package oSCR implémenté dans R a été utilisé (Sutherland et al, 2019).



2. Une série de clichés d'un même lynx, sur un piège, au cours d'une même période de 5 jours est considérée comme un unique évènement de capture.
3. À titre de comparaison, les estimations obtenues par les méthodes classiques de CR non spatialisées sont données avec les modèles en population fermée (White et al, 1982) MO Mb et Mh dont la probabilité de capture est respectivement constante- MO, variable à la première capture -Mb ; ou hétérogène selon les individus - Mh (voir Deharte, 2018 pour la description des modèles).

Résultats SECR - période annuelle

La distribution et le nombre de pièges photographiques actifs sur les 2 zones a permis plus de 160 évènements de captures photographiques de lynx (occasions sur pas de temps de 5 jours) au cours de la période d'étude entre janvier 2016 et janvier 2018 (Fig. 1 - Tab.1). Plus de 20 pièges sur respectivement 38 dans l'Ain et 30 dans le Jura ont permis de photographier des animaux avec une lecture individuelle de leur pelage. Afin de satisfaire les exigences des modèles SECR, il a été nécessaire de restreindre certaines périodes intersites dans le but de travailler sur des données issues d'un dispositif de pièges photographiques suffisamment large dans l'espace et constant dans le temps. Ceci explique les différences entre le nombre d'individus détectés lors des analyses de densités non spatialisées (Deharte 2018 et Figure 1) et les analyses SECR présentées ci-après.

Tableau 1 : Estimation des densités spatialisées de Lynx dans les sites pilotes PPP de l'Ain et du Jura. Par comparaison, les estimations non spatialisées sont données (MMDM et 1/2 MMDM : half of mean maximum distance between recaptures utilisées pour mesurer la surface de référence – cf Gatti et al, 2014)

	AIN	JURA
NBRE ANIMAUX DETECTES	17	11
NBRE DE PIÈGES AVEC DETECTION	26	21
NBRE DE DETECTIONS (EVENEMENT*PIEGE)	174	166
DENSITÉ NON SPATIALISÉE (MH) / 100KM ²	1.38 (MMDM) 2.58 (1/2 MMDM)	1.79 (MMDM) 3.68 (1/2 MMDM)
DENSITÉ SECR / 100KM ²	2.83	3.15

Les densités mesurées sur les deux sites sont clairement hétérogènes avec des zones de fréquentation plus importantes que d'autres au sein de chaque site (fig. 2). La densité locale estimée sous le modèle SECR est de 2.83 indiv/100km² sur le site de l'Ain et 3.15 sur le site du Jura. Notons que comparativement aux études mesurant les densités à plus grande échelle (Gimenez et al, 2019), les valeurs de densité ici mesurées caractérisent la présence de plusieurs lynx sur une échelle très locale, ne reflétant pas la densité de population du massif. Comparativement, les estimations sous les modèles classiques non spatiaux (considérant l'hétérogénéité de capture individuelle M_h) mesure des densités locales variant de 1.3 à 2.6 ind/km² dans l'Ain et 1.79 à 3.7 indiv/100km² dans le Jura. À cette échelle d'étude relativement petite, l'estimation SECR s'approche plus des estimations de densités calculées avec la surface de référence 1/2 distance max de recapture.



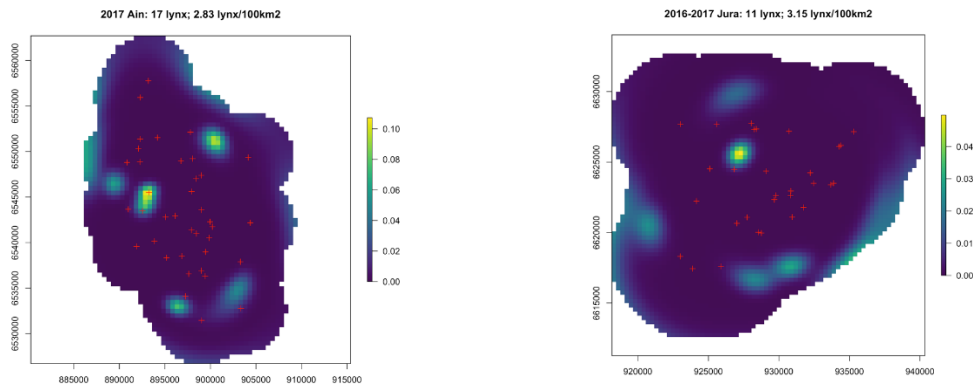


Figure 2 : Cartographie des densités spatialisées utilisant les modèles SECR. Les croix indiquent la position des pièges photographiques organisés selon un maillage de prospection de 2.7x2.7km.

