



HAL
open science

Utilisation de pièges photographiques pour estimer la taille d'une population de Panthère des Neiges (*Panthera uncia*) dans deux réserves naturelles du Kirghizstan

Claire Lambert

► **To cite this version:**

Claire Lambert. Utilisation de pièges photographiques pour estimer la taille d'une population de Panthère des Neiges (*Panthera uncia*) dans deux réserves naturelles du Kirghizstan. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-04946281

HAL Id: dumas-04946281

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04946281v1>

Submitted on 13 Feb 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE,
AGROALIMENTAIRE ET DE L'ALIMENTATION NANTES ATLANTIQUE
ONIRIS 2019

THESE CONFIDENTIELLE JUSQU'AU 06/12/2024

**UTILISATION DE PIEGES PHOTOGRAPHIQUES
POUR ESTIMER LA TAILLE D'UNE POPULATION DE
PANTHERE DES NEIGES (*Panthera uncia*) DANS DEUX
RESERVES NATURELLES DU KIRGHIZSTAN**

THESE

pour le diplôme d'Etat de
DOCTEUR VETERINAIRE

Présentée et soutenue publiquement
le 06 décembre 2019
devant
la Faculté de Médecine de Nantes
par

Claire LAMBERT

Née le 27 janvier 1993 à Niort (79)

JURY

Président : Monsieur Patrick LUSTENBERGER
Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes

Rapporteur : Madame Suzanne BASTIAN
Maître de conférences à Oniris

Assesseur : Monsieur François MEURENS
Professeur à Oniris

Département BPSA Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment		
Responsable : Carole PROST - adjoint : Jean-Claude DESFONTIS, François MEURENS		
Nutrition et endocrinologie	Henri Dumon* (Pr) Patrick NGuyen* (Pr)	Lucile Martin (Pr)
Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude Desfontis (Pr) Yassine Mallem (Pr) Antoine Rostang (MCC)	Martine Kammerer (Pr) Hervé Pouliquen* (Pr)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie Bach (Pr) Lionel Martignat (Pr)	Julie Herve (MC) Grégoire Mignot (MC)
Histologie et anatomie pathologique	Jérôme Abadie* (MC) Laetitia Jaillardon* (MC)	Marie-Anne Colle* (Pr) Frédérique Nguyen* (MC)
Pathologie générale, microbiologie et immunologie	François Meurens (Pr) Jean-Louis Pellerin* (Pr)	Emmanuelle Moreau (MC HDR) Hervé Sebbag (MC)
Biochimie alimentaire industrielle	Clément Cataneo (MC) Laurent Le Thuaut (MC) Thierry Serot (Pr)	Joëlle Grua (MC) Carole Prost (Pr) Florence Texier (MC)
Microbiotech	Géraldine Boue (MC) Emmanuel Jaffres (MC) Raouf Tareb (MCC) Bénédicte Sorin (IE)	Nabila Haddad (MC) Mathilde Mosser (MC) Hervé Prevost (Pr)
Département SAESP Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique		
Responsable : Alain CHAUVIN - adjoint : Raphaël GUATTEO		
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel Cappelier* (Pr) Michel Federighi (Pr) Catherine Magras* (Pr) Fanny Renois -Meurens (MC)	Eriic Dromigny (MC HDR) Bruno Le Bizec (Pr) Marie-France Pilet(Pr)
Médecine des animaux d'élevage	Sébastien Assie* (MC) Isabelle Breyton (MC) Alain Douart* (MC) Mily Leblanc Maridor (MC) Anne Relun (MCC)	Catherine Belloc* (Pr) Christophe Chartier* (Pr) Raphaël Guatteo* (Pr)
Parasitologie, aquaculture, Faune sauvage	Albert Agoulon (MC) Ségolène Calvez (MC) Nadine Ravinet (MC)	Suzanne Bastian (MC) Alain Chauvin* (Pr)
Maladies réglementées, zoonoses et réglementation sanitaire	Carole Peroz (MC)	Nathalie Ruvoen* (Pr)
Zootechne	Nathalie Bareille* (Pr) Christine Fourichon* (MC HDR) Nora Navarro-Gonzalez (MCC)	François Beaudeau* (Pr) Aurélien Madouasse (MC)

Département DSC Sciences Cliniques		
Responsable : Interim Marc GOGNY		
Anatomie comparée	Eric Betti (MC) Claude Guintard (MC)	Claire Douart (MC)
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Eric Aguado (MC HDR) Eric Goyenville (MC HDR) Caroline Tessier* (MC)	Olivier Gauthier (Pr) Béatrice Lijour (MC) Gwénola Touzot-Jourde* (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Patrick Bourdeau* (Pr)	
Médecine interne, imagerie médicale et législation professionnelle vétérinaire	Nora Bouhsina (MCC) Anne Courouze * (Pr) Amandine Drut* (MC) Catherine Ibisch (MC) Odile Senecat (MC)	Nicolas Chouin (MC) Jack-Yves Deschamps (Pr) Marion Fusellier-Tesson (MC) Françoise Roux* (Pr)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Djemil Bencharif (MC HDR) Jean-François Bruyas* (Pr)	Lamia Briand (MC HDR) Francis Fieni* (Pr)
Département GPA Génie des Procédés Alimentaires		
Responsable : Olivier ROUAUD - adjoint : Sébastien CURET-PLOQUIN		
Lionel Boillereaux (Pr) Marie De Lamballerie (Pr) Francine Fayolle (Pr) Vanessa Jury (MC) Alain Lebaill (Pr) Jean-Yves Monteau (MC HDR) Laurence Pottier (MC) Cyril Toubanc (MC)	Sébastien Curet Ploquin (MC) Dominique Della Valle (MC HDR) Michel Havet (Pr) Emilie Korbel (MCC) Catherine Loisel (MC) Olivier Rouaud (Pr) Eve-anne Norwood (MCC)	
Département MSC Management,		Statistiques et Communication
Responsable : Sibylle DUCHAINE - adj		ointe : Samira ROUSSELIERE (MC)
Mathématiques, statistiques, Informatique	Véronique Cariou (MC) El Mostafa Qannari (Pr) Chantal Thorin (Pr AG.)	Philippe Courcoux (MC) Michel Semenou (MC) Evelyne Vigneau (Pr)
Economie, gestion	Pascal Barillot(MC) Florence Beaugrand (MC) Sonia EL Mahjoub (MC) Samira Rousseliere (MC)	Ibrahima Barry (MCC) Sibylle Duchaine (MC) Jean-Marc Ferrandi (Pr)
Langues et communication	Fabiola Asensio (PCEA) David Guyler (ens. cont.) Shaun Meehan (ens. cont.)	Marc Bridou (PLPa) Franck Insignares (IE) Linda Morris (PCEA)

BTs : **Laurence Freret (PCEA)** Christophe Caron (PLPA), Pascale Fleury(PCEA), Virginie Magin (Ens. Cont.), Françoise Brichet (IAE).

Professeurs émérites : Xavier Dousset

Guide de lecture des tableaux suivants :Pr : Professeur, Pr. AG : Professeur agrégé. MC : maître de Conférences, MCC : MC contractuel, PLPA : Professeur Lycée Professionnel Agricole, PCEA : Professeur Certifié Enseignement Agricole, IE : Ingénieur d'Etudes ; IAE : Ingénieur de l'Agriculture et de l'Environnement ; ens. cont.: enseignant contractuel; HDR : Habilité à Diriger des Recherches

* Vétérinaire spécialiste d'une spécialité européenne, américaine ou française

Remerciements du jury et des encadrants

A monsieur Patrick LUSTENBERGER,

Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes

Pour nous avoir fait l'honneur d'encadrer notre jury de thèse,

Sincères remerciements.

A madame Suzanne BASTIAN,

Professeur à L'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes – ONIRIS

Pour avoir encadré ce travail de thèse, pour ses conseils et sa disponibilité et l'aide apportée,

Sincères remerciements.

A monsieur François MEURENS,

Professeur à L'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes – ONIRIS

Pour nous avoir fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,

Sincères remerciements.

A madame Anne-Lise CABANAT et monsieur Bastien CHAIX,

Responsables du Programme de Recherche participative PANTHERA de l'ONG Objectif Sciences International.

Pour m'avoir fait découvrir ce pays incroyable, pour m'avoir enseigné le travail de terrain, pour m'avoir encadré jusqu'à la soutenance de thèse, pour toutes les choses que vous m'avez enseigné avant et pendant la réalisation de ce travail,

Chaleureux et amicaux remerciements.

A l'ensemble des participants du programme OSI-Panthera,

Pour le travail, et la motivation nécessaire sur le terrain qui nous a permis de recueillir un grand nombre de données. Un remerciement tout particulier à Julie RODE, Bastien CHAIX, Anne-Lise CABANAT pour avoir participé à l'analyse des données.

Table des Matières

Liste des figures	12
Liste des tableaux	14
Abréviations	15
Introduction.....	16
I. Présentation de la panthère des neiges	17
A. La panthère des neiges et son écosystème.....	17
1. Fiche technique de la panthère des neiges.....	17
a) Habitat	17
b) Reproduction	17
c) Régime alimentaire de la panthère des neiges	19
d) Adaptation physiologique et anatomique.....	22
e) Phylogénie et taxonomie.....	23
f) Comportement	25
g) Domaine vital.....	27
2. La panthère des neiges dans le monde	28
a) Aire de répartition	28
b) Menaces pesant sur la panthère des neiges	30
c) Statut de la panthère des neiges dans le monde	35
B. Ensembles des méthodes d'étude de la panthère des neiges existantes.....	37
1. L'utilisation de piège photographique	37
a) Méthode capture, marquage, recapture	37
b) Ratio de photographies	38
c) Inconvénient majeur des études utilisant les pièges photographiques.....	39
2. Les indices de présence	39
3. Analyse génétique	40
4. Télémétrie	41
C. Le Kirghizstan : territoire d'accueil de la panthère des neiges ?.....	42
1. La panthère des neiges au sein du Kirghizstan.....	42
a) Répartition de la panthère des neiges	42

b)	Statut de la panthère des neiges au Kirghizstan	43
c)	Proies de la panthère des neiges au Kirghizstan	43
2.	La panthère des neiges au sein de deux réserves naturelles	46
a)	Réserve de Sarychat-Ertash.....	46
b)	Réserve de Naryn	47
3.	Présentation du programme OSI Panthera	49
	Conclusion	50
II.	Partie expérimentale	51
A.	Matériel et méthodes.....	51
1.	Positionnement éthique.....	51
2.	Zones d'étude.....	51
3.	Récupération des données.....	51
a)	Pièges photographiques.....	51
b)	Mise en place des pièges photographiques sur le terrain	52
c)	Temps d'étude.....	56
4.	Méthode d'analyse.....	58
a)	Lecture des photos	58
b)	Fiche individu.....	62
c)	Création de la base de données	66
d)	Analyse descriptive.....	66
e)	Ratio de photographie.....	66
B.	Résultats	68
1.	Description piège photo	68
a)	Durée de fonctionnement des pièges photos.....	68
b)	Événement « photo de panthère »	69
c)	Efficacité des pièges photos pour capturer la panthère	71
2.	Description de la population	72
a)	Nombre de panthères identifiées	72
b)	Evolution de la population au cours de l'étude	73
c)	Sexe de la population	74
d)	Age de la population.....	75
3.	Moment d'observation des panthères des neiges.....	76
a)	En fonction des saisons	76
b)	En fonction du moment de la journée	76
4.	Dénombrement	78

a) Recapture	78
b) Le ratio de photographies	79
Conclusion sur les résultats	81
III. Discussion générale et perspectives	82
1. Critique du dispositif d'observation	82
2. Bilan des observations sur les deux réserves	82
a) Nombre d'événements « capture »	82
b) Nombres de panthères identifiées	83
c) Evolution de la population au cours de l'étude	83
d) Sexe de la population	83
e) Moment d'observation des panthères des neiges	84
f) Recapture	84
g) Ratio de photo	85
3. Estimation des effectifs et densité de population	85
4. La méthode du ratio de photographies : un bon indice d'abondance ?	87
5. Biais liés au positionnement des pièges photographiques	88
6. Pistes d'amélioration pour le protocole	91
Conclusion	93
Bibliographie	95

Liste des figures

Figure 1 : Cinq panthères des neiges photographiées ensemble par un piège photo en Mongolie (Trust 2011)	18
Figure 2 : Cycle de reproduction de la panthère des neiges. Claire Lambert	19
Figure 3 : Photo de panthère des neiges transportant une marmotte (<i>Marmota baibacina</i>) dans la réserve de Sarychat-Ertash au Kirghizstan – Crédit photo Snow Leopard Trust (Brown s. d.)	20
Figure 4 : Structure biochimique de la Tamarixine A (Liu et al. 2015)	21
Figure 5 : Photo de <i>myricaria bracteata</i> dans la réserve de Sarychat Ertash - Crédit photo Claire Lambert	22
Figure 6 : Liens de parenté entre les félins du genre <i>Panthera</i> sous forme d'un arbre phylogénétique (Davis, Li, et Murphy 2010)	23
Figure 7 : Distribution géographique des sous-espèces de la panthère des neiges (Janecka et al. 2017)	24
Figure 8 : Grattage (flèche bleues) et fèces (flèche jaune) de la panthère des neiges dans la réserve de Sarychat-Ertash Kirghizstan. Crédit photo Claire Lambert.....	25
Figure 9 : Jet d'urine (flèche bleue) de panthère des neiges le long d'une paroi rocheuse. Crédit photo Anne-Lise Cabanat.....	25
Figure 10 : Fèces de panthère des neiges caractérisées dans certains écosystèmes par une présence abondante de brindilles. Crédit photo Claire Lambert.....	26
Figure 11 : Empreinte de panthère des neiges dans la réserve de Sarychat-Ertash Kirghizstan. Crédit photo Claire Lambert.....	26
Figure 12 : Graphique d'une étude effectuée en Mongolie sur 4 panthères équipées de colliers radio monitoré par télémétrie montrant le pourcentage d'activité en fonction du moment de la journée (M. McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005).....	27
Figure 13 : Estimation de l'aire de répartition de la panthère des neiges en 1997 par Hemmer (McCarthy et al. 2016).....	28
Figure 14 : Aire de répartition estimée en 2008 par un groupe d'experts, en fonction de la probabilité de présence de la panthère des neiges (possible, probable ou définitive) (McCarthy et al. 2016).....	29
Figure 15 : Carte représentant les zones de conservation et de protection de la panthère des neiges proposées en 2008 par un groupe d'experts de l'espèce (SLCU Snow Leopard Conservation Units) (McCarthy et al. 2016).....	30
Figure 16 : Nombre d'indices de présences de la panthère des neiges et nombre minimal de la population de Tahr dans la vallée du Thame sur 5 ans. Graphe inséré : nombre minimum de Tahr dans le parc National du Sagarmatha (Ferretti et al. 2014).....	31
Figure 17 : Lésions pathologiques attribuées à la gale sarcoptique chez des bouquetins de Sibérie dans la réserve de Sarychat-Ertash au Kirghizstan -Crédit photo Osi-panthera	32
Figure 18 : Evolution possible de la distribution de la panthère des neiges en 2080 suivant le modele IPCC scenario A1B (Farrington et Li 2016).....	34
Figure 19 : Statut de la panthère des neiges en 2017 par l'IUCN (M. McCarthy, Mallon, et Jackson 2017).....	36
Figure 20 : Carte du Kirghizstan montrant les aires protégées dont les réserves de Naryn (flèche bleue) et Sarychat-Ertash (flèche orange) (« Sustainable Mountain Development in Central Asia. » 2012).....	42
Figure 21 : Bouquetins de Sibérie (<i>Capra sibirica</i>) mâles (à gauche), femelles (à droite) - Crédit photo OSI-Panthera	44

Figure 22 : Mouflons (<i>ovis ammon</i>) mâles (à gauche) et femelles à droite - Crédit photo OSI-Panthera	44
Figure 23 : Pika (<i>Ochotona macrotis</i>) - Crédit photo Anne-Lise Cabanat.....	44
Figure 24 : Tétraoagalle de l'Himalaya (<i>Tetraogallus himalayensis</i>) - Crédit photo OSI-Panthera.....	45
Figure 25 : Logo de la réserve de Sarychat-Ertash	46
Figure 26 : Carte des 14 zones de la réserve de Sarychat-Ertash - Crédit image Sarychat-Ertash State reserve.....	47
Figure 27 : Logo de la réserve de Naryn montrant le Wapiti du Tian Shan et l'épicéa de Schrenk.....	47
Figure 28 : Carte de la zone primaire (en rouge) et secondaire (en vert) de la réserve de Naryn (Chaix 2018).....	48
Figure 29 : Logo du programme OSI-Panthera de l'ONG OSI.....	49
Figure 30 : Pose et réglage d'un piège photographique dans la réserve de Sarychat-Ertash – Crédit photo Aline Dépraz.....	53
Figure 31 : Localisation des pièges photographiques de la réserve de Naryn sur la période de 2016 à 2018.....	54
Figure 32 : Localisation des pièges photographiques de la réserve de Sarychat-Ertash sur la période de 2016 à 2018.....	55
Figure 33 : Altitude des pièges photographiques dans la réserve de Naryn et de Sarychat-Ertash.....	56
Figure 34 : Frise temporelle de l'étude photographique dans la réserve de Naryn	57
Figure 35 : Frise temporelle de l'étude photographique dans la réserve de Sarychat-Ertash.....	57
Figure 36 : Photo de la panthère Aiperi prise en septembre 2016 dans la réserve de Sarychat - Crédit photo OSI-Panthera.....	59
Figure 37 : Photo de la panthère Aiperi prise en décembre 2016 dans la réserve de Sarychat-Ertash - Crédit photo OSI-Panthera	59
Figure 38 : Identification d'aiperi grâce à l'antérieur droit - Crédit photo OSI-Panthera	60
Figure 39 : Identification du sexe dans la réserve de Sarychat-Ertash : mâle Aiperi (à gauche) et femelle Elmikau (à droite) - Crédit photo OSI-Panthera	61
Figure 40 : Présence d'Aika (à droite) avec 2 de ses petits ("cub2" en haut à gauche et "petit 1" en dessous) en mai 2018 dans la réserve de Naryn - Crédit photo OSI-Panthera	61
Figure 41 : "Cub 1" de la panthère Aika dans la réserve de Naryn en décembre 2017 à gauche puis en juillet 2018 à droite - Crédit photo OSI-Panthera	62
Figure 42 : Fiche individu de la panthère " M3 " de la réserve de Sarychat-Ertash.....	63
Figure 43 : Exemple du tableau de la base de donnée après lecture des photos.....	66
Figure 44 : Fonctionnement des pièges photographiques en nombre de jours par réserve.....	69
Figure 45 : Evolution du nombre d'évènements « photo de panthère sans identification »	70
Figure 46 : Evolution du nombre d'évènements « photo de panthère avec identification »	70
Figure 47 : Pourcentage de pièges photographiques avec capturé d'au moins une panthère des neiges (N = NO ; Y = YES)	71
Figure 48 : Nombre total de panthères des neiges identifiées dans les deux réserves.....	72
Figure 49 : Evolution de la population de panthères des neiges dans les deux réserves.....	73
Figure 50 : Pourcentage de panthère des neiges dans les deux réserves en fonction de leur sexe.....	74
Figure 51 : Age de la population de panthère des neiges identifiées dans les deux réserves.....	75
Figure 52 : Pourcentage de capture photographique en fonction des saisons	76
Figure 53 : Activité de la panthère des neiges en fonction de l'instant de la journée.....	76
Figure 54 : Activité de la panthère des neiges au cours d'une journée type	77
Figure 55: Période d'activité de la panthère des neiges en fonction du sexe.....	77
Figure 56 : Nombre d'évènements « capture photographique » pour chaque panthère dans la réserve de Sarychat-Ertash sur l'ensemble de la durée de l'étude	78

Figure 57 : Nombre d'événements « capture photographique » pour chaque panthère dans la réserve de Naryn sur l'ensemble de la durée de l'étude	78
Figure 58 : Evolution du ratio de photographies en fonction de l'année entre 2016 et 2018.....	80
Figure 59 : Estimation des aires surveillées en fonction de différentes méthodes employées dans la littérature (Mccarthy et al. 2008).....	86
Figure 60 : Graphique montrant que la densité et le ratio de photo sont corrélés chez le tigre (Carbone et al. 2001).....	88
Figure 61 : Carte localisant les différentes études concernant l'estimation de la population de la panthère des neiges par le biais de pièges photographiques ou d'analyses génétiques (points noirs) (Suryawanshi et al. 2019).....	89
Figure 62 : Graphique révélant des estimations de la densité de population de la panthère des neiges en fonction de la taille de la zone étudiée (Suryawanshi et al. 2019)	90

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nombre d'emplacements utilisés par année et par réserve	53
Tableau 2 : Durée cumulée de fonctionnement des pièges photographiques des deux réserves en nombre de jours (S1= premier semestre, S2= second semestre)	68
Tableau 3 : Ratio de photographies dans les deux réserves pendant toute la durée de l'étude	79
Tableau 4 : Temps d'attente moyen pour observer la première panthère	80

Abréviations

CITES = Convention International Trade in Endangered Species

CMR = Capture Marquage Recapture

CMS = Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals

GPS = Global Positioning System

IUCN = International Union for Conservation of Nature

NA = No available = Résultat non disponible

NABU = Nature and Biodiversity Conservation Union

ONG = Organisation Non Gouvernementale

ONU = Organisation des Nations Unies

OSI = Objectif Sciences International

SLCUs = Snow Leopard conservation Units

SLIMS = Snow Leopard Information Management System

SLT = Snow Leopard Trust

Introduction

La panthère des neiges (*Panthera uncia*) est un animal extrêmement difficile à observer. Ce mystérieux félin a suscité pendant des années la curiosité des biologistes. Surnommé le fantôme de l'Himalaya ou Once ce n'est que dans les années 70 que les premières photos de panthères des neiges sont apparues (Schaller 1971) cité par (Mccarthy et al. 2008).

Il y a seulement 10 ans que la première panthère a été filmée. Des journalistes de BBC Nature l'ont observée en train de chasser. Son camouflage, sa faible densité de population, son habitat difficile d'accès et son caractère farouche en font un animal cryptique et les nouvelles techniques d'étude se révèlent essentielles pour améliorer la connaissance de cet animal.