Notons également que ces valeurs de densité considèrent l'ensemble des lynx identifiés incluant les jeunes de l'année et les éventuels animaux de passage occasionnels. Parmi les animaux détectés, seuls 4 individus dans chaque site peuvent être qualifiés de « résidents permanents » au regard de leurs détections répétées au fil des saisons (Cf Deharte, 2018)

Résultat SECR par période [janvier-février-mars] vs [sept-oct-nov-dec]

Les estimations de densité sur une base annuelle incluent toutes les possibles entrées et sorties des animaux violant les hypothèses de fermeture de la population attenante à ce type de modèle. Une séparation par période de début vs fin d'hiver vise à mettre en évidence la stabilité (ou instabilité) de la cartographie de densité selon les saisons (liée aussi au rythme saisonnier de l'activité de rut entre Janvier et Mars).

2a. Pour l'Ain :

Le dispositif permanent de pièges photographiques sur le site de l'Ain a permis de différencier 11 et 12 lynx respectivement selon les périodes, bien répartis sur les différents pièges. Les densités estimées de 1.8 vs 2.1 lynx/100 km² sont sensiblement équivalentes selon les 2 périodes, une nouvelle fois plus proches des estimations non spatialisées utilisant la ½ MMDM à cette échelle.

	JANVIER-FEVRIER-MARS	SEPT-OCT-NOV-DEC
NBRE ANIMAUX DETECTES	12	11
NBRE DE PIÈGES AVEC DETECTION	13	19
NBRE DE DETECTIONS (EVENEMENT*PIEGE)	57	71
DENSITÉ NON SPATIALISÉE (MH) / 100KM ²	1.08 MMDM 2.00 ½ MMDM	1.03 1.84
DENSITÉ SECR / 100KM ²	2.06	1.81

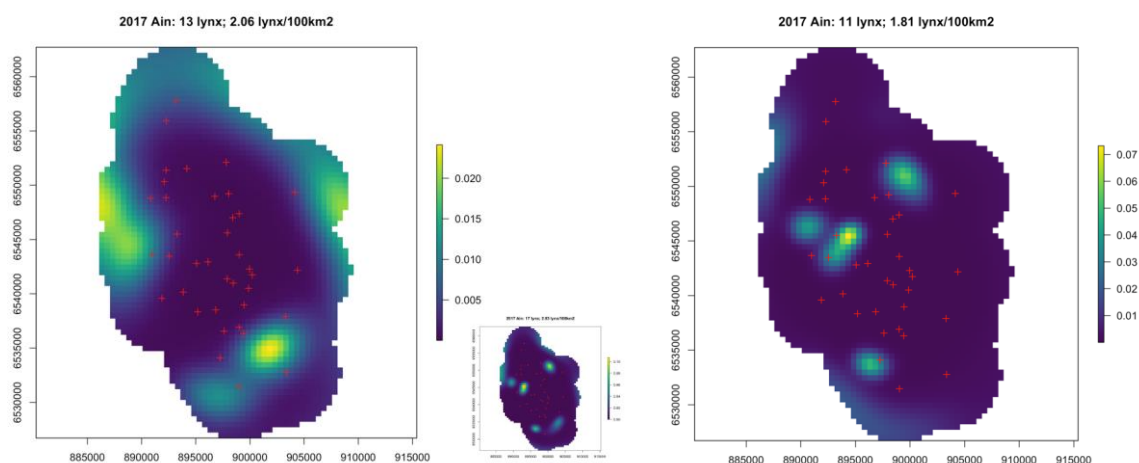


Figure 3 : Effet saison sur les estimations de densités spatialisées des lynx par les modèles SECR sur le site PPP de l'Ain. Gauche : période de Janv à Mars, Droite : période de Sept-Dec. En référence au centre : rappel du résultat Fig 2 sur base annuelle

En revanche, la cartographie de distribution des densités montre clairement des différences significatives selon la période de l'année. La période pré hivernale représente ainsi mieux la carte de densité annuelle que la période post hivernale, sans doute plus sensible à l'instabilité des groupes sociaux et aux passages occasionnels de lynx pendant la période de rut.

2b. Pour le Jura

Dans le site du Jura, seuls 2 pièges étaient actifs sur la période janvier-février-mars pour l'année 2016 uniquement posés en mars, le dispositif de piégeage étant pleinement opérationnel en Janvier 2017, l'analyse est donc réalisée uniquement pour l'année 2017.

	JANVIER-FEVRIER-MARS	SEPT-OCT-NOV-DEC
NBRE ANIMAUX DETECTES	9	5
NBRE DE PIÈGES AVEC DETECTIONS	9	7
NBRE DE DETECTION (EVENEMENT*PIEGE)	67	25
DENSITE NON SPATIALISEE (MH) / 100KM ²	2.98 MMDM forte incertitude 5.63 1/2MMDM forte incertitude	1.06 2.02
DENSITÉ SECR / 100KM ²	3.36	2.49

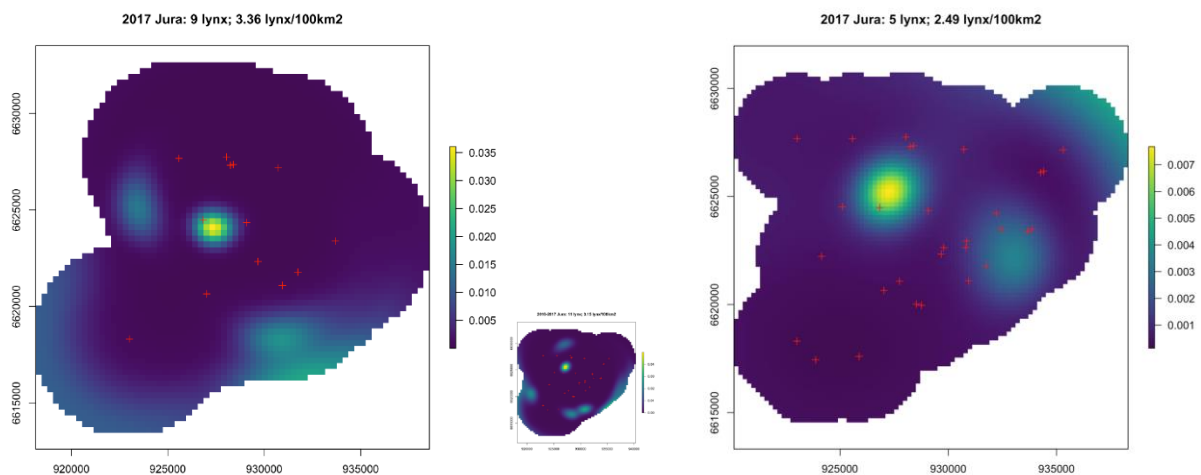


Figure 4 : Estimation des densités spatialisées de lynx dans le site PPP du Jura. Gauche : période de Janv à Mars, Droite : période de Sept-Dec. En référence au centre : rappel du résultat Fig 2 sur base annuelle

Respectivement 5 et 9 lynx sont identifiés sur ce site en 2017 selon les périodes d'échantillonnage de début vs fin d'hiver. Les densités oscillent entre 2.5 et 3.4 lynx/100km² sensiblement équivalentes sur la totalité de l'étude. Peu de variations sont perceptibles quant à la distribution spatiale entre le début et la fin d'hiver, rendant à priori possible la réduction de la période d'échantillonnage sur 3 ou 4 mois sans créer de biais. Le choix préférentiel de Sept. à Déc. permet d'éviter la période du rut sensible à l'instabilité des mouvements d'animaux, comme détecté dans le site de l'Ain.