Depuis une dizaine d'années les études concernant la panthère des neiges se multiplient (Mccarthy et al. 2008). Elles utilisent des méthodes non invasives, telles que la génétique des fèces, les pièges photographiques, la présence de proies, ou des méthodes dites « invasives » comme par exemple la mise en place de colliers GPS (Global Positioning System) ou de radio-fréquence pour la télémétrie.

De nombreuses études portent sur la connaissance des carnivores et en particuliers des grands félins. En effet, les grands carnivores jouent un rôle essentiel dans la conservation des écosystèmes par la régulation des espèces de proies, c'est pourquoi ils sont souvent au cœur des programmes de conservation (Sharma et al. 2014).

Cette thèse s'inscrit dans le projet de sciences participatives mené par le programme OSI-Panthera de l'ONG (Organisation Non Gouvernementale) OSI-Panthera (Objectif Sciences International) qui étudie la panthère des neiges au Kirghizstan depuis 2006. Ce travail s'inscrit alors dans une étude au long cours qui sera publiée prochainement, d'où la confidentialité de l'étude actuelle. Les observations utilisées dans cette thèse sont le fruit du travail d'un grand nombre de bénévoles de l'organisation qui, chaque année, partent recueillir ces précieuses données : relevés de pièges photographiques, traces de passage et échantillons de fèces pour le typage génétique.

Dans ce volet de l'étude, nous avons examiné trois ans de données de pièges photographiques (2016 à 2018) dans ces deux réserves, dans le but de faire un état des lieux de la population de la panthère des neiges, c'est-à-dire les dénombrer pour estimer la densité de population ou, établir un indice d'abondance relatif qui pourra servir au suivi dans les prochaines années. Le premier objectif est de critiquer et d'améliorer la technique d'étude actuelle menée via des pièges photographiques. Les pièges photographiques sont-ils réellement utiles pour l'étude de la population de la panthère des neiges ? Comment améliorer leur utilisation ? Comment les interpréter ?

Le second objectif est à plus grande échelle, il est d'avoir un point de départ pour effectuer une surveillance de la population de ces deux réserves au cours du temps.

I. Présentation de la panthère des neiges

A. La panthère des neiges et son écosystème

1. Fiche technique de la panthère des neiges

a) Habitat

Bien que répartie sur de larges aires géographiques, la panthère des neiges n'est présente que dans un écosystème bien particulier : les montagnes, et plus précisément les montagnes d'Asie centrale (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005). En effet, celle-ci est observée entre 600 et 4000 mètres d'altitude dans le nord de son aire de répartition et entre 1800 et 5800 mètres dans le sud (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005). Cet animal est capable d'occuper des habitats très escarpés avec des pentes allant jusqu'à 40° (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005). Il est très agile et évolue typiquement en bord de falaise ou le long des crêtes (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005).

Ses habitats préférentiels sont diversifiés : elle occupe principalement des habitats désertiques de haute montagne, mais peut aussi vivre dans des zones boisées voire des forêts denses similaires à certains habitats alpins (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005; Fox et Chundawat 2016).

b) Reproduction

La panthère des neiges est généralement solitaire (Fox et Chundawat 2016). Il arrive qu'elle soit observée en petit groupe de 2 à 4 individus lors de la période d'accouplement et lorsque la mère élève les petits (Fox et Chundawat 2016).

La période d'accouplement s'étendrait de janvier à mars (observations en captivité), puis, la naissance des petits s'effectuerait sur la période d'avril à juin après une période de gestation de 90 à 105 jours (Rieger 1984 cité par (Fox et Chundawat 2016). En milieu naturel, les portées sont généralement composées de 2 à 3 petits et plus rarement 1 ou 4 petits (Rieger 1984 cité par (Fox et Chundawat 2016). Pour la première fois en 2011 le Snow Leopard Trust (SLT) a observé un groupe de 5 panthères sur un de leurs pièges photos situé en Mongolie (Figure 1) (Trust 2011). Leurs chercheurs ont émis l'hypothèse qu'il s'agirait d'une mère et de ses 4 petits.



FIGURE 1 : CINQ PANTHERES DES NEIGES PHOTOGRAPHIEES ENSEMBLE PAR UN PIEGE PHOTO EN MONGOLIE (TRUST 2011)

Les jeunes sont ensuite sevrés vers l'âge de 5 mois mais la femelle et les petits restent ensemble pour une période d'élevage des jeunes de près de 1 à 2 ans (d'après Novikov et al 1956 « carnivorous mammals of the fauna of USSR » cité par (Fox et Chundawat 2016)). L'activité sexuelle débute à l'âge de 2-3 ans et elle pourrait s'étendre jusqu'à 15 ans en captivité (Fox et Chundawat 2016). Le cycle de reproduction de la panthère des neiges est résumé par la Figure 2.

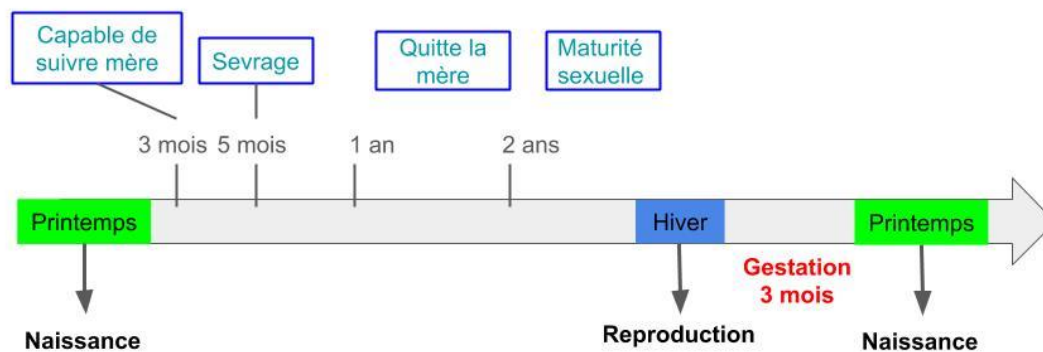


FIGURE 2 : CYCLE DE REPRODUCTION DE LA PANTHERE DES NEIGES. CLAIRE LAMBERT

c) Régime alimentaire de la panthère des neiges

Les études montrent que le régime alimentaire de la panthère des neiges est constitué en majorité par des ongulés sauvages, du bétail et de petites proies (rongeur, marmotte, oiseaux) (Mallon, Harris, et Wegge 2016).

(1) MAMMIFERES

Le régime alimentaire de la panthère des neiges est constitué principalement d'ongulés sauvages du genre *Capra* et *Ovis*. Les ongulés sauvages présents dans les 2 réserves étudiées sont l'ibex, également appelé ibex de Sibérie ou bouquetin de Sibérie (*Capra sibirica*) et l'Argali ou plus communément mouflon (*Ovis ammon*).

D'après une étude d'analyse de fèces effectuée dans la réserve de Sarychat-Ertash (Kirghizstan), la panthère des neiges a une alimentation constituée de 50% de mouflons (*Ovis ammon*), de 30% de bouquetins (*Capra sibirica*) et de 8% de marmotte grise (*Marmota baibacina*) (Jumabay-Uulu et al. 2014). Les 12% restants de son alimentation seraient constitués de petits mammifères non identifiés. Mais cette étude a été effectuée en été, ainsi, il est fortement probable que le régime alimentaire soit quelque peu modifié en hiver en lien, par exemple, à l'hibernation des marmottes (Jumabay-Uulu et al. 2014).

Une autre étude a été effectuée en Mongolie où les chercheurs ont traqué 249 proies de panthères par le biais de 19 colliers GPS (O. Johansson et al. 2015). Il a été constaté que le régime alimentaire de la panthère des neiges serait constitué de 65 % de bouquetins de Sibérie, 8% de mouflons, 20% d'ongulés domestiques (chèvres/moutons), 4% de chevaux et 2% de chameaux, soit 27% de bétail (O. Johansson et al. 2015).

Plus généralement, les études concordent sur le fait que la panthère des neiges se nourrit principalement d'ongulés sauvages. Concernant les petits mammifères les résultats sont plus disparates. En effet, les études par colliers GPS ne peuvent étudier cette prédation car l'ingestion d'une proie de petite taille s'exécute en une fois à contrario des proies de tailles plus importantes où la panthère reviendra à plusieurs reprises sur le même lieu (O. Johansson et al. 2015).

Le rythme de chasse d'une panthère des neiges adulte serait d'environ 1 ongulé tous les 8 jours (+ / - 0,5 jours) (O. Johansson et al. 2015). Le nombre de proies tuées serait de 3,7 proies par mois en moyenne (O. Johansson et al. 2015).



FIGURE 3 : PHOTO DE PANTHERE DES NEIGES TRANSPORTANT UNE MARMOTTE (*MARMOTA BAIBACINA*) DANS LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH AU KIRGHIZSTAN – CREDIT PHOTO SNOW LEOPARD TRUST (BROWN S. D.)

(2) ONGULES DOMESTIQUES

La panthère des neiges est connue dans la plupart de ses zones de présence comme un prédateur important des ongulés domestiques ce qui en fait un danger pour sa conservation (Jumabay-Uulu et al. 2014).

La prédation du bétail dépend de l'écosystème de la zone étudiée. Les prédateurs d'animaux domestiques par la panthère des neiges varient ainsi considérablement. Allant de 0% dans la réserve de Sarychat Ertash (l'étude ayant été réalisée dans la zone cœur de la réserve où il n'y a pas de troupeau) (Jumabay-Uulu et al. 2014) jusqu'à 70,7 % dans le nord du Pakistan (Anwar et al. 2011).

Une étude spécifique réalisée en Mongolie, dans une zone où la densité d'ongulés domestiques est beaucoup plus importante que celle des ongulés sauvages, révèle que la prédation du bétail représenterait uniquement 27% du régime alimentaire des panthères des neiges. Ainsi, malgré une forte pression de l'élevage la panthère des neiges privilégie à 73% les proies sauvages. (O. Johansson et al. 2015).

Dans les zones de prédation avérée sur les troupeaux, il existe une différence notable du choix des proies en fonctions de l'âge et du sexe des prédateurs : les mâles chasseraient 2 à 6 fois plus de bétail

que les femelles et les jeunes qui préféreraient les ongulés sauvages ou les petits mammifères (O. Johansson et al. 2015).

(3) PLANTES

Une des particularité du régime alimentaire de la panthère des neiges, contrairement aux autres grands félins serait la fréquence de résidus de végétaux retrouvés dans ses fèces (Mallon, Harris, et Wegge 2016).

La myricaria (*Myricaria bracteata*), arbuste de quelques centimètres à plusieurs mètres de haut (Figure 5), serait très appréciée par la panthère des neiges comme le montre l'étude de ((Jumabay-Uulu et al. 2014) où ils ont retrouvé cette plante dans 45% des fèces. L'attrait de la panthère des neiges pour la *Myricaria bracteata* reste sans explication pour le moment. Peut-être s'agit-il d'une valeur diététique importante ou bien pourrait-elle agir comme un vermifuge (Mallon, Harris, et Wegge 2016) ? Des scientifiques ont observé cette attirance de la panthère des neiges pour cette plante lors de la saison de reproduction (Chundawat et Rawat. 1994 cité par Jumabay-Uulu et al. 2014).

Il est à noter que l'absence de myricaria dans le milieu n'influence pas la présence de panthère des neiges, ce qui est par exemple le cas dans de nombreuses vallées de la réserve de Naryn au Kirghizstan (données non publiées d'OSI-Panthera).

En l'état actuel de la recherche, cette plante contiendrait un composant qui pourrait avoir un effet anti-inflammatoire (Figure 4). En effet, la Tamarixine A contenu dans la myricaria aurait montré une diminution significative de l'œdème induit chez des souris (69,8 % de diminution à 200mg/kg)). Une diminution de l'arthrose a été également observée (46% de diminution à 20mg/kg) (Liu et al. 2015).

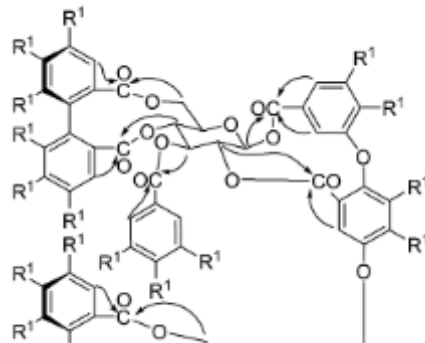


FIGURE 4 : STRUCTURE BIOCHIMIQUE DE LA TAMARIXINE A (LIU ET AL. 2015)



FIGURE 5 : PHOTO DE *MYRICARIA BRACTEATA* DANS LA RESERVE DE SARYCHAT ERTASH - CREDIT PHOTO CLAIRE LAMBERT

d) Adaptation physiologique et anatomique

Peu d'informations sont disponibles sur l'anatomie et la physiologie de la panthère des neiges. Sa rareté dans la nature ainsi que dans les collections de musées rend difficile l'étude de ce félin, qui est l'espèce la moins étudiée du genre *Panthera*. La panthère des neiges a su s'adapter à un milieu extrême puisqu'elle est retrouvée jusqu'à 5800 mètres d'altitude (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005 ; Fox et Chundawat 2016). Sa fourrure composée de motifs, appelés rosettes, lui permet de se camoufler et de résister au froid. Elle doublerait d'épaisseur sur les flancs en hiver et quasi triplerait sur l'abdomen (Hemmer 1972). Elle possède une queue de 80 à 100 centimètres soit quasiment la longueur de son corps (de la tête à la base de la queue) (Hemmer 1972). Cette queue lui permettrait de s'équilibrer dans les terrains abrupts et de se protéger du froid. Son anatomie lui permet de sauter et de tourner de façon très rapide et agile pour chasser les ongulés sauvages (Fox et Chundawat 2016). Son crâne est plus bombé et plus petit que ses congénères du genre *Panthera* tels que le lion, le jaguar, le léopard, et le tigre. Le genre *Panthera* est caractérisé par le remplacement de l'os épihyoïde du complexe hyoïdien par un ligament. Cette formation anatomique permettrait aux félins du genre *Panthera* de pouvoir rugir. Cependant la panthère des neiges est incapable de rugir, en effet elle émet uniquement des gémissements et des grognements (Fox et Chundawat 2016).

Pour ce qu'il en est des adaptations physiologiques à la vie en haute montagne une étude à récemment montré que la panthère des neiges ne faisait pas exception aux autres félins (Janecka et al. 2015). En

effet les félins ont généralement une hémoglobine avec une faible affinité de liaison à l'oxygène ainsi qu'une faible sensibilité au cofacteur allostérique 2,3-diphosphoglycérate (DPG) rendant alors plus compliquée la vie en altitude (Janecka et al. 2015). D'autres études seraient nécessaires pour comprendre comment la panthère des neiges a su s'adapter à la vie en haute montagne.

e) Phylogénie et taxonomie

La panthère des neiges a d'abord été exclue du genre *Panthera* à cause de ses adaptations morphologiques très différentes des autres félins du même groupe (Davis, Li, et Murphy 2010). Mais aujourd'hui les analyses génétiques confirment qu'elle peut être incluse dans le genre *Panthera*. Étonnamment, le félin le plus proche phylogénétiquement serait le tigre *Panthera tigris* (Davis, Li, et Murphy 2010), (Fox et Chundawat 2016) (Figure 6).

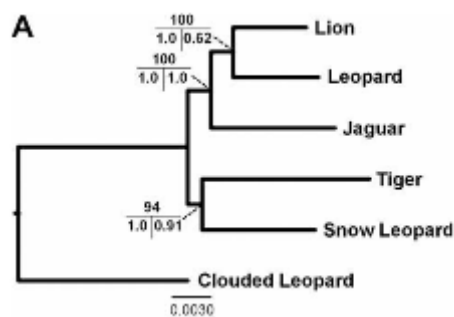


FIGURE 6 : LIENS DE PARENTE ENTRE LES FELINS DU GENRE *PANTHERA* SOUS FORME D'UN ARBRE PHYLOGENETIQUE (DAVIS, LI, ET MURPHY 2010)

Règne : ANIMALIA

Phylum : CHORDATA

Classe : MAMMALIA

Ordre : CARNIVORA

Sous ordre : FELIFORMIA

Famille : Felidae

Sous famille : Pantherinae

Genre : *Panthera*

Espèce : *uncia*

La panthère des neiges, *Panthera uncia* a historiquement été décrite contenant quatre sous espèces basées sur les différences de couleurs du manteau de fourrure (Janecka et al. 2017). Elle est de nos jours décrite comme une espèce monotypique. Une récente étude utilisant l'analyse génétiques sur des fèces échantillonnées sur l'ensemble de son aire de répartition a montré qu'il y aurait trois sous-espèces de *Panthera uncia* sur trois aires géographiques distinctes (Janecka et al. 2017) : Figure 7

- ***Panthera uncia uncia*** dans la partie ouest de l'aire de répartition de l'espèce c'est-à-dire l'ouest de l'Himalaya en Inde, Karakorum, les Pamirs et les montagnes du Tian Shan (Kirghizstan et Tadjikistan). Ce serait a priori cette sous-espèce qui serait présente dans les réserves étudiées dans notre étude.
- ***Panthera uncia uncioides*** dans la partie centrale de l'aire de répartition de l'espèce, c'est-à-dire le plateau tibétain, ainsi que la majorité des régions de l'Himalaya (Bhoutan et Népal).
- ***Panthera uncia irbis*** dans le nord de l'aire de répartition de l'espèce, c'est à dire l'Altai (ouest de la Mongolie) et la région de Gobi du sud en Mongolie également.

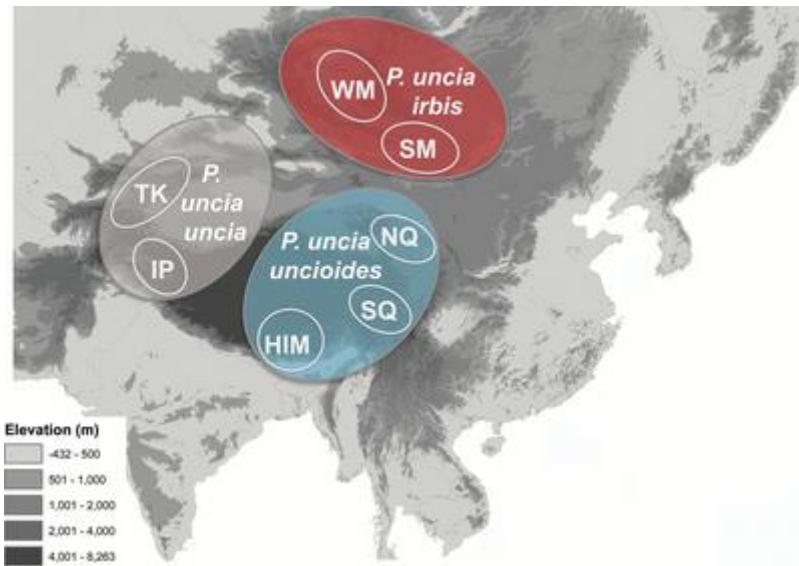


FIGURE 7 : DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DES SOUS-ESPÈCES DE LA PANTHÈRE DES NEIGES (JANECKA ET AL. 2017)

Pour évaluer l'état de conservation, il faudra donc tenir compte de cette séparation en 3 sous-espèces.

D'après cette même étude, la sous-espèce présente au Kirghizstan serait plus diversifiée génétiquement que ses voisines. En effet, *Panthera uncia uncia* aurait subi de plus importants mélanges, contrairement à d'autres populations qui seraient plus isolées et donc moins diversifiées génétiquement (Janecka et al. 2017).

f) Comportement

La panthère des neiges est un animal solitaire et territorial. Elle marche en moyenne 12 km par jour et utilise différentes méthodes pour marquer son territoire, telles que des grattages (avec les postérieurs), des jets d'urines, des fèces, ainsi que des frottements de la tête et la nuque. (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005; Fox et Chundawat 2016), (Jackson, Rodney and Hunter, Don O 1996).

- Grattage : Les panthères des neiges effectuent avec leurs membres postérieurs un grattage du sol (Figure 8). Ces grattages peuvent être associés ou non à la présence de fèces ou de jet d'urine.



FIGURE 8 : GRATTAGE (FLECHE BLEUES) ET FECES (FLECHE JAUNE) DE LA PANTHERE DES NEIGES DANS LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH KIRGHIZSTAN - CREDIT PHOTO CLAIRE LAMBERT

- Jet d'urine : La panthère utilise le jet d'urine pour marquer son territoire en particulier sur des surfaces rocheuses légèrement inclinées (abritées de la pluie) (Figure 9).



FIGURE 9 : JET D'URINE (FLECHE BLEUE) DE PANTHERE DES NEIGES LE LONG D'UNE PAROI ROCHEUSE. CREDIT PHOTO ANNE-LISE CABANAT

- Fèces (Figure 10)



FIGURE 10 : FECES DE PANTHERE DES NEIGES CARACTERISEES DANS CERTAINS ECOSYSTEMES PAR UNE PRESENCE ABONDANTE DE BRINDILLES - CREDIT PHOTO CLAIRE LAMBERT

- Les traces de griffes sont également utilisées comme indices de présence de ce grand félin. Elles peuvent être présentes sur des arbres ou sur des surfaces rocheuses (Jackson, Rodney and Hunter, Don O 1996).
- Empreintes : les traces de pas peuvent également indiquer la présence du félin (Figure 11). Il est important de noter l'absence de traces de griffes dans la majorité des cas pour différencier les empreintes de la panthère des neiges, qui a des griffes rétractiles, et celles du loup, qui n'en a pas.



FIGURE 11 : EMPREINTE DE PANTHERE DES NEIGES DANS LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH KIRGHIZSTAN. CREDIT PHOTO CLAIRE LAMBERT

Les panthères comme la plupart des félins seraient plus actives la nuit, et ceci avec une préférence pour les crépuscules (Figure 12) (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005).

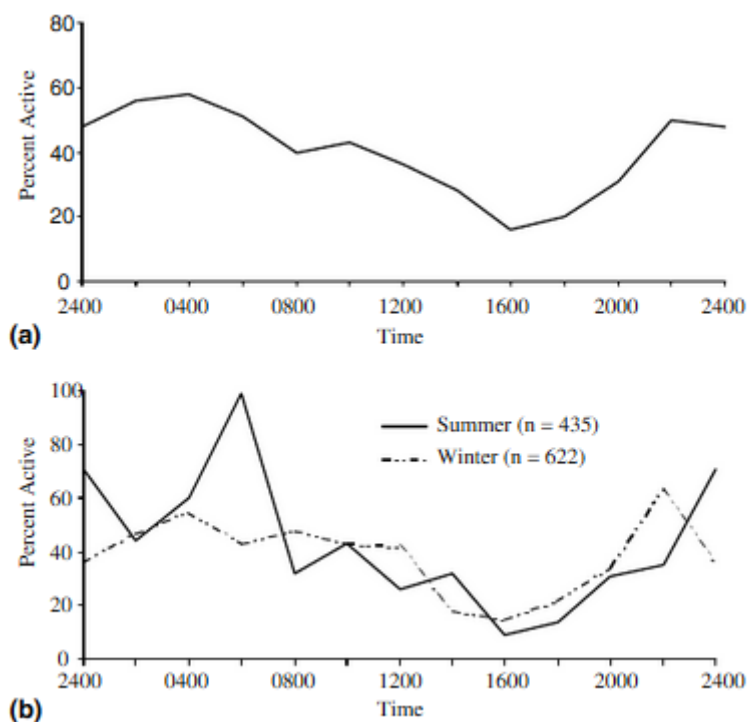


FIGURE 12 : GRAPHIQUE D'UNE ETUDE EFFECTUEE EN MONGOLIE SUR 4 PANTHERES EQUIPEES DE COLLIERS RADIO MONITORE PAR TELEMETRIE MONTRANT LE POURCENTAGE D'ACTIVITE EN FONCTION DU MOMENT DE LA JOURNEE (M. MCCARTHY, FULLER, ET MUNKHTSOG 2005)

D'après une étude effectuée en captivité les mâles utiliseraient plus le jet d'urine pour marquer le territoire que les femelles (Fox et Chundawat 2016). Par ailleurs le grattage serait utilisé de façon équivalente par les deux sexes. Il n'y a pas encore eu d'étude sur ces différences de marquages dans la nature. (Fox et Chundawat 2016)

g) Domaine vital

Ce paramètre est très difficilement accessible pour la panthère des neiges.

Le domaine vital a été estimé en Mongolie par une étude télémétrique utilisant des colliers VHF (very high frequency) à moins de 150 km² (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005). Toujours en Mongolie, des données complètement différentes ont été trouvées pour un mâle équipé d'un collier GPS qui avait un domaine vital d'au moins 1590 km², allant jusqu'à 4500 km² (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005; Fox et Chundawat 2016).

Après comparaison de plusieurs estimations de domaines vitaux il a été déduit que le domaine vital moyen des panthères des neiges sur un an serait évalué à 207 km² pour les mâles et 124 km² pour les femelles (O. Johansson et al. 2015). Ces chiffres ont été précisés par une étude réalisée en Mongolie utilisant des données GPS obtenus grâce à 14 panthères (7 mâles et 7 femelles). Le domaine vital obtenu par cette étude est de **225 +/- 33 Km²** pour les mâles et **133 +/- 23 km²** pour les femelles (Ö. Johansson et al. 2018).

2. La panthère des neiges dans le monde

a) Aire de répartition

La première carte représentant l'aire de répartition de la panthère des neiges n'a été publiée qu'en 1972 par Hemmer, citée par (McCarthy et al. 2016) (Figure 13).



FIGURE 13 : ESTIMATION DE L'AIRES DE REPARTITION DE LA PANTHERE DES NEIGES EN 1997 PAR HEMMER (MCCARTHY ET AL. 2016)

Il faut ensuite attendre l'année 2008 pour qu'un groupe d'experts de la panthère des neiges se rassemble et élabore une carte de la biogéographie de cette espèce. Cette cartographie a été élaborée grâce à une technique de modélisation développée pour les tigres puis adaptée à diverses autres espèces (McCarthy et al. 2016). Ils ont ainsi établi une carte de l'aire de répartition de la panthère en 2008 en fonction de la probabilité de présence de celle-ci (présence possible, probable et vérifiée) (Figure 14).

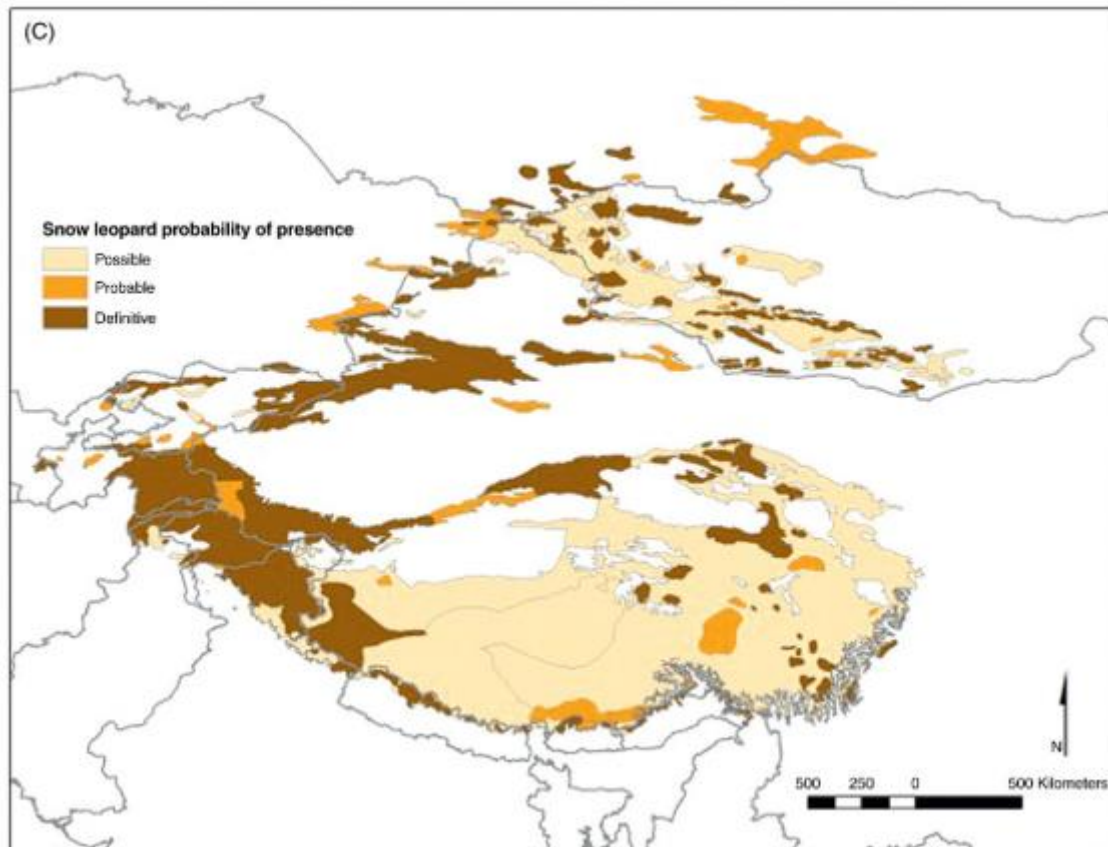


FIGURE 14 : AIRE DE REPARTITION ESTIMEE EN 2008 PAR UN GROUPE D'EXPERTS, EN FONCTION DE LA PROBABILITE DE PRESENCE DE LA PANTHERE DES NEIGES (POSSIBLE, PROBABLE OU DEFINITIVE) (MCCARTHY ET AL. 2016)

La panthère des neiges occupe ainsi un large territoire du Nord au Sud de l'Asie centrale allant de la Sibérie jusqu'à l'Himalaya et d'Est en Ouest du centre de la Chine jusqu'à l'Ouzbékistan. Cette étendue de près de 3,26 millions de km² concerne les 12 pays suivants d'Asie centrale dont l'Afghanistan, le Boutan, la Chine, l'Inde, le Kazakhstan, le Kirghizstan, la Mongolie, le Népal, le Pakistan, la Russie, le Tadjikistan et l'Ouzbékistan (McCarthy et al. 2016). Cependant, 68% de l'aire de répartition de la panthère des neiges se situe en Chine (McCarthy et al. 2016). La montagne est l'habitat de choix de la panthère des neiges concernant ainsi 8 chaînes de montagne dont le Tien Shan qui abrite nos deux zones d'études (McCarthy et al. 2016).

Une autre carte a été conjointement élaborée représentant les zones qualifiées d'« unités de conservation et de protection de la panthère des neiges » (SLCU Snow Leopard Conservation Units) (Figure 15).

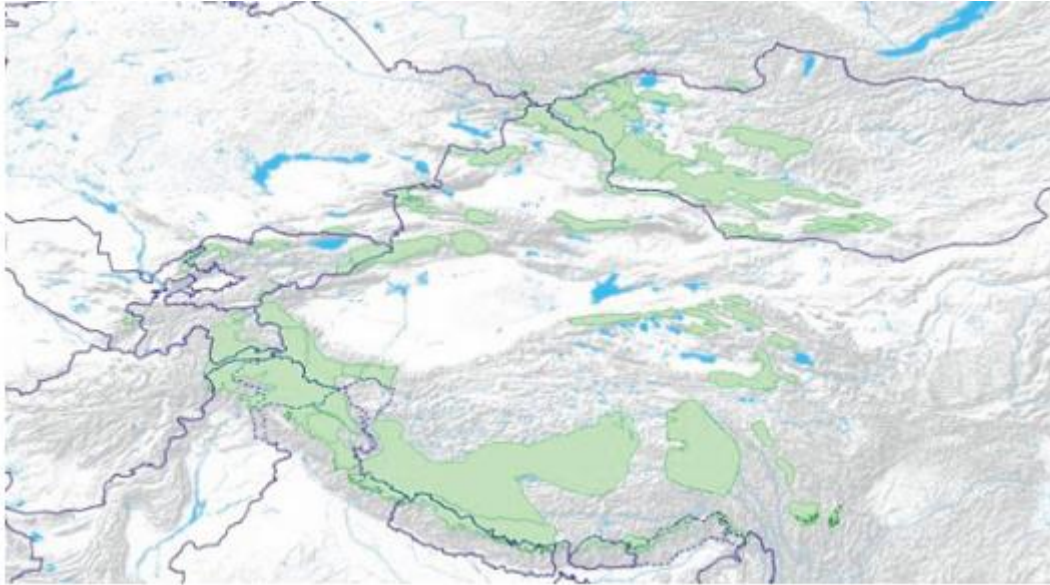


FIGURE 15 : CARTE REPRESENTANT LES ZONES DE CONSERVATION ET DE PROTECTION DE LA PANTHERE DES NEIGES PROPOSEES EN 2008 PAR UN GROUPE D'EXPERTS DE L'ESPECE (SLCU SNOW LEOPARD CONSERVATION UNITS) (MC CARTHY ET AL. 2016)

Un total de 69 SLCUs (Snow Leopard Conservation Units) sont présents sur l'ensemble de l'aire de répartition, c'est à dire sur environ 1,2 million de km². 68% de ces zones SLUCs sont considérées comme de type I, c'est-à-dire présentant une population durable et stable pour les 100 prochaines années. 30% sont classées de type II, soit les régions abritant un habitat adéquat où l'arrêt des menaces pesant sur la panthère des neiges permettrait une augmentation de la population. Et enfin, seulement 2% du territoire est considéré comme de type III où les conditions de vies sont si peu adaptées à la panthère des neiges que la population n'est pas considérée comme viable sans changement drastique (McCarthy et al. 2016).

b) Menaces pesant sur la panthère des neiges

Lourdes sont les menaces qui pèsent sur la conservation de la panthère des neiges ; la diminution de ses proies, le conflit territorial avec l'homme, la fragmentation du milieu, le réchauffement climatique, le braconnage ... Tous ces facteurs jouent en défaveur constante de l'équilibre de cette espèce.

(1) CAUSES DE MORTALITE ET MORBIDITE

L'espérance de vie des panthères des neiges serait en moyenne de 11 ans dans la nature (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005).

Actuellement il n'y a pas de publication concernant les causes de mortalité de la panthère des neiges à l'état sauvage (Ostrowski et Gilbert 2016). Cependant une étude de 2016 a repris différents cas de mortalités en milieu sauvage (Ostrowski et Gilbert 2016). Les causes de mortalités les plus fréquemment observées sont les chutes accidentelles lors de la chasse (souvent la panthère est retrouvée en bas d'une falaise avec à ses côtés une proie morte). D'après un rapport de cas dans le nord du Pakistan sur sept panthères trouvées mortes en bas d'une falaise avec ou non des proies à leurs côtés, cinq seraient de jeunes adultes (inférieurs à deux ans) (Ostrowski et Gilbert 2016). Les

panthères des neiges peuvent aussi être victimes d’empoisonnements, mais, tout comme le braconnage, ces menaces sont sûrement sous-estimées (Ostrowski et Gilbert 2016). Les maladies infectieuses touchent également la panthère des neiges, mais il est très difficile d’étudier la présence de ces maladies. Cette absence de données peut être expliquée par la complexité de détecter et d’investiguer dans un milieu aussi inaccessible que les lieux de vie de la panthère des neiges. Par ailleurs, d’après une étude répertoriant les cas de maladies chez la panthère des neiges en captivité, il est admis que la panthère des neiges est sensible à différents agents infectieux potentiellement responsables de mortalité, tels que la rage, la maladie de Carré, l’immunodéficience féline, la panleucopénie féline, la maladie de la langue bleue, la tuberculose, la peste, l’anthrax et la pseudo-tuberculose (Ostrowski et Gilbert 2016).

Malgré une faible documentation concernant les maladies infectieuses qui affectent les panthères de neiges, il ne faut pour autant pas oublier cette menace. En effet l’augmentation de la présence de carnivores domestiques ainsi que le réchauffement climatique pourraient entraîner une émergence de maladies infectieuses chez la panthère des neiges (Ostrowski et Gilbert 2016).

(2) DIMINUTION DES RESSOURCES

La diminution de la population d’ongulés sauvages à un impact direct sur la conservation de la panthère des neiges. Une étude sur 5 ans a été effectuée au Népal dans le parc de Sagar Matha pour étudier l’impact du retour de la panthère des neiges sur la population du Jharal ou Tahr de l’Himalaya (*Hemitragus jemlahicus*) (Ferretti et Al. 2014). Dans cette région du mont Everest le grand Bharal ou mouton bleue (*Pseudois nayaur*) ne serait plus présent, tout comme la marmotte, limitant ainsi énormément les choix pour le félin. Cette étude a montré que la diminution du tahr entraînerait une diminution directe et importante du félin (Figure 16) (Ferretti et Al. 2014).

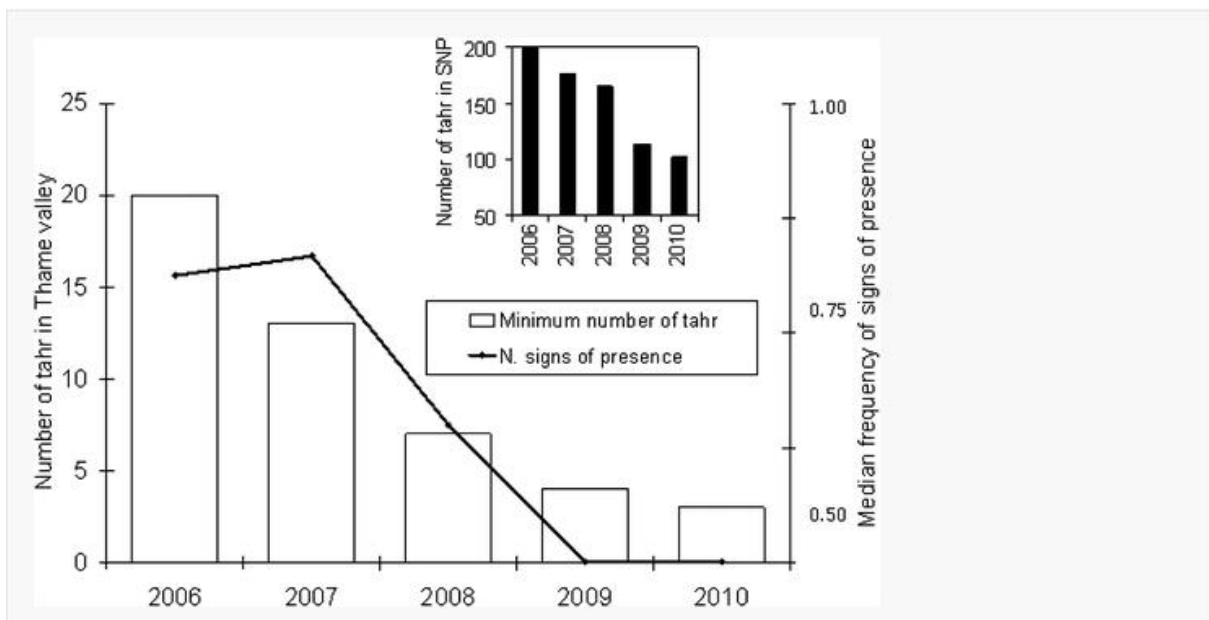


FIGURE 16 : NOMBRE D’INDICES DE PRESENCES DE LA PANTHERE DES NEIGES ET NOMBRE MINIMAL DE LA POPULATION DE TAHR DANS LA VALLEE DU THAME SUR 5 ANS. GRAPHE INSERE : NOMBRE MINIMUM DE TAHR DANS LE PARC NATIONAL DU SAGARMATHA (FERRETTI ET AL. 2014)

Les maladies peuvent également rapidement influencer sur la taille d'une population. En lien direct avec l'effet de la maladie ou bien lors de programme d'éradication pour la prévention de foyer de zoonoses. C'est le cas, par exemple, de la peste chez la marmotte (*Marmota balbacina*) qui a touché le centre du Tien Shan dont la réserve de Sarychat-Ertash (une des deux réserves de notre étude). En effet, entre les années 1950 et 1960 un million de marmottes ont été éradiquées lors d'un programme de prévention de la peste suite à la découverte de cette maladie dans le centre du Tien Shan (Ostrowski et Gilbert 2016).

La gale semble également atteindre les populations d'ongulés sauvages (Ostrowski et Gilbert 2016). Les gardes de la réserve de Sarychat-Ertash et de Naryn (Kirghizstan) nous ont en effet rapporté l'observation de ce genre de cas au sein des populations de bouquetins (*Capra sibirica*).

La gale sarcoptique a été découverte chez le bouquetin de Sibérie (*Capra sibirica*) au Kirghizstan, en Ouzbékistan, dans l'Altaï Mongolien et dans une réserve du Kazakhstan où 80 % de la population a été infectée entre 1968 et 1971 (Ostrowski et Gilbert 2016). L'importance de la gravité des lésions ainsi que la mortalité peuvent être expliquées par l'apparition de cet agent dans une population naïve de la gale sarcoptique qui serait le résultat d'une contamination par les animaux des élevages avoisinants (Dagleish et al. 2007). Ces ongulés vivants dans des conditions extrêmes peuvent être sujets à une certaine malnutrition qui pourrait également les affaiblir et aggraver l'impact clinique de la gale sarcoptique (Dagleish et al. 2007).

Le contour des yeux, les lèvres et les plis axillaires semblent particulièrement touchés comme le montre la Figure 17.



FIGURE 17 : LESIONS PATHOLOGIQUES ATTRIBUEES A LA GALE SARCOPTIQUE CHEZ DES BOUQUETINS DE SIBERIE DANS LA RESERVE DE SARYCHAT-ÉRTASH AU KIRGHIZSTAN - CREDIT PHOTO OSI-PANTHERA

(3) COMPETITION ALIMENTAIRE

Bien que la panthère soit considérée comme un prédateur spécialiste (O. Johansson et al. 2015) il a été montré qu'il existe une certaine compétition alimentaire (Jumabay-Uulu et al. 2014). En effet, d'après une étude d'analyse de fèces effectuée dans la réserve de Sarychat-Ertash la panthère des neiges aurait en été une alimentation constituée de 50% de mouflons (*Ovis ammon*) et de 30% de bouquetins (*Capra sibirica*). Quant au loup (*Canis lupus*) son alimentation serait en majorité, constituée de mouflons mais, a contrario le bouquetin serait complètement sous représenté (Jumabay-Uulu et al.

2014). Cette compétition observée entre la panthère des neiges et le loup dans la réserve de Sarychat-Ertash au Kirghizstan peut être expliquée par une faible densité de proies spécifiques de la panthère des neiges dans cette région (*Capra sibirica*) (Jumabay-Uulu et al. 2014). Une étude menée par une équipe américaine est actuellement en cours dans cette réserve pour étudier s'il existe un phénomène de compétition ou plutôt une collaboration indirecte entre le loup et la panthère des neiges.

Ce chevauchement de régime alimentaire nous montre l'importance de surveiller les populations de proies spécifiques de la panthère des neiges. Une diminution des populations de bouquetins dans des écosystèmes tels que la réserve de Sarychat-Ertash aurait un impact direct sur la compétition alimentaire entre les deux carnivores.

(4) RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Le réchauffement climatique est une menace importante pour la biodiversité (Farrington et Li 2016). C'est même devenu la menace la plus médiatisée à l'heure actuelle et tout particulièrement pour la conservation de la panthère des neiges. La température augmente encore plus rapidement dans les régions de l'Himalaya, du plateau Tibétain, et de l'Asie Centrale par rapport au reste du monde (Farrington et Li 2016). Le réchauffement climatique joue ainsi un rôle direct et crucial sur l'habitat de la panthère des neiges. Ces modifications de températures et d'intempéries entraînent un remodelage du territoire par la fonte des glaciers, le changement de localisation des pâtures, la raréfaction de la végétation et par suite logique une augmentation du conflit de territoire opposant l'homme et ses troupeaux avec la faune sauvage (Farrington et Li 2016).

Récemment un modèle cartographique montrant l'évolution possible de l'habitat de la panthère des neiges en fonction des changements climatiques a été effectué. Il démontre que les premières régions touchées par ce remodelage en 2080 seraient le sud de la Chine (en rouge Figure 18) (Farrington et Li 2016). Cependant, de nouveaux territoires s'ouvriraient à la panthère des neiges, notamment via le recul des glaciers.