Avantages, limites et perspectives des pièges photographiques pour la cartographie du « paysage de prédation » pour l'étude des relations prédateurs-proies

Les modèles SECR ajoutent une dimension spatiale particulièrement attractive dans l'étude de la densité, révélant ainsi l'hétérogénéité de distribution des lynx dans le paysage. Ce type de démarche réalisée en intersite pour comparer les situations (Gimenez et al, 2019) se révèle particulièrement parlant pour qualifier le statut de conservation de l'espèce à l'échelle des massifs, mais aussi pour mesurer la variabilité des densités trop souvent « standardisées » par des valeurs de références ad hoc (Rovero et Zimmerman 2018).

Les résultats révèlent un effet saison marqué dans les cartes de densités en regard de l'échantillonnage réalisé en automne vs en fin d'hiver. Dans un objectif de rationaliser l'effort de terrain pour le suivi, **les résultats suggèrent donc de privilégier la période d'automne et pré hivernale, qui représente à priori mieux la cartographie annuelle de la densité de lynx.** Cette période Sept. à Déc. permet de s'extraire des effets potentiels du rut et de l'instabilité sociale des groupes qui crée potentiellement en période printanière, un bruit de fond significatif.

De plus il permet aussi de s'intéresser, aux individus résidents stabilisés sur la zone plus intéressants dans le cadre des études des interactions entre prédateurs-proies. La stratégie serait probablement différente dans un autre objectif, par exemple de scanner les « nouveaux » individus jeunes potentiels disperseurs, mais s'avèrerait peu efficiente au travers de l'outil de piégeage photographique si les animaux sortent du dispositif de suivi. **Dans tous les cas, la répétition du dispositif au fil des ans représente un atout majeur pour mesurer les évolutions de la situation des animaux résidents permanents, analysables en modèles multi saisons.**

En revanche, ces modèles SECR, bien que révélateurs de l'hétérogénéité spatiale, « oublient » plusieurs composantes que leurs versions non spatialisées savent traiter. Ainsi l'hétérogénéité individuelle de détection n'est pas incluse dans ces modèles SECR par défaut de méthodologie, de même que les effets sexe, âge ou encore qualité de l'identification. Plusieurs références suggèrent tout de même la robustesse face aux hypothèses de « transience », tels les animaux de passage occasionnel, mais soulignent l'importance potentielle de s'intéresser aux structures d'âges et de sexes (Royle et al, 2015).

L'objectif du suivi réalisé dans le cadre du PPP vise en premier lieu à bien identifier les individus résidents dans le cadre de l'étude des interactions avec les proies dont ils dépendent. **Si ce dispositif permet de cartographier les différences de densités, il ne reflète en rien les différences d'intensité d'utilisation de l'espace *sensu stricto*.**



En effet, penser que la densité locale (en nombre d'animaux différents) puisse être le reflet de l'intensité de prédation reste une hypothèse forte, qui ignore qu'un seul lynx peut passer un temps certain à chasser sur une zone privilégiée - exerçant ainsi une forte pression sur les proies - alors que 5 lynx différents de passage pour marquer le territoire en période de rut n'auront que peu d'impact sur les proies alentours. De plus, la méthode mesurant les contrastes de densité cartographique est réalisée grâce au positionnement d'un centroïde entre les différentes recaptures des animaux dans le dispositif de pièges photographiques. La cartographie caractérise ainsi uniquement le fait que plusieurs animaux différents fréquentent le même territoire à certains endroits plus que d'autres pendant une période (notamment celle du rut). En revanche, il ne caractérise pas le temps passé par chaque animal dans le paysage, et encore moins les trajets de déplacements, de sélection d'habitats, ou de stratégie de chasse des animaux, seuls accessibles par la voie d'équipements des lynx par GPS. Une analyse pourra cependant être réalisée en superposant les différents domaines vitaux des ongulés suivis par GPS avec la cartographie des lynx en zone de forte versus faible densité pour évaluer les différences. Les analyses d'intensité de présence (et non de densité) de l'espèce au format des modèles d'occupation dynamique (Louvrier et al, 2017) peuvent s'avérer plus adaptées à l'objectif de caractériser « le paysage de prédation » en comparant les proies en zones très vs peu fréquentées par le prédateur.

Les différences d'échelles de territoires entre les proies (<100 ha) et les lynx (>15000 ha) n'autorisent en revanche aucune comparaison possible de l'utilisation de l'habitat des proies dans leur domaine vital, qui représente un deuxième ordre de sélection.

Ce degré de finesse dans les mesures requiert l'équivalence des outils à savoir l'équipement simultané de GPS des prédateurs et des proies, de manière à pouvoir distinguer les zones de chasse de celles utilisées comme corridors de passage. De même, l'accès aux estimations de taux de prédation, essentiel à l'évaluation des interactions entre prédateurs et proies reste dépendant des mesures de déplacement des animaux en action.



Blanc L. et al. 2013. Abundance of rare and elusive species: empirical investigation of closed vs. spatially explicit capture-recapture models with Lynx as a case study. *Journal of Wildlife Management* 77: 372-378.
<https://oliviergimenez.github.io/pubs/Blancetal2012JWM.pdf>

Dehart A. 2018. Deharte A., 2018 : PROGRAMME PREDATEUR PROIE LYNX : Bilan démographique et cartographie des lynx boréal, *Lynx lynx*, présents sur les sites pilotes de l'Ain et du Jura par piégeage photographique. *Rapport de stage Master2 Biodiv ONCFS / Univ Toulouse III*. 60p + annexes

Efford MG. 2011. Estimation of population density by spatially explicit capture-recapture analysis of data from area searches. *Ecology* 92(12), 2011, pp. 2202-2207
<https://doi.org/10.1890/11-0332.1>

Fanjul JB. & Drouet-Hoguet N. 2019. Programme Prédateur-Proies Lynx : Groupes de travail PNA Lynx - 11-12 avril 2019 Besançon. http://www.bourgogne-franche-comte.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/gt-pnalynx-avril2019_progpredproieslynx_cle05583e.pdf

Gatti S. et al., 2014. Estimation des densités de lynx dans le massif du Jura entre 2011 et 2014. *Faune sauvage* N° 304. p4-8
http://www.oncfs.gouv.fr/IMG/file/mammiferes/carnivores/grands/FS_304_densite_lynx_massif_Jura.pdf

Gimenez O. et al., 2019. Spatial density estimates of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the French Jura and Vosges Mountains. *Ecology and Evolution* 9:11707-11715.
<https://doi.org/10.1002/ece3.5668>

Louvrier J. et al. 2017 ; Mapping and explaining wolf recolonization in France using dynamic occupancy models and opportunistic data. *Ecography* 41 : 647-660
<https://doi.org/10.1111/ecog.02874>

ONCFS UPAD, 2011. Estimation de la densité en lynx par suivi non invasif photographique. *Rapport Scientifique ONCFS* 2011. p47.
http://www.oncfs.gouv.fr/IMG/file/mammiferes/carnivores/grands/rs11_lynx_piege_photographique.pdf

Réseau loup/lynx. 2018. Flash info : Bilan national de l'évolution de l'aire de présence détectée du lynx. http://www.oncfs.gouv.fr/IMG/pdf/FLASH_INFO_LYNX_2018.pdf

Rovero F. & Zimmerman F. 2016. Camera Trapping for Wildlife Research. *Pelagic Publishing*.
<https://pelagicpublishing.com/products/camera-trapping-for-wildlife-research>



Royle A. et al, 2014. Spatial Capture-Recapture. Academic press
Copyright © 2014 Elsevier Inc <https://doi.org/10.1016/C2012-0-01222-7>.

Royle A. et al. 2015. Likelihood analysis of spatial capture-recapture models for stratified or class structured populations. *Ecosphere* 6(2) : 1-10. <https://doi.org/10.1890/ES14-00148.1>

Sutherland C. et al. 2019. oSCR: a spatial capture–recapture R package for inference about spatial ecological processes. *Ecography* 1459 :1459–1469 2019
<https://doi.org/10.1111/ecog.04551>

White G. et al., 1982. Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations. *United States: N. p., 1982.* <https://www.osti.gov/biblio/6729610>

Zimmerman F. et al, 2018. Abondance et densité du lynx dans le Sud du Jura suisse : estimation par capture-recapture photographique dans le sous-compartiment la, durant l'hiver 2017/18. Kora Bericht N°80. ISSN 1422-5123.
https://www.kora.ch/fileadmin/file_sharing/5_Bibliothek/52_KORA_Publikationen/520_KORA_Berichte/KORA_Rapport_80_F_Piegeage-fotographique_Jura_Sud_C-1a_2017-18.pdf