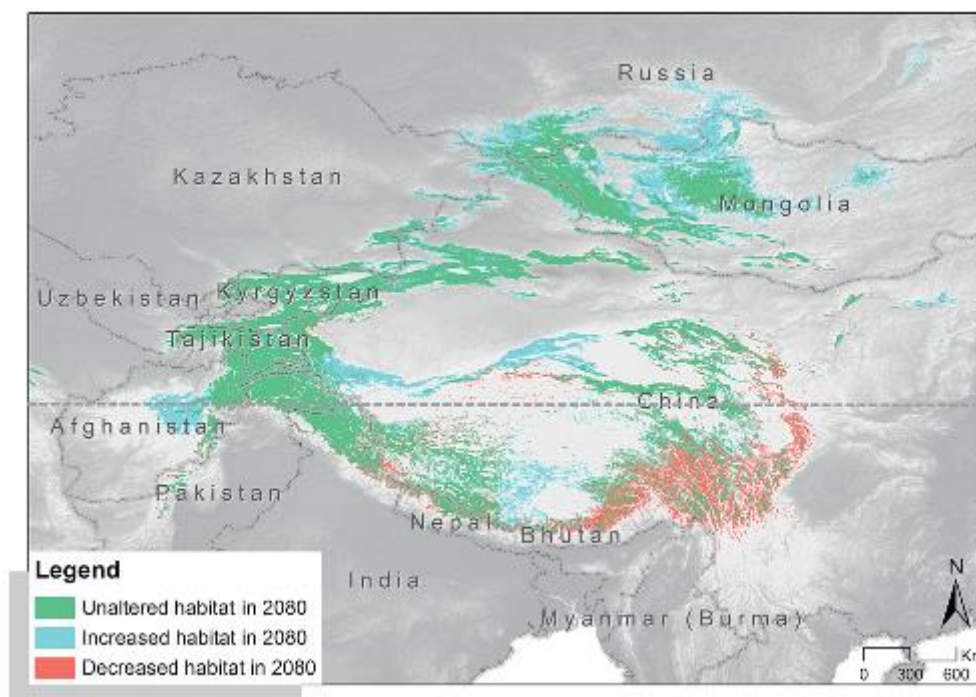


FIGURE 18 : EVOLUTION POSSIBLE DE LA DISTRIBUTION DE LA PANTHERE DES NEIGES EN 2080 SUIVANT LE MODELE IPCC SCENARIO A1B (FARRINGTON ET LI 2016)

(5) BRACONNAGE

La panthère des neiges comme tous grands félins est sujet aux braconnages. Mais la quantification de ces incidents est peu documentée pour cette espèce... En effet, l'inaccessibilité, la grande dispersion et le manque de coordination entre pays rendent très difficile l'obtention de données fiables (Maheshwari et Niraj 2018). Malgré tout, une étude a essayé de documenter le commerce illégal entre 2003 et 2012 rapportant 82 événements soit 412 animaux (Maheshwari et Niraj 2018). La fourrure semble être l'objet principal de ces commerces illégaux bien qu'il ait aussi été retrouvé des os, des griffes (notamment pour la médecine traditionnelle chinoise) et de la viande...

L'interdiction de chasse et de commerce illégal sont bien présents dans chacun des pays où vivent les panthères des neiges. Mais ces lois ne sont pas toujours efficaces et pas toujours très bien respectées. Un manque de prise de conscience est présent dans certains pays ainsi qu'un défaut considérable de moyens (Maheshwari et Niraj 2018).

(6) ACTIVITE HUMAINE, CONFLIT ET FRAGMENTATION DU TERRITOIRE

Le conflit de territoire est le maître mot concernant la conservation de la faune sauvage. Celui de la panthère des neiges, bien que difficilement accessible, n'est pas épargné. Il est lui aussi de plus en plus sujet à de nombreuses convoitises. Les activités humaines s'y développent pour extraire les ressources naturelles telles que les minerais, l'industrie forestière, l'industrie hydraulique, le gaz... Ce qui entraîne la construction d'infrastructures tels que des camps de travailleurs, des routes, des ponts, morcelant peu à peu le terrain de jeux de la faune autochtone. Une altération et une fragmentation du lieu de vie de la panthère des neiges se dessine, ainsi, jour après jour. (« Resource Extraction » 2016).

Le morcellement du vaste habitat de ce félin provoque la perte des corridors écologiques qui empêche la libre circulation de ces animaux par exemple entre le Pakistan et l'Inde, entre le sud du Tibet, le Bhoutan et le Népal (Janecka et al. 2017). Ces exemples illustrent l'importance d'un travail international pour la préservation de ces corridors écologiques.

Comme décrit précédemment, il existe également un conflit de territoire entre les ongulés domestiques et les ongulés sauvages entraînant deux problématiques : celle de la transmission des maladies dans les populations sauvages naïves et la problématique de la prédation des ongulés domestiques par la panthère des neiges, qui devient alors une menace pour les éleveurs (Dagleish et al. 2007).

c) Statut de la panthère des neiges dans le monde

La panthère des neiges est considérée comme espèce vulnérable par l'IUCN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) en raison de la faiblesse de ses effectifs de reproducteurs et de la dynamique décroissante de sa population. Pour cette raison, elle est inscrite à l'Annexe I de la Convention de Washington CITES (Convention on International Trade in Endangered Species) c'est-à-dire qu'elle appartient au statut le plus protecteur en terme d'interdictions de commerce et d'échange.

(1) NOMBRE D'INDIVIDUS MATURES

Il n'existe pas d'estimation fiable de la population de panthère des neiges dans le monde (M. McCarthy, Mallon, et Jackson 2017). Les premières études ont estimé les effectifs entre 4080 et 6500 individus adultes (McCarthy et Chapron 2003). L'effectif efficace est une quantité représentant le nombre d'adultes aptes à se reproduire dans la population. Elle a été estimée à la moitié de 4080 (soit 2040 individus). Ce chiffre est inférieur au seuil de 2500 animaux reproducteurs, qui est l'un des critères pour classer une population « En Danger » (EN) par l'IUCN (McCarthy et Chapron 2003). Pour obtenir ce statut il faut que la population soit inférieure à 2500 individus matures et il faut qu'un déclin d'au moins 20 % de la population soit observé depuis 2 générations ou depuis 5 années (McCarthy, Mallon, et Jackson 2017). Quelques années après, les scientifiques ont modifié le mode de calcul pour le nombre d'individus matures, avec différents scénarios de modélisation (M. McCarthy, Mallon, et Jackson 2017). Le nombre d'individus matures est aujourd'hui estimé entre 2710 et 3386, reclassant ainsi l'espèce au statut de « vulnérable » (VU) dans la classification de l'IUCN (Figure 19) (McCarthy, Mallon, et Jackson 2017).

L'IUCN définit les individus matures comme des individus capables biologiquement de se reproduire (soit à l'âge de 2 ans pour la panthère des neiges) et non pas comme des individus se reproduisant effectivement déjà. Or, dans la nature, les panthères des neiges commencent à se reproduire à environ

3 ans malgré qu'elles en soient biologiquement capables dès l'âge de 2 ans (McCarthy, Mallon, et Jackson 2017).

Cette reclassification n'indique pas nécessairement que la population soit en croissance mais plutôt que la connaissance autour de cet animal s'est développée au cours de ces 10 dernières années (McCarthy, Mallon, et Jackson 2017).



FIGURE 19 : STATUT DE LA PANTHERE DES NEIGES EN 2017 PAR L'IUCN (MCCARTHY, MALLON, ET JACKSON 2017)

(2) DENSITÉ DE POPULATION

La densité de population estimée est très variable selon les zones, les techniques d'étude, la présence des proies dans le milieu, le terrain d'étude et, la saison (Fox et Chundawat 2016). Ces chiffres sont donc à manipuler et interpréter avec précaution. Un article portant sur quatre années d'études en Mongolie a documenté une densité de population de panthère des neiges à **1,1-1,2** individus pour 100 km², soit 0,7 à 0,8 adultes pour 100 km² (Sharma et al. 2014).

La densité de population moyenne dans une zone SLCU est estimée entre 0,92 et 1,8 panthères pour 100 km². Ce chiffre a été établi lors de la réalisation de la première réelle cartographie de présence de la panthère des neiges, lors du regroupement d'experts en 2008 à Pékin (McCarthy et al. 2016). D'après ces mêmes experts de la panthère des neiges, la population serait stable voire en augmentation dans 48 % des zones protégées SLCUs. En revanche, 22% de ces zones seraient victimes d'une diminution de la population et 30 % restent, à ce jour, sans informations.

(3) REMISE EN QUESTION DE CES CHIFFRES

Tous ces résultats peuvent être remis en question si l'on prend en considération le fait que la panthère des neiges comprend plusieurs sous-espèces. En effet l'IUCN évalue jusqu'à présent la panthère des neiges comme une espèce monotypique (sans sous-populations). Mais une étude récente utilisant l'analyse génétique de fèces échantillonnées sur l'ensemble de l'aire de répartition de la panthère des neiges a montré qu'il y aurait plutôt trois sous-espèces de *Panthera uncia* (Figure 7). Prenant en compte ces modifications, les estimations de population seraient changées (*P. uncia uncia* 2124-3356, *P. uncia uncioides* 1402-3083 et *P. uncia irbis* 741-1646). Ainsi *P. uncia uncioides* et *P. uncia irbis* seraient alors dans la classe EN de l'IUCN soit « en danger d'extinction » (Janecka et al. 2017).

B. Ensembles des méthodes d'étude de la panthère des neiges existantes

Pour étudier cet animal élusif, différentes techniques ont été élaborées. Il existe des techniques dites invasives telle que la télémétrie, qui utilise des colliers radio émetteurs, et des techniques non invasives, telles que les pièges photographiques et les analyses génétiques sur matériel biologique retrouvé dans l'environnement (fèces, poils). Nous allons nous focaliser sur les techniques non invasives qui ont l'avantage de ne pas interférer sur le vivant de l'animal puisque ces méthodes d'études ne nécessitent ni contention, ni sédation de l'animal. (Caragiulo, Amato, et Weckworth 2016; Mccarthy et al. 2008).

1. L'utilisation de piège photographique

Depuis plusieurs années, l'utilisation des pièges photographiques s'est développée, améliorée et est devenue l'un des meilleurs outils d'étude de la panthère des neiges (Mccarthy et al. 2008). C'est une méthode non invasive et économique qui permet d'évaluer des données variées telles que l'abondance, l'occupation, la distribution, la dynamique des populations ainsi que la sélection des ressources (Mccarthy et al. 2008).

Pour cela deux méthodes principales peuvent être utilisés : la méthode statistique de capture-marquage-recapture (CMR), et, moins fréquemment utilisée, la méthode du ratio de photographie. Les analyses nécessitant une identification sont possibles chez la panthère des neiges puisque les motifs dessinés par les ocelles présents sur le pelage sont différents d'un individu à l'autre, et permettent ainsi de savoir si un individu a été recapturé dans le temps. La probabilité de « recapture », de revoir le même animal, permet alors d'inférer la taille de la population.

a) Méthode capture, marquage, recapture

La méthode capture marquage recapture (CMR) est une méthode statistique couramment utilisée en écologie pour estimer la taille d'une population animale.

Le concept de base est, dans un premier temps, de capturer et de marquer un animal (par le biais de colliers ou de bagues) puis, dans un second temps, de le recapturer. Avec les pièges photographiques nous utilisons le même concept mais de façon non invasive pour l'animal. La capture photographique, qu'on appellera aussi événement capture correspond à une date donnée. C'est une capture virtuelle et non physique. Le « marquage » s'effectue grâce à un signe distinctif que possède l'individu (en établissant la fiche de l'individu avec les principaux motifs de son pelage) permettant ensuite sa recapture lors d'une seconde prise de photo. La méthode CMR de façon non invasive, que l'on pourrait aussi appeler « observation – ré-observation » est utilisable uniquement avec des animaux qui portent tous des signes distinctifs. C'est le cas de la panthère des neiges dont ses ocelles permettent une identification individuelle, sauf pour les jeunes ayant un pelage duveteux et donc moins lisible (Mccarthy et al. 2008).

La méthode capture recapture est idéale pour étudier une densité de population ainsi que le taux de survie d'une espèce (Sharma et al. 2014; Mccarthy et al. 2008).

Voici le principe de base d'après la méthode de Lincoln Peterson. Pour utiliser cette méthode nous devons supposer qu'il n'existe ni mortalité, ni natalité, ni immigration et émigration dans notre zone d'étude. C'est-à-dire que les 2 périodes d'études sont suffisamment proches dans le temps pour permettre ceci. En d'autres termes nous estimons que notre population est fermée.

On a : $N = nx \frac{K}{k}$

Avec : N = Nombre d'animaux dans la population, n = nombre d'animaux marqué lors de la première période, K = Nombre d'animaux capturés lors de la seconde période, k = Nombre d'animaux recapturés qui avaient déjà été capturés lors de la première période.

L'objectif est d'utiliser le taux de capture/recapture par le biais des pièges photographiques pour en faire une estimation de la population.

La CMR a été identifiée comme une méthode fiable pour l'étude des animaux de faible densité avec de larges domaines vitaux mais qui sont identifiables individuellement (Silver et al. 2004). Cependant, pour atteindre des résultats satisfaisants il est nécessaire d'avoir un temps d'études suffisamment long surtout dans des zones où la densité est faible et lorsque la population ainsi que le comportement des animaux n'est pas bien identifié. Dans un environnement avec une densité faible, un minimum de 7 semaines serait nécessaire pour avoir un taux de capture suffisant pour utiliser la méthode capture/recapture (Jackson et al. 2006).

Ainsi, dans une réserve avec une faible densité, un temps d'étude court et un domaine vital très variable, il est compliqué d'utiliser cette méthode (McCarthy et al. 2008). Dans ce cas, il serait préférable d'utiliser la méthode d'étude basée sur le ratio de photographies qui permet d'avoir un indice légitime de l'abondance (voir le paragraphe suivant).

Malgré tout, pour de nombreux auteurs (McCarthy et al. 2008; Sharma et al. 2014) la méthode CMR reste idéale pour étudier la densité d'une espèce identifiable individuellement.

Un inconvénient majeur de cette technique est qu'il est nécessaire de lire chaque photographie une à une pour reconnaître et identifier les individus. Or, cette manipulation est très fastidieuse et chronophage. Certains programmes informatiques sont utilisés pour la reconnaissance des zèbres ou des girafes. Récemment, le programme « HotSpotter » utilisé pour le zèbre de Grévy (*Equus grevyi*) a été testé et a montré des résultats encourageants pour la panthère des neiges (Agnieszka et Bayrakçismith 2019).

b) Ratio de photographies

La méthode du ratio de photographie ou taux de photographie (ou « photo rate » en anglais) est une alternative à la CMR. Bien plus simple à utiliser, elle consiste à déterminer un indice d'abondance, en calculant le nombre d'« événements photographies » divisé par le nombre total des journées (McCarthy et al. 2008). L'« événement photographie » est défini comme une photographie (ou ensemble de photographies) prise(s) par un piège photographique donné, un jour donné où apparaît un animal d'une espèce donnée, même si celui-ci n'est pas identifiable individuellement (McCarthy et al. 2008). La grande différence avec la méthode CMR est que le ratio de photographie ne nécessite pas d'identifier individuellement les animaux. Ceci simplifie grandement la lecture des photos en réduisant considérablement le temps d'étude (Carbone et al. 2001; McCarthy et al. 2008).

C'est une méthode simple qui peut être utilisée spécifiquement pour des espèces cryptiques et pour de petits échantillons. En effet, dans ces cas de figure cette méthode serait toute aussi puissante statistiquement, voir plus que la méthode de CMR (Carbone et al. 2001; McCarthy et al. 2008).

Cette méthode permet d'avoir une estimation de la taille de la population mais contrairement à la méthode CMR, la densité de population n'est pas calculable (McCarthy et al. 2008).

c) Inconvénient majeur des études utilisant les pièges photographiques

Malgré les nombreux avantages des pièges photographiques il ne faut pas négliger l'investissement nécessaire à la mise en place de ces études (temps, ressources humaines et matériels). C'est le cas pour l'élaboration préliminaire de l'étude puis, et surtout, pour les expéditions de terrain.

Malheureusement, un grand nombre d'études qui concernent la panthère des neiges ne disposent pas de suffisamment de données pour pouvoir les utiliser de manière statistiquement correcte (McCarthy et al. 2008). Par exemple, sur 35 études reportées par le Snow Leopard Network (2014), une seule a disposé d'assez d'observations durant plusieurs années pour pouvoir estimer la démographie, le taux de survie, l'immigration et l'émigration de la panthère des neiges (Sharma et al. 2014).

2. Les indices de présence

Les indices de présence tels que les grattages, les jets d'urine, les fèces ainsi que les empreintes peuvent être d'une aide cruciale dans le monitoring de la panthère des neiges. Une méthode élaborée par Jackson et Hunter dans les années 1996 a permis de systématiser le suivi de la panthère des neiges par le biais de ses indices de présences (Hunter, McCarthy, et McCarthy 2016). Cette méthode appelée SLIMS (Snow Leopard Information Management System) a été utilisée au cours de ces dernières décennies pour permettre de suivre le statut et la distribution de la panthère des neiges et de ses proies, en évaluant l'abondance relative de cet animal par le biais de méthodes standardisées (McCarthy et al. 2008). Cette technique consiste à suivre un transect (ligne virtuelle d'un point A jusqu'à un point B) en relevant tous les indices de présence de l'animal. Ceci a l'avantage d'être une technique non invasive, relativement simple d'application et peu coûteuse. Par ailleurs, les biais d'études sont importants comme, par exemple, la capacité des chercheurs à détecter les indices de présence, la destruction de l'indice par l'environnement etc. De plus, il est compliqué de convertir ces indices de présence en une estimation du nombre d'individus dans la population (McCarthy et al. 2008; Hunter, McCarthy, et McCarthy 2016). Cette méthode requiert beaucoup de temps à passer sur le terrain et un bon nombre d'observateurs dont les compétences peuvent être variables.

Certains auteurs critiquent cette méthode de suivi de la population. En effet, la SLIMS surestimerait de façon erronée l'abondance de l'animal (McCarthy et Chapron 2003).

Ainsi, une étude a comparé la méthode SLIMS avec quatre autres estimateurs d'abondance (CMR, ratio de photo, la biomasse des prédateurs, et les analyses génétiques). Cette étude a révélé que les indices de présence étaient relativement corrélés avec le ratio de photo et les analyses génétiques bien que d'autres études soient nécessaires pour permettre de confirmer ces résultats (McCarthy et al. 2008). Aujourd'hui les auteurs se rejoignent sur le fait que ces indices de présence permettent de déterminer la présence ou non de l'animal mais qu'ils ne sont pas un bon indice d'abondance (McCarthy et al. 2008; Hunter, McCarthy, et McCarthy 2016; McCarthy et Chapron 2003).

3. Analyse génétique

Les analyses génétiques sur matériel biologique sont d'une aide cruciale pour l'étude de la faune. Ces analyses sont dites non invasives lorsque le matériel biologique peut être récolté en l'absence de contact avec l'animal. C'est le cas par exemple des poils et des fèces laissés dans l'environnement. L'inconvénient majeur lors de l'utilisation de ces techniques non invasives est la faible qualité de l'ADN récolté qui se dégrade dans l'environnement. (Caragiulo, Amato, et Weckworth 2016).

Les analyses génétiques sont généralement mises à profit dans les études sur la panthère des neiges pour trois objectifs principaux : déterminer les liens de parentés avec les autres espèces (phylogénie), connaître le régime alimentaire, ou pour effectuer une identification individuelle au sein d'une population (Caragiulo, Amato, et Weckworth 2016).

Pour la détermination de l'espèce, l'ADN mitochondrial est un excellent candidat (Caragiulo, Amato, et Weckworth 2016). Une grande base de données est d'ores et déjà existante, permettant ainsi une analyse de qualité. Par ailleurs, l'ADN nucléaire, et, en particulier les marqueurs moléculaires polymorphiques microsatellites sont nécessaires pour effectuer une identification individuelle. Un grand nombre de Loci ont été développés pour la panthère des neiges. Ils sont utilisés par le biais des méthodes statistiques de CMR pour déterminer le nombre d'individus dans une zone donnée (Caragiulo, Amato, et Weckworth 2016).

Une étude effectuée au Kirghizstan (dans la réserve de Sarychat-Ertash) et en Chine a souhaité vérifier l'exactitude de la SLIMS en la comparant avec les estimateurs d'abondances non invasifs dont font partie les analyses génétiques (Mccarthy et al. 2008). Cette étude a montré que les indices de présence de la méthode SLIMS n'étaient pas concordant avec ceux des estimateurs d'abondances. En effet, les analyses génétiques surestimeraient le nombre d'individus. Ce résultat a aussi été retrouvé dans des travaux comparant les résultats des études menées grâce aux analyses génétiques à celles conduites suivant les méthodes utilisant les pièges photographiques. En effet, le nombre d'individus estimé avec les méthodes utilisant les analyses génétiques est compris entre 5 et 6 panthères pour 100 km² alors qu'il est de 1,5 panthères pour 100km² avec les méthodes utilisant les pièges photographiques (Janečka et al. 2011).

Depuis plusieurs années, les publications qui utilisent les analyses génétiques étaient surtout orientées vers l'étude de la phylogénie et ses liens de parenté avec les autres félins. Encore trop peu de publications ont été utilisées pour l'identification individuelle de ces animaux, ne permettant pour le moment pas encore de produire une estimation correcte (Caragiulo, Amato, et Weckworth 2016).

4. Télémétrie

La télémétrie est une méthode onéreuse qui a révolutionné l'étude de la faune sauvage (Ö. Johansson, Simms, et McCarthy 2016). Tout d'abord, la télémétrie utilisant la technique VHF (Very High Frequency) a été développée dans les années 1980. Le collier radio émetteur porté par l'animal émet un signal à très haute fréquence qui peut être capté par un combiné antenne-récepteur, utilisé par un opérateur sur le terrain. Cette technologie implique donc la présence de chercheurs directement sur le terrain pour permettre de détecter la présence de l'animal, ce qui complique les études réalisées en terrain accidenté et montagneux comme c'est le cas pour la panthère des neiges. Néanmoins, cette technique a tout de même permis aux prémices de l'écologie de cet animal de voir le jour dans les années 1990 (Ö. Johansson, Simms, et McCarthy 2016). Ces travaux pionniers ont permis d'éclaircir et de mieux connaître les fondamentaux écologiques de cette espèce : son type d'habitat, son domaine vital, ses comportements migratoires, etc. (Ö. Johansson, Simms, et McCarthy 2016).

Par ailleurs, les résultats obtenus avec les études utilisant la VHF dépendent des capacités du manipulateur, du terrain, ce qui provoque des biais dans les résultats. En outre, la VHF ne permettait pas d'étudier de nombreux animaux dans le même espace-temps (Ö. Johansson, Simms, et McCarthy 2016).

Ainsi, la télémétrie par VHF a rapidement été rattrapée par la technologie GPS (Global Positioning System). Cette technique ne nécessite pas la présence d'un chercheur sur le terrain pour collecter les données. Les premiers colliers GPS enregistraient les données nécessitant ainsi la récupération du collier pour lecture de celle-ci. La majorité des colliers actuellement disponibles permettent la réception des données en directe à l'autre bout du monde. En contrepartie de cet avantage considérable, l'émission des données diminue la durée de fonctionnement du collier GPS, réduisant ainsi le temps d'étude. (Ö. Johansson, Simms, et McCarthy 2016)

Ces technologies ont ainsi permis d'étudier de façon convenable le domaine vital ainsi que les recouvrements entre les domaines vitaux des différents individus de panthères des neiges. En effet, il a été confirmé par une étude utilisant des données GPS obtenues grâce à 14 panthères (7 mâles et 7 femelles) que le domaine vital serait de **225 +/- 33 Km²** pour les mâles et **133 +/- 23 km²** pour les femelles (Ö. Johansson et al. 2018).

Également, une étude effectuée en Mongolie a permis d'étudier le régime alimentaire de cet animal en retrouvant 249 « kill sites » sur le terrain sur le terrain (O. Johansson et al. 2015).

La télémétrie GPS est un outil qui permet, contrairement à la télémétrie par VHF, d'obtenir un nombre important de données, une bonne précision de la localisation et la possibilité d'étudier différents animaux simultanément au sein d'une même zone d'étude (O. Johansson et al. 2015).

Les auteurs recommandent tout de même d'utiliser des colliers ne dépassant pas 2% du poids de l'animal pour éviter toute interférence avec le mode de vie de celui-ci (O. Johansson et al. 2015).

→ La télémétrie est donc d'une aide considérable pour élucider les mystères de l'écologie de la panthère des neiges. Néanmoins, elle ne permet pas d'étudier l'abondance de la population que nous cherchons à déterminer dans notre étude. Il faut également noter que cette méthode dite invasive nécessite la capture, la sédation et la manipulation des individus étudiés.

C. Le Kirghizstan : territoire d'accueil de la panthère des neiges ?

Le Kirghizstan, également appelé Kirghizistan, Kirghizie ou République Kirghize est un pays d'Asie centrale dont 90 % du territoire est montagneux (« Sustainable Mountain Development in Central Asia. » 2012).

Comme nous l'avons vu précédemment, le Kirghizstan est l'un des douze pays accueillant la panthère des neiges au sein de ses chaînes de montagne du Tien-Shan et des Pamir-Alaï.

1. La panthère des neiges au sein du Kirghizstan

a) Répartition de la panthère des neiges

La panthère des neiges est présente du nord au sud du Kirghizstan dans les régions des Pamirs Alai et du Tien-Shan (Davletbakov et al. 2016).

Cet animal emblématique du pays est présent dans 3 parcs nationaux et 8 réserves naturelles (dont Naryn et Sarychat-Ertash symbolisées par les flèches sur la Figure 20 (Davletbakov et al. 2016)).

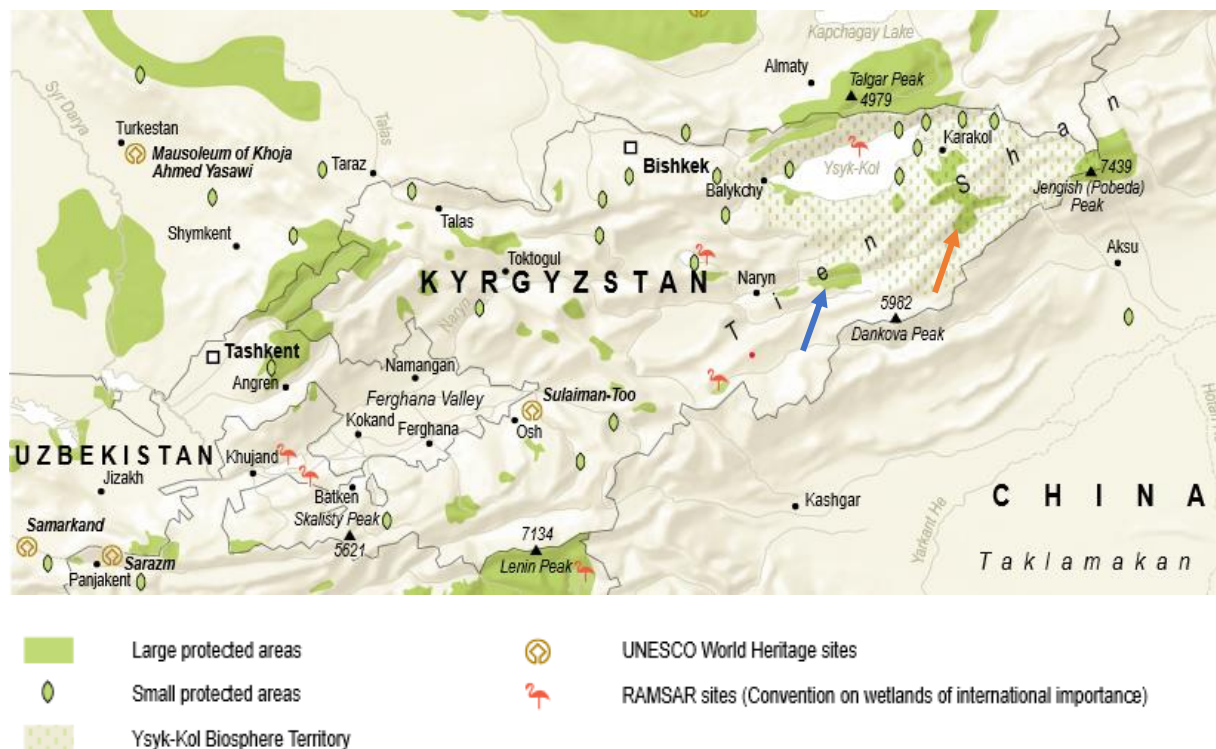


FIGURE 20 : CARTE DU KIRGHIZSTAN MONTRANT LES AIRES PROTEGEES DONT LES RESERVES DE NARYN (FLECHE BLEUE) ET SARYCHAT-ERTASH (FLECHE ORANGE) (« SUSTAINABLE MOUNTAIN DEVELOPMENT IN CENTRAL ASIA. » 2012)

b) Statut de la panthère des neiges au Kirghizstan

Le Kirghizstan est un pays de l'ex URSS. Avant son indépendance, en 1991, les cartes du pays étaient considérées comme secrètes, rendant ainsi les recherches pour la conservation très compliquées et tout particulièrement dans les années 1970 à 1980 (Hunter, McCarthy, et McCarthy 2016).

La population de panthère des neiges est estimée entre 300 et 400 individus dans ce pays (soit environ 10% de la population totale (McCarthy, Mallon, et Jackson 2017)) et se répartit sur 89 000 km² d'habitat (Davletbakov et al. 2016).

Depuis 1948, il est strictement interdit de chasser la panthère des neiges au Kirghizstan, l'espèce étant classée comme « en voie critique d'extinction » par la seconde édition du livre rouge de la République Kirghize cité par (Davletbakov et al. 2016). Mis à part une peau retrouvée en 2009, il n'existe pas d'autres preuves de braconnages de la panthère (Maheshwari et Niraj 2018). Néanmoins, une organisation résidente au Kirghizstan, NABU (Nature and Biodiversity and Conservation Union), ayant une équipe nommée « Grappa Bars » spécialisé dans la lutte contre le braconnage, estime qu'il y aurait eu près de 10 victimes entre les années 2000 et 2003. Cet élément, illustre le manque d'objectivité et la sous-estimation de ce genre d'incidents (Maheshwari et Niraj 2018).

Le Kirghizstan, depuis septembre 2007, fait partie du CITES comme les 12 autres pays (à l'exception du Tadjikistan) et, plus récemment, du CMS (Convention of the Conservation of Migratory Species of Wild Animals) (Maheshwari et Niraj 2018).

c) Proies de la panthère des neiges au Kirghizstan

Malgré les nouvelles lois établies, en 2014, la chasse aux ongulés sauvages est toujours autorisée dans certaines concessions de chasse du pays (Davletbakov et al. 2016). Cette chasse est régulée par l'obtention d'un permis avant toute excursion.

D'après l'étude citée précédemment, qui a été réalisée dans la réserve de Sarychat-Ertash, la panthère des neiges aurait en été une alimentation constituée de 50% de mouflons (*Ovis ammon*), de 30% de bouquetins (*Capra sibirica*) et de 8% de marmottes grises (*Marmota baibacina*). Les 12% restants de son alimentation seraient constitués de petits mammifères non identifiés (Jumabay-Uulu et al. 2014). Ces résultats sont à moduler en fonction des saisons, et, par conséquent, de la disponibilité des différentes espèces.

Voici donc une liste non exhaustive des proies supposées de la panthère des neiges au Kirghizstan (Jumabay-Uulu et al. 2014), (discussion orale avec OSI-Panthera) :

Bouquetin de Sibérie (*Capra sibirica*) (Figure 21)

Mouflon (*Ovis ammon*) (Figure 22)

Marmotte grise (*Marmota baibacina*)

Pika (*Ochotona macrotis*) (Figure 23)

Renard roux (*Vulpes vulpes*)

Lièvre de Tolai (*Lepus tolai*)

Tétraogalle de l'himalaya (*Tetraogallus himalayensis*) (Figure 24)

Perdrix choukar (*Alectoris chukar*)

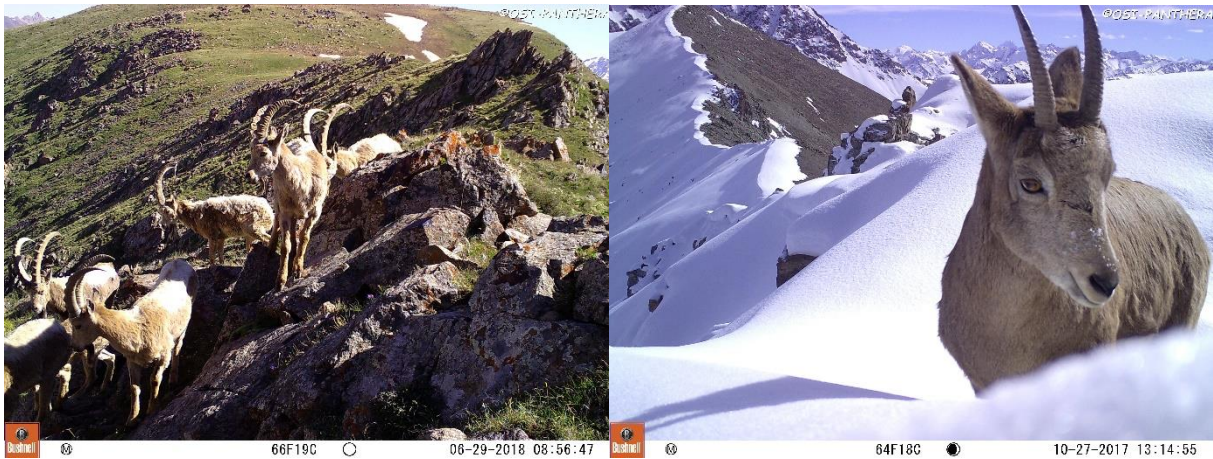


FIGURE 21 : BOUQUETINS DE SIBERIE (*CAPRA SIBIRICA*) MALES (A GAUCHE), FEMELLES (A DROITE) - CREDIT PHOTO OSI-PANTHERA



FIGURE 22 : MOUFLONS (*OVIS AMMON*) MALES (A GAUCHE) ET FEMELLES A DROITE - CREDIT PHOTO OSI-PANTHERA



FIGURE 23 : PIKA (*OCHOTONA MACROTIS*) - CREDIT PHOTO ANNE-LISE CABANAT



FIGURE 24 : TETRAOGALLE DE L'HIMALAYA (*TETRAOGALLUS HIMALAYENSIS*) - CREDIT PHOTO OSI-PANTHERA

2. La panthère des neiges au sein de deux réserves naturelles

Notre étude a été réalisée au cœur de deux réserves naturelles kirghizes : la réserve d'Etat de Sarychat-Ertash et la réserve de Naryn (Figure 20).

a) Réserve de Sarychat-Ertash



FIGURE 25 : LOGO DE LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH

La réserve de Sarychat Ertash a été créée en 1995 suite à la construction de la mine d'or de Kumtor (Cabanat 2018). Recouvrant environ 1 500 km² elle est divisée en 14 zones dont chacune est sous la responsabilité d'un garde. Certaines parties sont situées dans la zone cœur (où toute activité humaine est interdite) et d'autres dans la zone tampon (où les activités pastorales sont maintenues) (Figure 26). C'est la réserve la plus étudiée du Kirghizstan avec de nombreuses Organisations Non Gouvernementales qui y étudient la panthère des neiges. (Cabanat 2018).

Les seuls humains autorisés dans la réserve sont des gardes ou des scientifiques (accompagnés de gardes). L'écosystème est constitué de quelques forêts de feuillus (dans la partie de basse altitude), de prairies de haute montagne, de rivières, de glaciers, et surtout de zones rocheuses désertiques et lunaires (Cabanat 2018). L'altitude est comprise entre 2 000 et 5 500 mètres.

Les principaux carnivores présents à Sarychat-Ertash sont l'ours isabelle (*Ursus actos isabellinus*), le lynx eurasiatique (*Lynx lynx isabellinus*) et le loup gris (*Canis lupus*) (discussion orale OSI-Panthera et gardes de la réserve).

➔ Quelques études ont été réalisées dans la réserve de Sarychat-Ertash. Une première, menée en 2008 a estimé la densité de population de la panthère à 0.15 individus par 100 km² et a réussi à capturer en moyenne 0.09 panthère durant 100 jours de surveillance photographique (Mccarthy et al. 2008).

Une seconde étude basée sur l'analyse génétique de fèces a montré la présence d'au moins 18 panthères sur 1 341 km² de la réserve, révélant, ainsi, une densité de 1.38 panthères pour 100 km² (Jumabay-Uulu et al. 2014). Une troisième étude, non publiée, mais citée par Davletbakov, a montré la présence d'au moins 15 animaux par le biais de pièges photographiques (Davletbakov et al. 2016).

Cette réserve a été classé de type II parmi les SLCUs (Snow Leopard Conservation Units) (McCarthy et al. 2016). C'est-à-dire qu'elle est considérée comme abritant un habitat adéquat pour la panthère des neiges et que l'arrêt des menaces permettrait une augmentation de sa population (McCarthy et al. 2016).

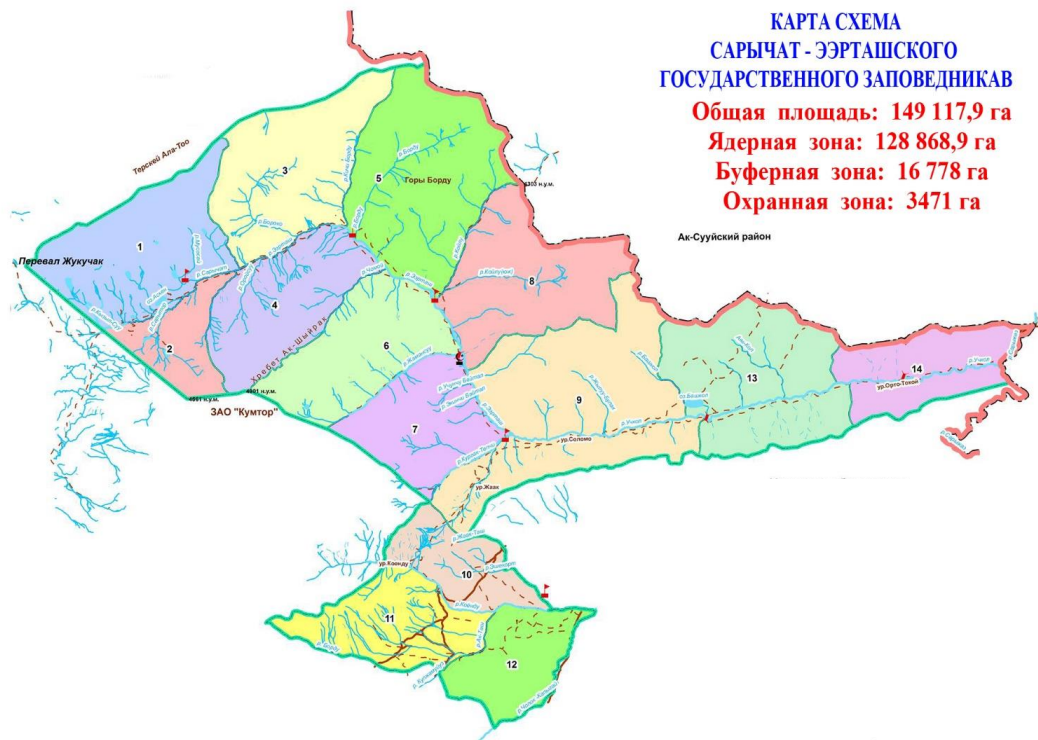


FIGURE 26 : CARTE DES 14 ZONES DE LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH - CREDIT IMAGE SARYCHAT-ERTASH STATE RESERVE

b) Réserve de Naryn



FIGURE 27 : LOGO DE LA RESERVE DE NARYN MONTRANT LE WAPITI DU TIAN SHAN ET L'EPICEA DE SCHRENK

La réserve de Naryn a été créée plus précocement que la réserve de Sarychat-Ertash. Elle a vu le jour en 1983 dans le but de protéger le Wapiti du Tian Shan (*Cervus canadensis songaricus*) et l'écosystème forestier correspondant à l'épicéa de Schrenk (*Picea shrenkiana*) (Chaix 2018).

Cette réserve est composée de deux parties : une zone primaire n'autorisant aucune activité humaine (mis à part la présence de gardes et de quelques expéditions scientifiques débutantes) et une zone secondaire où le pastoralisme est possible en été (Figure 28) (Chaix 2018).

La faune est légèrement différente de la réserve de Sarychat-Ertash, puisque l'écosystème forestier est prédominant dans une partie de la réserve suite aux objectifs de création de cette réserve. En conséquence, des espèces comme le Wapiti du Tian Shan (*Cervus canadensis songaricus*) et le blaireau (*Meles leucurus*) sont présentes. Cependant, les espèces classiques telles que l'ours isabelle (*Ursus actos isabellinus*), le lynx eurasiatique (*Lynx lynx isabellinus*), le loup gris (*Canis lupus*), le bouquetin (*Capra sibirica*) et le mouflon (*Ovis ammon*) sont également bien représentées dans cette réserve. Le bouquetin et le mouflon sont plutôt retrouvés dans la zone de hauts plateaux qu'en milieu forestier.



FIGURE 28 : CARTE DE LA ZONE PRIMAIRE (EN ROUGE) ET SECONDAIRE (EN VERT) DE LA RESERVE DE NARYN (CHAIX 2018)

La réserve recouvre environ 1 000 km² et son habitat est composé de prairies de haute montagne, de zones rocheuses, de rivières, de glaciers et de forêts d'épicéa à contrario de la réserve de Sarychat-Ertash. L'altitude est comprise entre 2 300 et 4 600 mètres d'altitude.

- ➔ La panthère des neiges, au sein de la réserve de Naryn, n'a, à ce jour, pas encore été étudiée. Cependant, une étude préliminaire, non publiée, a révélé la présence d'au moins 5 individus sur 200 km² (citée par le livre de référence - Davletbakov et al. 2016).

Cette réserve, tout comme la réserve de Sarychat-Ertash est classée de type II parmi les SLCUs (McCarthy et al. 2016).

3. Présentation du programme OSI Panthera



FIGURE 29 : LOGO DU PROGRAMME OSI-PANTHERA DE L'ONG OSI

OSI-Panthera est un programme de l'Organisation Non gouvernementale OSI (Objectif Sciences International) qui est une association Suisse, reconnue d'intérêt général et ayant un statut consultatif à l'ONU (Organisation des Nations Unies). Cette organisation met à profit les sciences participatives pour des sujets environnementaux et scientifiques à travers le monde.

Son objectif initial est de surveiller et de protéger les écosystèmes du Kirghizstan et en particulier la panthère des neiges.

Le programme OSI-Panthera est né en 2006 et depuis 2007 il organise des expéditions dans la réserve de Sarychat-Ertash. Son programme s'est ensuite développé dans la réserve naturelle de Naryn (en 2016) puis dans les Pamirs Alai (en 2017) et les vallées de Shamsy et Chon Jarguilchak (en 2019) en collaboration avec des associations locales.

Depuis 2019 l'association prolonge ce même programme au Népal.

L'objectif de ces expéditions est, d'abord d'attester la présence de panthère des neiges, pour, par la suite, recueillir les données nécessaires à l'étude de la panthère des neiges, de ses proies. A plus grande échelle, l'objectif est d'étudier l'écosystème dans son ensemble, à des fins de conservation.

Le programme OSI-Panthera a aussi pour objectif de faire prendre conscience aux populations locales de l'importance de la conservation de cet animal emblématique du pays.

Conclusion

Ces 15 dernières années les études qui concernent la panthère des neiges se sont considérablement développées. Cependant, les données récoltées, sur le terrain, sont toujours très timides et jugées insuffisantes par un grand nombre d'auteurs. Les différentes méthodes utilisées ont permis de dévoiler certains mystères de l'écologie, et de l'éthologie de cet animal. L'estimation du nombre de panthères des neiges présentes dans le monde et son statut de conservation demeurent des éléments faisant l'objet de critiques et d'un certain niveau d'incertitude. Certains auteurs affirment qu'à ce jour aucun des estimateurs d'abondances n'est suffisamment convenable pour évaluer correctement la population de la panthère des neiges. Dès lors, de nombreux efforts sont encore nécessaires pour pallier ces lacunes. L'utilisation des pièges photographiques et des analyses génétiques se révèlent très prometteuses pour parvenir à déterminer l'abondance de la population du félin. Les pièges photographiques sont d'un intérêt majeur pour l'étude d'un animal aussi fantomatique que la panthère des neiges. Ils permettent de s'introduire, de façon non invasive, en plein cœur de son habitat. Cette technologie peut être interprétée de différentes façons. Aussi, nous nous intéresserons, par la suite, à deux de ces techniques. Premièrement, la méthode de capture marquage recapture, couramment utilisée en biologie animale, bien qu'elle nécessite un travail conséquent de lecture des images afin d'effectuer une reconnaissance individuelle de chaque panthère. Deuxièmement, la prometteuse et moins connue méthode du ratio de photo (nombre d'événements de capture virtuelle de panthère lors de 100 jours d'observation). A contrario de la CMR cette technique est beaucoup plus rapide, mais ne permet pas d'inférer une densité de population. Mais cette densité est-elle nécessaire pour faire le suivi de la population dans nos deux réserves ? Ces résultats obtenus par ces deux techniques sont-ils corrélés ?

II. Partie expérimentale

A. Matériel et méthodes

1. Positionnement éthique

L'étude a été réalisée dans les réserves de Naryn et Sarychat-Ertash au Kirghizstan. Toutes les procédures mises en place dans notre étude ont été autorisées et accompagnées par les administrations de ces deux réserves.

Nous avons utilisé des méthodes non invasives en alliant discrétion et respect de l'environnement.

2. Zones d'étude

Comme expliqué précédemment nos zones d'études sont deux réserves naturelles de la République Kirghize. L'une d'entre elles (Sarychat-Ertash) est également étudiée par d'autres ONG. Ainsi, certaines panthères capturées par nos pièges photos présentent un collier GPS posé par l'équipe américaine de l'organisation Panthera. Aussi, les informations obtenues sont échangées entre les différentes organisations dans la mesure du possible.

Les réserves recouvrent respectivement 1 500 km² pour celle de Sarychat-Ertash et 1 000 km² pour Naryn. Notre matériel étant limité, notre étude ne recouvre qu'une partie de ces deux réserves (Cabanat 2018), (Chaix 2018).

3. Récupération des données

a) Pièges photographiques

Un cahier des charges a été établi par l'ONG OSI Panthera afin de respecter l'environnement et de ne pas s'introduire de façon trop agressive dans l'environnement de la faune locale. Lors des études scientifiques et lors de la mise en place des pièges photos, ces règles sont suivies de façon stricte.

Les pièges photographiques utilisés dans l'étude sont équipés de capteurs infra-rouges. Dans la réserve de Naryn, ils sont tous rigoureusement identiques (marque Bushnell Essential 2 et 3). Dans la réserve de Sarychat-Ertash, les capteurs sont tous de marques différentes (marque Bushnell, Scoutguard et cuddeback) et de différentes générations ce qui engendre des difficultés lors de leurs réglages.

Les capteurs sont équipés de cartes mémoire d'au moins 8 GO (16 à 32 GO dans l'idéal) et de piles lithium, plus résistantes aux grands froids que les piles classiques. Les pièges photographiques sont systématiquement réglés à l'identique lorsqu'ils sont de la marque Bushnell Essential, et, le cas échéant le réglage doit se rapprocher le plus possible de celui-ci :

- L'heure et la date doivent systématiquement être réglées.
- L'appareil est réglé sur le mode « photographie »
- La taille de l'image doit être de 8M pixel (medium).
- Le nombre de captures est réglé sur 2 à 3 photos par déclenchement (c'est-à-dire par mouvement) avec une seconde d'écart entre chaque photo.
- L'intervalle avant de refaire une série de photos doit être réglé sur le minimum.

- Les LED permettant de réaliser des photos de nuit doivent être suffisamment nombreuses et d'intensité intermédiaire.
- La vitesse de l'obturateur est réglée sur medium.
- Pour la forme des images, elles doivent contenir l'heure et la date mais les coordonnées GPS ne doivent en aucun cas être dévoilées publiquement.

b) Mise en place des pièges photographiques sur le terrain

La zone étudiée est divisée en un quadrillage avec des mailles de 25km² car l'objectif est de disposer un piège photo par zone et au sein de ce maillage de positionner le piège de façon à maximiser la probabilité de capture (Figure 31 et Figure 32). La position est déterminée par la présence d'indices de passages de l'animal qui sont, par exemple, des fèces, des traces d'urines, des zones de grattages, des empreintes etc. Nous avons décidé de privilégier, en priorité, les zones de jet d'urines puisque la panthère va, dans un premier temps, sentir l'urine, puis, se retourner, avant de marquer le rocher à son tour. Ce demi-tour est essentiel dans notre étude car il permet de capturer photographiquement les deux flancs, mais aussi la tête et la queue de l'animal. D'autres études en conservation animale utilisent deux pièges par zones pour permettre une capture de l'ensemble du corps de l'animal et de déterminer son sexe (Alexander et al. 2015). Néanmoins ces études rapportent qu'il reste compliqué, malgré l'utilisation de deux appareils, de déterminer le sexe (Alexander et al. 2015). C'est la raison pour laquelle nous avons fait le choix d'utiliser un unique appareil par emplacement afin de doubler la zone d'étude.

Idéalement, l'appareil photographique fixé par une sangle est positionné à l'abri de la neige, du vent, en évitant, au maximum, les contre jours (Figure 30). L'emplacement du piège photo doit permettre, dans la mesure du possible, d'encadrer la panthère dans un couloir tout en laissant un recul suffisant pour permettre la réalisation de photos de l'animal dans son intégralité. L'installation de chaque appareils nécessite en moyenne une trentaine de minutes (pose, essais, réglage, vérification). Il faut également veiller à dissimuler les pièges photos pour diminuer les perturbations de la faune et les protéger des vols (braconnage possible).

Une fois l'emplacement choisi et le piège installé, une photo du lieu et du piège sont prises et les coordonnées GPS renseignées.

Dans notre étude, nous parlerons du nombre d'emplacements des pièges photos et non pas du nombre de pièges photographiques puisqu'un même appareil au cours de la même année peut être amené à être déplacé. Le nombre total d'emplacements est ainsi résumé dans le Tableau 1.



FIGURE 30 : POSE ET REGLAGE D'UN PIEGE PHOTOGRAPHIQUE DANS LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH – CREDIT PHOTO ALINE DEPRAZ

TABLEAU 1 : NOMBRE D'EMPLACEMENTS UTILISES PAR ANNEE ET PAR RESERVE

Nombre d'emplacements	2016	2017	2018
Sarychat-Ertash	13	16	7
Naryn	5	12	9

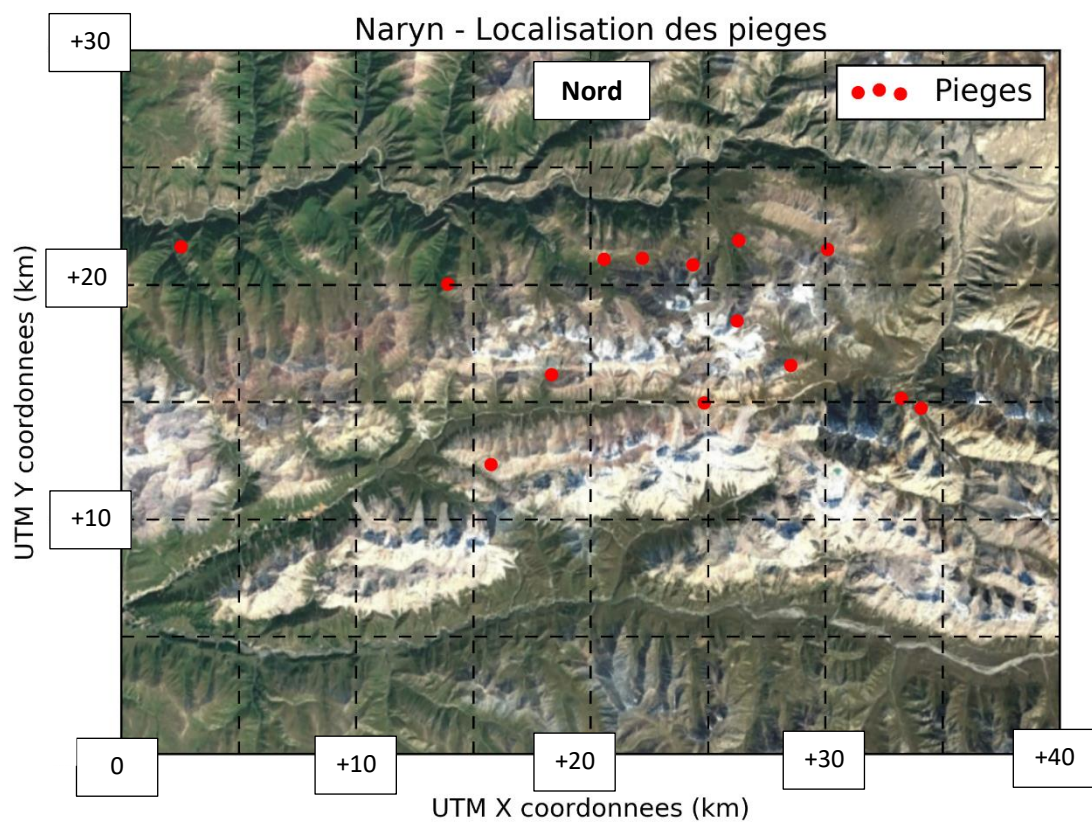


FIGURE 31 : LOCALISATION DES PIEGES PHOTOGRAPHIQUES DE LA RESERVE DE NARYN SUR LA PERIODE DE 2016 A 2018

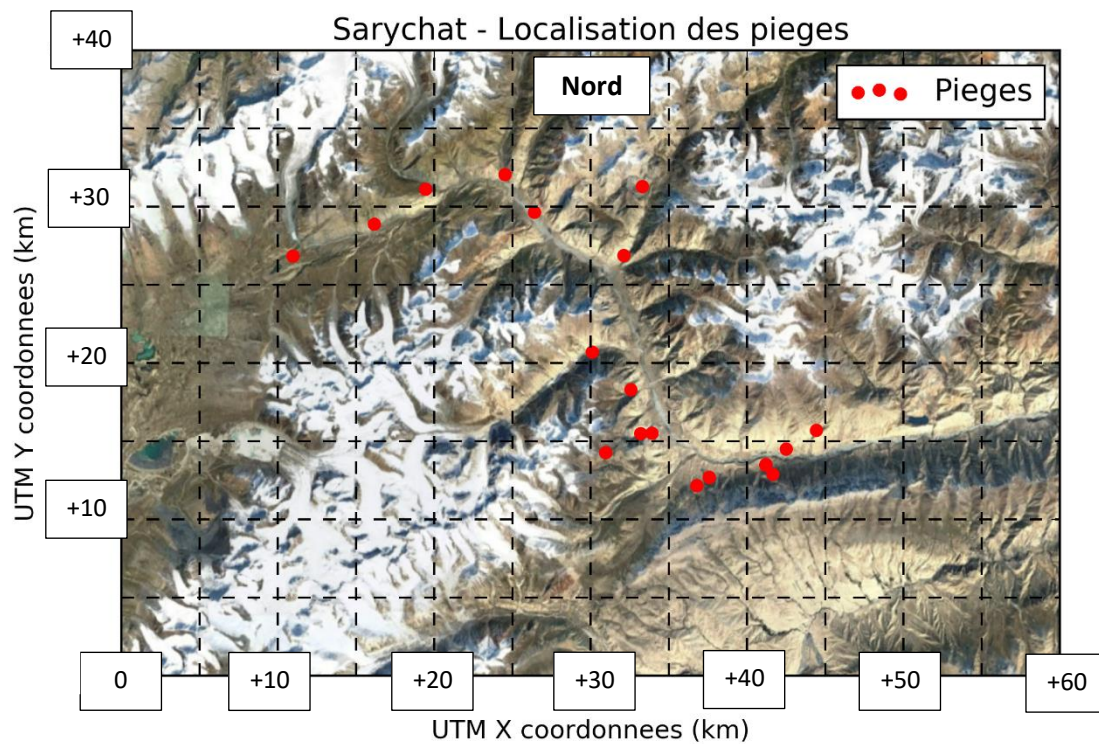


FIGURE 32 : LOCALISATION DES PIEGES PHOTOGRAPHIQUES DE LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH SUR LA PERIODE DE 2016 A 2018

L'altitude des emplacements des pièges photographiques est illustrée par la Figure 33. Les appareils sont donc généralement placés à une altitude comprise entre 3000 et 4000 mètres. Les pièges photographiques de la réserve de Naryn sont en moyenne disposés à des altitudes plus importantes que ceux de la réserve de Sarychat-Ertash. Ceci est expliqué car l'écosystème de la réserve de Naryn étant beaucoup plus boisés il est nécessaire d'effectuer une plus grande ascension pour pouvoir

trouver des indices de présence de la panthère des neiges et y placer des pièges photos dans ses zones d'habitat.

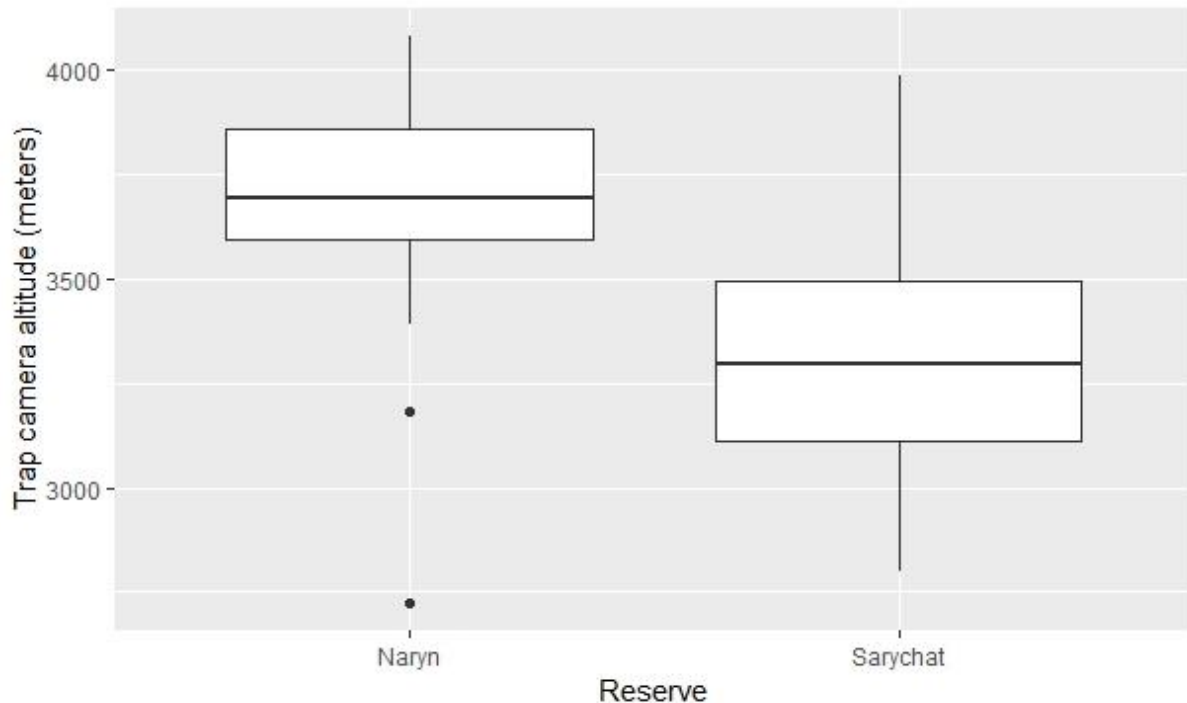


FIGURE 33 : ALTITUDE DES PIEGES PHOTOGRAPHIQUES DANS LA RESERVE DE NARYN ET DE SARYCHAT-ERTASH

c) Temps d'étude

En tout premier lieu, il faut bien comprendre que les conditions climatiques dans les montagnes du Kirghizstan ne permettent l'accessibilité des zones d'études qu'entre les mois de juin et septembre. Ainsi, les expéditions lors desquelles sont réalisées les mises en place des pièges photos, le changement de carte mémoire, le changement de piles et éventuellement le changement d'emplacement ne sont possibles qu'au cours de cette période estivale. Ceci explique pourquoi les années sont tronquées au début et à la fin de l'étude à ces périodes.

En second lieu, il faut noter que certains pièges photos sont déplacés au cours d'un même été. En effet, différentes expéditions ont lieu au cours de l'été, il est alors possible de mettre en place un piège photo en début d'été et de le contrôler et/ou de le changer d'emplacement en fin d'été pour le reste de l'année en cours.

En ce qui concerne le temps d'étude, il a été plus long pour la réserve de Sarychat-Ertash, qui est suivie depuis 2009 par l'ONG OSI-Panthera, que pour la réserve de Naryn, dont le suivi est très récent (puisque mis en place seulement au cours de l'été 2016). Ces temps d'études sont ainsi résumés par les figures suivantes (Figure 34 et Figure 35).

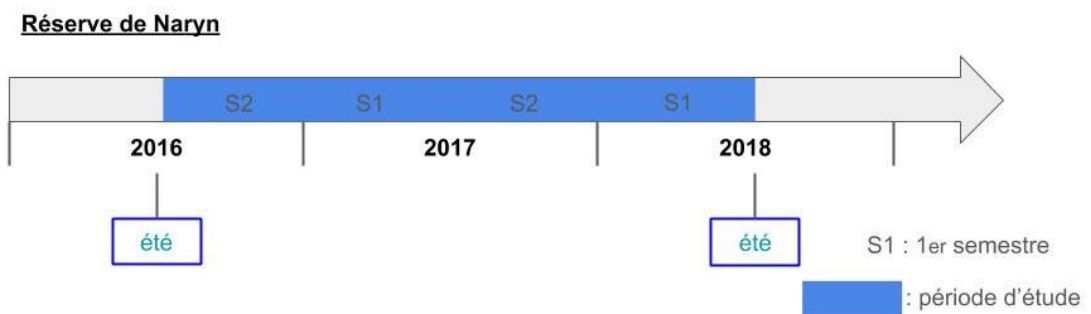


FIGURE 34 : FRISE TEMPORELLE DE L'ETUDE PHOTOGRAPHIQUE DANS LA RESERVE DE NARYN

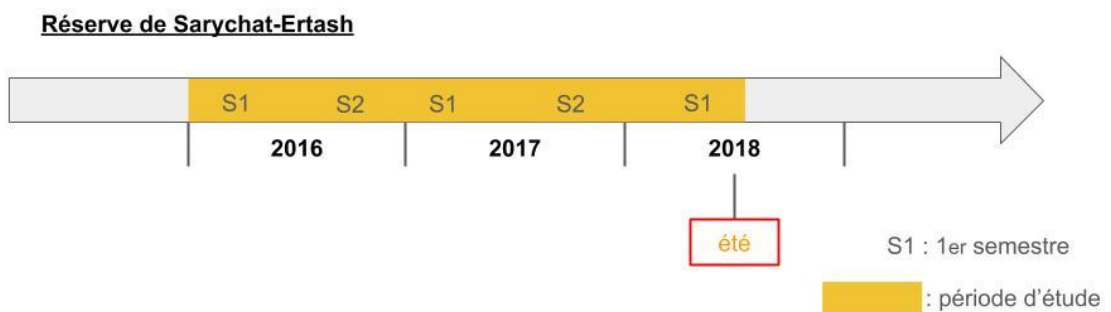


FIGURE 35 : FRISE TEMPORELLE DE L'ETUDE PHOTOGRAPHIQUE DANS LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH

Le temps d'étude est de quatre semestres pour la réserve de Naryn (soit deux ans) et de cinq semestres pour celle de Sarychat-Ertash (soit deux ans et demi). Cependant, les pièges photos n'ont pas fonctionné en continue lors de ces périodes. Ce point sera développé ultérieurement.

4. Méthode d'analyse

a) Lecture des photos

Après récupération des cartes mémoires des différents pièges photos nous avons obtenu plusieurs milliers de photographies. Un premier tri est réalisé en écartant les photos sans panthère des neiges (pièges déclenché par d'autres animaux ou par des mouvements de végétaux). Après ce premier tri il reste un total de **1600** photos de panthères des neiges, sur l'ensemble des deux réserves, que nous pouvons utiliser pour l'étude.

- Reconnaissance individuelle

Ensuite, la lecture et l'analyse des photographies de panthères des neiges est effectuée. Lors de cette étape, les photographies sont étudiées de façon indépendante par plusieurs observateurs dont je fais partie (trois pour la réserve de Naryn et deux pour celle de Sarychat-Ertash) puis, le résultat est confronté et harmonisé entre les différents analystes.

Cette analyse est une tâche chronophage qui demande organisation, rigueur et assiduité. Le principe est d'identifier les panthères individuellement par le biais des motifs dessinés avec les rosettes présentes sur la fourrure. Ces rosettes sont spécifiques à chaque individu. Elles sont considérées comme leurs empreintes digitales (Alexander et al. 2015; 2016; Mccarthy et al. 2008; Fox et Chundawat 2016). Lorsque la qualité de l'image, ou lorsque le profil de la panthère ne permet pas une identification individuelle, la photographie est écartée afin de ne pas surestimer la population. C'est pourquoi, certaines d'entre elles sont classées dans la catégorie « NA » (not available) dans la colonne « snow leopard name » du tableau de données (Figure 43).

Nous considérons deux photos comme étant un unique individu lorsqu'au moins trois motifs (rosettes) sont identiques (Alexander et al. 2015). A l'inverse, lorsque l'on peut identifier de façon certaine trois motifs différents nous considérons ces 2 photos comme représentant un individu différent. Voici un exemple ci-dessous montrant la même panthère à deux périodes différentes (Figure 36 et Figure 37).



FIGURE 36 : PHOTO DE LA PANTHERE AIPERI PRISE EN SEPTEMBRE 2016 DANS LA RESERVE DE SARYCHAT - CREDIT PHOTO OSI-PANTHERA



FIGURE 37 : PHOTO DE LA PANTHERE AIPERI PRISE EN DECEMBRE 2016 DANS LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH - CREDIT PHOTO OSI-PANTHERA

De préférence, quatre régions de l'animal sont comparées : la tête, le profil gauche (comme sur la Figure 36 et la Figure 37), le profil droit et la queue. Cependant, certaines photos ne permettent pas de visualiser correctement ces régions. Dans ce cas, il est accepté de reconnaître une même panthère avec d'autres régions moins classiques comme sur la Figure 38.

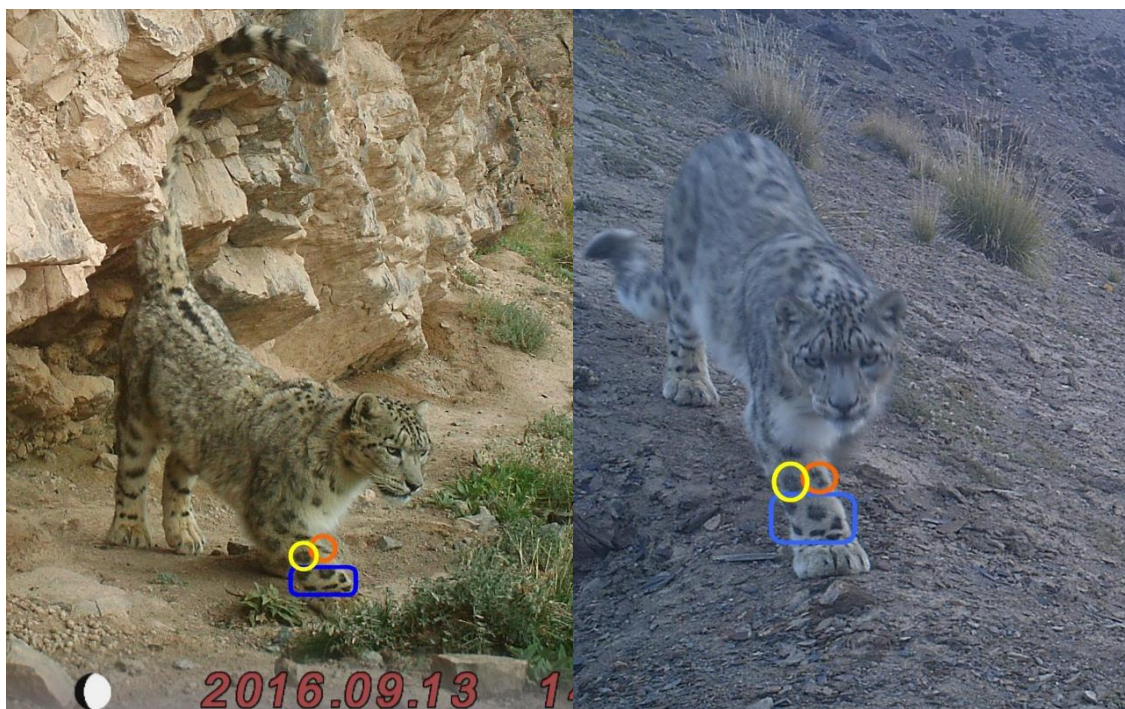


FIGURE 38 : IDENTIFICATION D'AIPERI GRACE A L'ANTERIEUR DROIT - CREDIT PHOTO OSI-PANTHERA

- Autres informations

A la lecture de ces photos, nous pouvons également obtenir d'autres informations concernant le sexe et l'âge de la panthère.

Certains auteurs affirment qu'il est compliqué de déterminer le sexe des panthères des neiges par le biais de photographie (Alexander et al. 2015). Toutefois, un certain nombre de photographies de notre étude nous ont permis de visualiser de façon évidente et certaine le sexe des animaux (Figure 39).

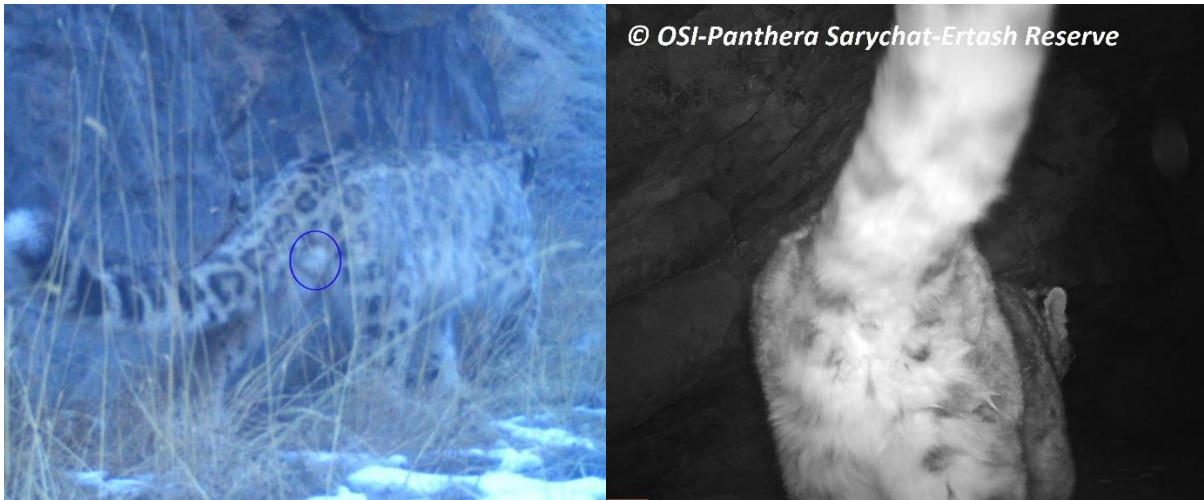


FIGURE 39 : IDENTIFICATION DU SEXE DANS LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH : MALE AIPERI (A GAUCHE) ET FEMELLE ELMIKAU (A DROITE) - CREDIT PHOTO OSI-PANTHERA

Également, lorsqu'une photo nous montre une panthère suitée (suivie par sa progéniture) nous pouvons en déduire le sexe de celle-ci ainsi que l'année de naissance des jeunes (Figure 40).



FIGURE 40 : PRESENCE D'AIKA (A DROITE) AVEC 2 DE SES PETITS (" CUB 2 " EN HAUT A GAUCHE ET "PETIT 1" EN DESSOUS) EN MAI 2018 DANS LA RESERVE DE NARYN - CREDIT PHOTO OSI-PANTHERA

Les photos nous permettent de noter s'il s'agit d'un individu jeune ou adulte, mais pas de déterminer son âge précis. Néanmoins, l'étude d'une même réserve sur le long terme permet de suivre certains individus dans le temps (Figure 41), et, peut-être qu'un jour, nous serons en mesure d'établir un arbre généalogique ? Cependant, les jeunes ayant encore du duvet son difficilement reconnaissable, au moins pendant leurs 6 premiers mois.

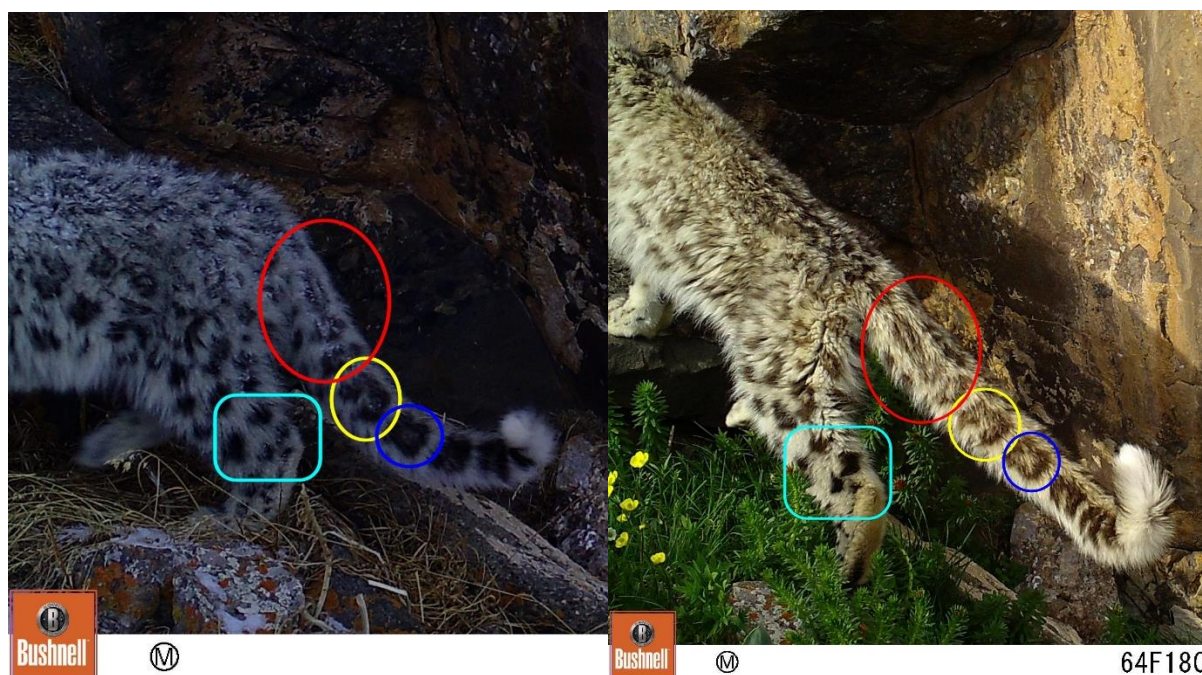


FIGURE 41 : "CUB 1" DE LA PANTHERE AIKA DANS LA RESERVE DE NARYN EN DECEMBRE 2017 A GAUCHE PUIS EN JUILLET 2018 A DROITE - CREDIT PHOTO OSI-PANTHERA

b) Fiche individu

Après réalisation des premières analyses des photographies, des fiches individus et des bibliothèques de photographies sont créées. Elles permettent de se référer à un ensemble de photos qui montrent un maximum de régions du corps de l'animal (dans l'idéal, les profils droit et gauche, ainsi que la tête et la queue). Ces fiches individus recueillent d'autres informations telles que le sexe, si l'individu est adulte ou non, s'il a été observé avec un autre individu... Elles sont par la suite modifiées et complétées au cours des lectures suivantes. A la fin de toutes nos analyses (soit trois saisons) nous avons créé un document d'identification contenant une fiche par individu dans chacune des deux réserves. Voici un exemple de fiche individu (Figure 42).

FIGURE 42 : FICHE INDIVIDU DE LA PANTHERE " M3 " DE LA RESERVE DE SARYCHAT-ERTASH

M3


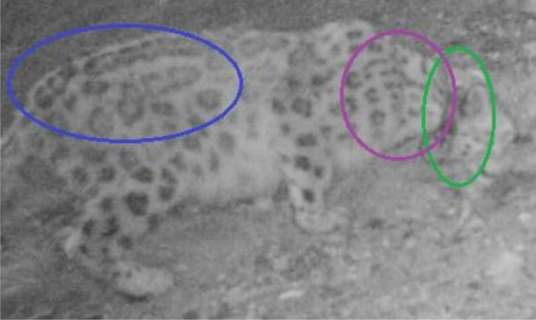
Reserve: Sarychat-Ertash State Reserve, Kyrgyzstan


Information on the individual:
 Collared individual from Panthera US:

- Male
- 6 years old in 2017
- Called M3 or Fighter by SLT team.
- Observed alone


Right flank:
 Concerning the flanks – it’s also the case for the back – one has to be careful of the position of the specimen which could distort the shape of the rosettes.

- Blue area : large rosettes on the back in the right side
- Purple area: lines on the neck
- Green area: GPS tracker



Head:
 Only blurred pictures: so no distinguishable rosettes patterns yet.



Tail:

- Purple area: spinal rosettes on the back with a easily recognizable pattern
- Blue area: tail rosettes, with one large round and one long rosette next to each other
- Green area: GPS tracker

For more pictures of M3, see:

- 2015-2016

Kitchi Kachkateur	EK000341	back	18/05/2016	18:01:40
Kitchi Kachkateur	EK000342	back + tail	18/05/2016	18:01:41
Kitchi Kachkateur	EK000353	fur	28/06/2016	23:24:14
Kitchi Kachkateur	EK000354	back	28/06/2016	23:24:14
Kitchi Kachkateur	EK000355	back + tail	28/06/2016	23:24:20
Kitchi Kachkateur	EK000356	back + tail	28/06/2016	23:24:21
Kitchi Kachkateur	EK000393	Tail	06/08/2016	15:40:08
Kitchi Kachkateur	EK000394	Tail	06/08/2016	15:40:09

- 2016-2017

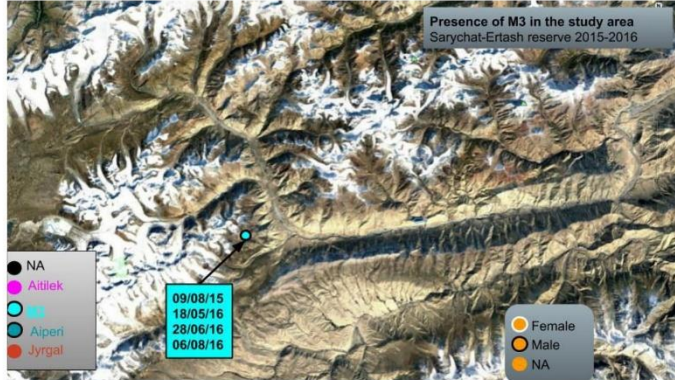
Camera trap	Place	Pictures	Exposed part	Date	Hour
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000688	head + right flank	15/05/2017	19:25:50
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000689	head + right flank	15/05/2017	19:25:51
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000690	head + right flank	15/05/2017	19:25:52
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000691	right flank	15/05/2017	19:50:32
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000692	right flank	15/05/2017	19:50:32
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000693	right flank	15/05/2017	19:50:33
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000694	right flank	15/05/2017	19:50:41
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000695	right flank	15/05/2017	19:50:42
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000696	right flank	15/05/2017	19:50:43
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000697	right flank	15/05/2017	19:50:49
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000698	right flank	15/05/2017	19:50:49
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000699	right flank	15/05/2017	19:50:50
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000700	tail	15/05/2017	19:51:06
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000701	tail	15/05/2017	19:51:07
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000702	tail	15/05/2017	19:51:08
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000757	tail	19/06/2017	05:38:37
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000758	tail + right flank	19/06/2017	05:38:37
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000759	tail + right flank	19/06/2017	05:38:38

- 2017-2018

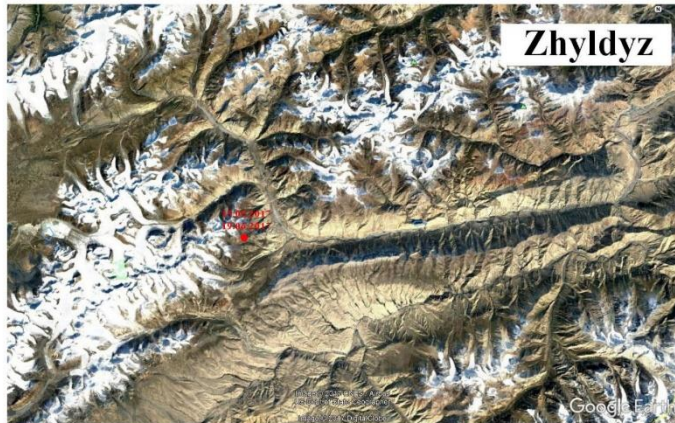
Camera trap	Place	Pictures	Exposed part	Date	Hour
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000094	right flank	19/07/17	19:06:47
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000095	right flank	19/07/17	19:06:48
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000096	right flank	19/07/17	19:06:49
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000097	left flank	19/07/17	19:07:08
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000098	Back + tail	19/07/17	19:07:09
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000099	Back + tail	19/07/17	19:07:09
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000349	right flank	01/09/17	17:35:29
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000350	right flank	01/09/17	17:35:30
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000351	right flank	01/09/17	17:35:30
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000352	behind	01/09/17	17:35:45
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000353	behind	01/09/17	17:35:46
PP5	Kitchi Kachkateur	EK000354	behind	01/09/17	17:35:47

Map obtained:

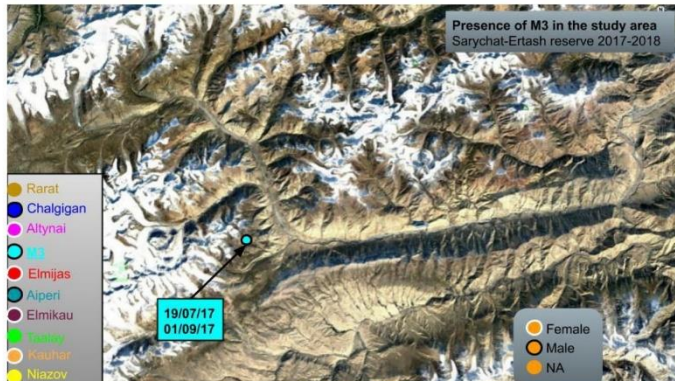
2016



2017



2018



La réalisation de ces fiches individu est cruciale pour la suite de l'étude. En effet, elles permettent de reconnaître bien plus rapidement un même animal d'une année à l'autre.

c) Création de la base de données

Comme nous l'avons vu les images permettent de nous donner un certain nombre d'informations comme l'heure et la date de la photo. Avec ces informations temporelles, nous pouvons en déduire une information sur la saison et une autre qui correspond à l'instant de la journée où la photo est prise. Cet instant de la journée est utilisé plus loin dans l'étude de deux façons : soit avec un découpage en quatre (00h-6h ; 6h-12h ; 12h-18h ; 18h-00h) soit avec un découpage en deux, correspondant au jour (6h-18h) ou à la nuit (18h-6h). Ces deux informations (saison et moment de la journée) sont intégrées dans notre base de données.

L'étude attentive des images permet, quant à elle, de déterminer (quand cela est possible) l'individu, ses régions du corps exposées, son sexe, s'il est mature ou non et s'il porte un collier GPS.

Nous notons également pour chacune des photos les informations spatiales suivantes sont disponibles : la réserve, le nom de l'emplacement du piège photo, ses coordonnées GPS (latitude et longitude) et son altitude.

Toutes ces informations sont insérées une à une dans un tableau de suivi. L'échantillon de ce tableau (Figure 43) contient l'ensemble des informations nécessaires à l'étude de cette base de données.

Reserve	SLName	Place	Picture	ExposedPart	Date	Hour	GPSCollar	Sexe	Q_day	Periode	Saison	Latitude	Longitude	Altitude	Age
Naryn	Naguima	Kokeuzeun -	7280497	Head + back	28/07/2018	23:01:18	N	M	18h-00h	Night	summer	X	X	3904	Adult
Naryn	Naguima	Kokeuzeun -	7280498	Head + chest	28/07/2018	23:01:19	N	M	18h-00h	Night	summer			3904	Adult
Naryn	Naguima	Kokeuzeun -	7280499	Head + left flank	28/07/2018	23:01:19	N	M	18h-00h	Night	summer	X	X	3706	Adult
Naryn	Naguima	Umeut upper	1060307	Head	06/01/2018	18:03:15	N	M	18h-00h	Night	winter			3706	Adult
Naryn	Naguima	Umeut upper	1060308	Head	06/01/2018	18:03:15	N	M	18h-00h	Night	winter			3706	Adult

FIGURE 43 : EXEMPLE DU TABLEAU DE LA BASE DE DONNEE APRES LECTURE DES PHOTOS

d) Analyse descriptive

Une première description de la base de données a été effectuée en utilisant le logiciel R (R Core Team, 2019) et le package ggplot2 (Wickham H. 2016). Les graphiques nous ont permis de visualiser la distribution des données.

e) Ratio de photographie

Le ratio de photo est défini comme le nombre d'événements « panthère capturée un jour donné » divisé par le nombre total des journées de fonctionnement d'un ou plusieurs pièges photographiques. L'événement « photo de panthère » étant défini comme une photo (ou ensemble de photos) prise(s) par un piège photo donné un jour donné. Deux ratios différents peuvent être obtenus, le premier en utilisant le nombre de panthères identifiées (soit, si deux panthères distinctes passent le même jour devant le même piège photographique il sera comptés 2 événements), le second en ne considérant pas l'identification individuelle des panthères (soit, pour le même exemple que précédemment, il ne sera comptés qu'un unique événement). (Mccarthy et al. 2008).

Pour obtenir ce ratio il suffit d'appliquer cette formule :

Soit, R le ratio de photographie

n le nombre d'événements « photo de panthère »

k le nombre de pièges photographiques présents dans une réserve,

j_i le nombre de jours de fonctionnement du piège i

$$R = \frac{n}{\sum_{i=1}^k j_i} * 100$$

A l'inverse, on peut obtenir la réponse à la question suivante : combien de jours d'attente sont nécessaires en moyenne pour obtenir la première visualisation de panthère ?

Soit, TA le temps d'attente moyen avant la première observation

n le nombre d'événements « photo de panthère »

k le nombre de pièges photographiques présents dans une réserve,

j_i le nombre de jours de fonctionnement du piège i

$$TA = \frac{\sum_{i=1}^k j_i}{n}$$

B. Résultats

1. Description piège photo

a) Durée de fonctionnement des pièges photos

Nous avons vu précédemment que l'étude s'est déroulée pendant quatre semestres à Naryn et cinq à Sarychat-Ertash. Cependant, les pièges photographiques n'ont pas fonctionné tout au long de ces longues périodes. En effet, l'autonomie des batteries, la capacité de stockage des cartes mémoires, l'enneigement des pièges, ou, tout simplement, les dysfonctionnements propres aux appareils font que la période de fonctionnement réel des pièges est souvent inférieure à la durée pendant laquelle ils sont restés en place. Il a été noté la première et la dernière photographie prise par l'appareil, correspondant au premier et dernier jour de fonctionnement effectif.

Les temps de fonctionnements respectifs des pièges photographiques en fonctions des années et des réserves est résumé Tableau 2.

TABLEAU 2 : DUREE CUMULEE DE FONCTIONNEMENT DES PIEGES PHOTOGRAPHIQUES DES DEUX RESERVES EN NOMBRE DE JOURS (S1= PREMIER SEMESTRE, S2= SECOND SEMESTRE)

	2016	2017	2018	Total
Sarychat-Ertash	2369 (S1+S2)	2719 (S1+S2)	820 (S1)	5908 pour 5 semestres
Naryn	490 (S2)	1602 (S1+S2)	1488 (S1)	3580 pour 4 semestres

Pour chacune des réserves et chacune des années, si l'on note :

k le nombre de pièges photographiques présents dans une réserve,

j_i le nombre de jours de fonctionnement du piège i

J la somme des jours de fonctionnement de tous les pièges d'une réserve au cours d'une année

$$J = \sum_{i=1}^k j_i$$

Ainsi, la durée de fonctionnement cumulée de l'ensemble des pièges photographiques de notre étude s'élève à 9 488 jours.

Le Tableau 2 révèle que le temps de surveillance a été généralement plus long dans la réserve de Sarychat-Ertash que dans celle de Naryn. Ceci est logique puisqu'il y a eu un semestre d'étude supplémentaire et de plus nombreux pièges photos dans la réserve de Sarychat-Ertash.

Nous pouvons également nous demander si ce résultat ne peut pas être en lien avec un enneigement fréquent dans la réserve de Naryn, ce qui limiterait le fonctionnement des pièges photographiques ?

Cependant, la Figure 44 montre qu'en moyenne les durées de fonctionnement des pièges photos sont relativement similaires d'une réserve à l'autre (environ 150 jours par emplacement). Ainsi, la

divergence des durées de fonctionnements totales est uniquement un résultat lié à la durée d'étude et à un matériel plus important dans la réserve de Sarychat-Ertash que dans la réserve de Naryn.

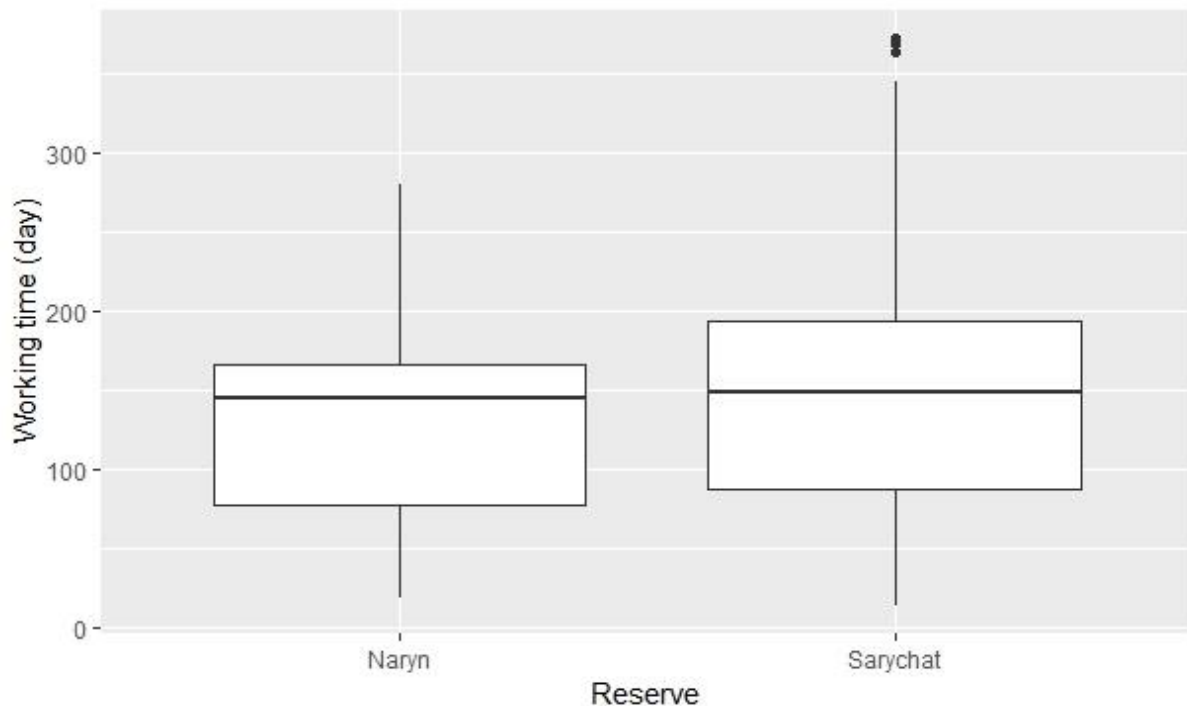


FIGURE 44 : FONCTIONNEMENT DES PIEGES PHOTOGRAPHIQUES EN NOMBRE DE JOURS PAR RESERVE

b) Événement « photo de panthère »

Parmi les 1600 photographies, un grand nombre de photographies sont prises en rafales (puisque les appareils sont réglés sur une série de 2 à 3 images par déclenchement afin de multiplier le nombre de points de vue sur le pelage de l'animal). Il est alors nécessaire de rassembler ces photographies pour y associer un unique « événement panthère ».

« L'événement panthère » c'est un ensemble de photographies prises à un lieu donné à une date donnée avec ou sans identification de l'animal :

- Avec identification de l'animal nous avons obtenu **220 événements captures**.
- Sans identification de l'animal nous avons obtenu **179 événements captures**.

Pour bien comprendre la nuance voici un exemple : deux panthères différentes passant devant le même piège photographique le même jour seront comptées comme un unique événement sans identification de l'animal mais comme deux événements avec identification de l'animal. C'est pourquoi, il y a moins d'événements avec les résultats « sans identification » (Figure 45) par rapport au résultat « avec identification » (Figure 46).

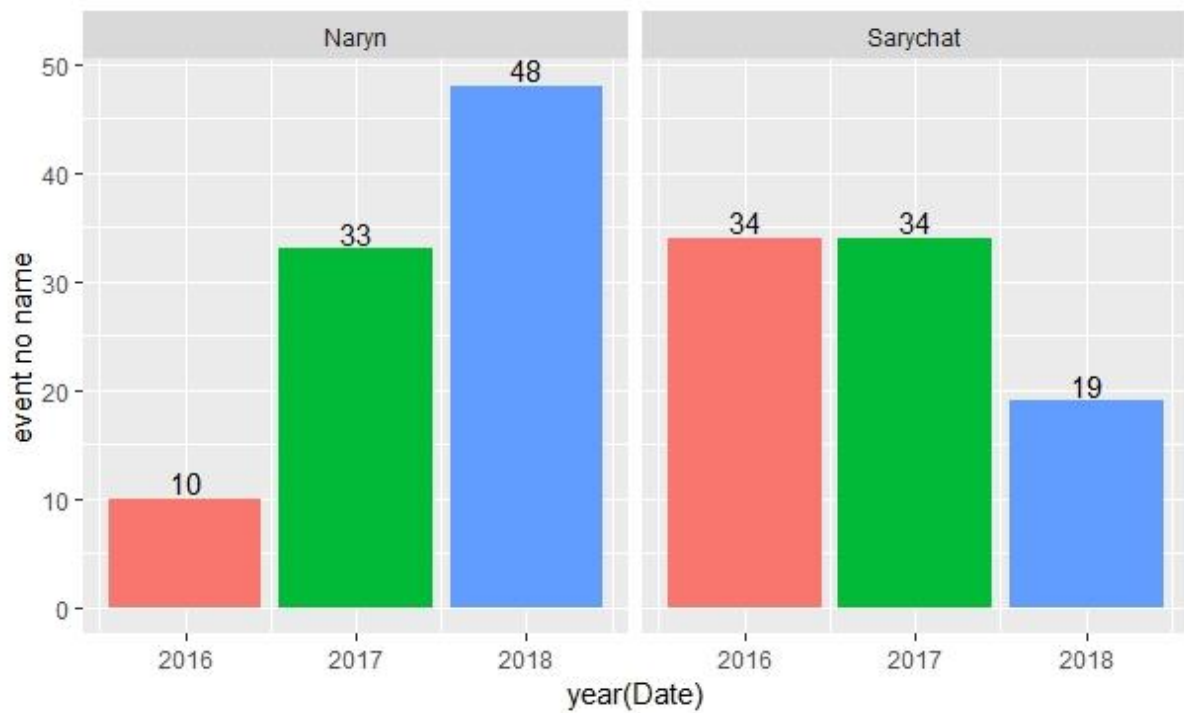


FIGURE 45 : EVOLUTION DU NOMBRE D'EVENEMENTS « PHOTO DE PANTHERE SANS IDENTIFICATION »

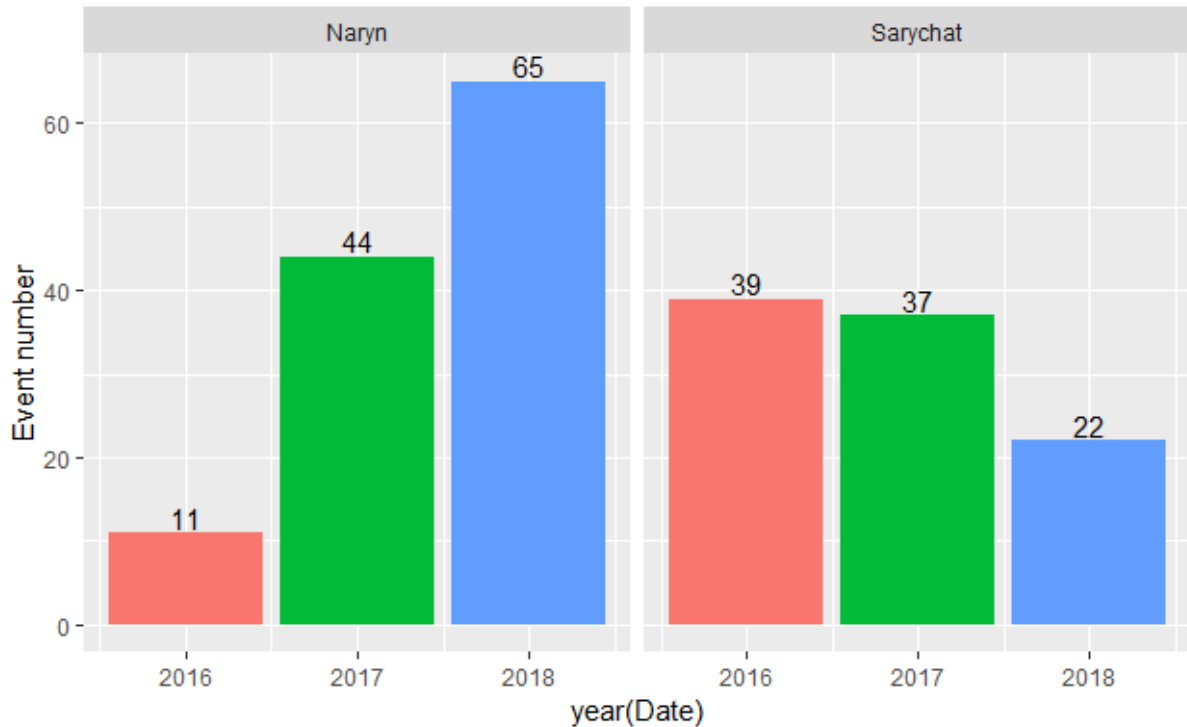


FIGURE 46 : EVOLUTION DU NOMBRE D'EVENEMENTS « PHOTO DE PANTHERE AVEC IDENTIFICATION »

Pour clarifier notre propos, nous utilisons dans tous nos résultats le nombre d'événements avec identification des panthères (Figure 46) sauf les résultats concernant le ratio de photographies (chapitre II.B.4.b) pages 79).

D'après la Figure 46 nous pouvons constater une stabilité du nombre d'événements capture photo dans la réserve de Sarychat-Ertash. Le nombre inférieur en 2018 est expliqué par le fait qu'uniquement le second semestre a été étudié. Dans la réserve de Naryn le nombre de captures photo semble augmenter au cours du temps. Mais les années 2016 et 2018 ne sont que partiellement étudiées dans cette réserve (second semestre pour l'année 2016 et premier semestre pour l'année 2018). Ceci explique le faible nombre de captures en 2016, mais laisse penser qu'en 2018, l'augmentation du nombre de captures est réellement plus marquée, puisque l'année 2018 n'a pas été suivie sur toute sa durée. Le nombre de pièges photographiques en place à lui aussi augmenté au fil des années.

Dès lors, nous pouvons nous demander si la population a augmenté dans cette réserve ou s'il s'agit d'une amélioration de l'observation et du nombre de pièges photographiques. Pour répondre à cette question il est nécessaire de prendre en compte l'évolution de la population sur ces deux réserves (Figure 49). Cette figure montre une très légère augmentation, en 2018, de la population dans la réserve de Naryn (2 panthères en plus). Il existe bien une amélioration de l'observation, sans doute, en lien avec une meilleure connaissance de la réserve au cours du temps et une augmentation du nombre d'appareils installés.

c) Efficacité des pièges photos pour capturer la panthère

Nous pouvons nous demander, d'une part, si le choix des emplacements des pièges photos est adéquat pour permettre d'observer la panthère des neiges et, d'autre part, s'il existe une divergence entre les deux réserves.

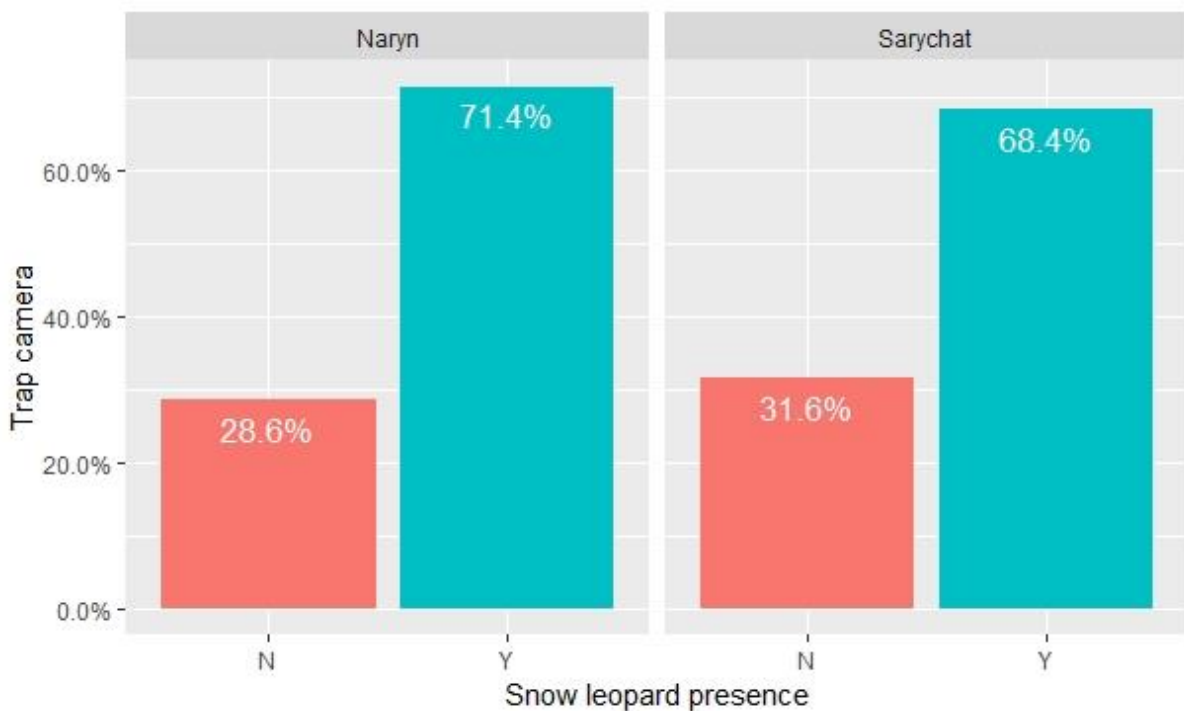


FIGURE 47 : POURCENTAGE DE PIEGES PHOTOGRAPHIQUES AVEC CAPTURE D'AU MOINS UNE PANTHERE DES NEIGES (N = NO ; Y = YES)

D'après la Figure 47, nous constatons qu'environ 70 % des pièges photos mis en place sur un lieu donné ont permis de capturer photographiquement une panthère. Le résultat est globalement similaire dans les deux réserves.

Ainsi, nous pouvons en déduire que notre choix des emplacements des pièges photographiques est identique entre les deux réserves en termes d'efficacité de capture.

2. Description de la population

a) Nombre de panthères identifiées

Au cours des quatre et cinq semestres d'études respectivement à Naryn et Sarychat-Ertash nous avons pu observer une tendance non testée significativement de deux fois plus de panthères dans la réserve de Sarychat-Ertash que dans celle de Naryn (Figure 48). Il est à noter que la population identifiée est d'au moins **dix** individus dans la réserve de Naryn et de **vingt** dans celle de Sarychat-Ertash et non pas 11 et 21 comme le rapporte la Figure 48 puisque ce graphique compte l'individu fictif « NA » qui représente l'ensemble des individus non identifiables (noté « NA » dans le tableau de données (Figure 43)). Le détail de ces populations est figuré plus loin (Figure 56 et Figure 57).

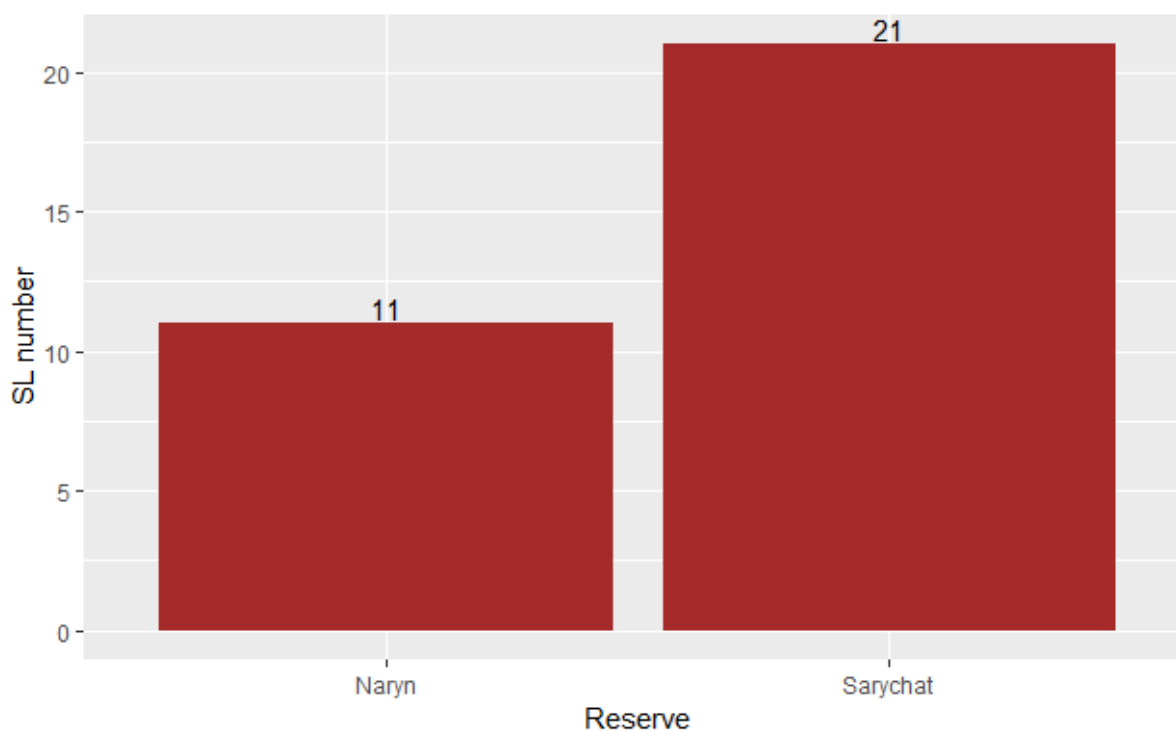


FIGURE 48 : NOMBRE TOTAL DE PANTHERES DES NEIGES IDENTIFIEES DANS LES DEUX RESERVES

b) Evolution de la population au cours de l'étude

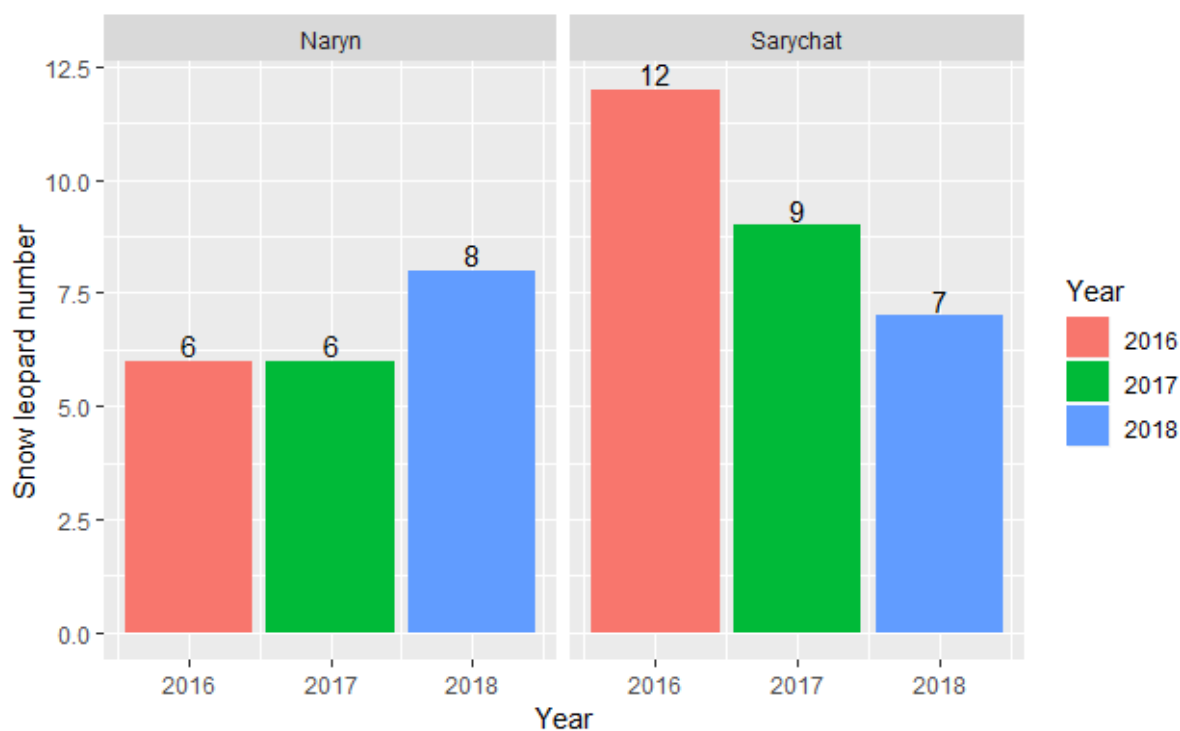


FIGURE 49 : EVOLUTION DE LA POPULATION DE PANTHERES DES NEIGES DANS LES DEUX RESERVES

Ce graphique représente l'évolution de la population de panthères au cours des quatre et cinq semestres d'études, c'est-à-dire le nombre d'individus identifiés sur l'année. La population semble stable à Naryn, quoiqu'en légère augmentation en 2018. Par ailleurs, celle de Sarychat-Ertash semble diminuer au fur et à mesure des années.

La différence entre la Figure 48 et la Figure 49 s'explique par le fait qu'un certain nombre de mêmes panthères sont recapturées d'une année sur l'autre.

c) Sexe de la population

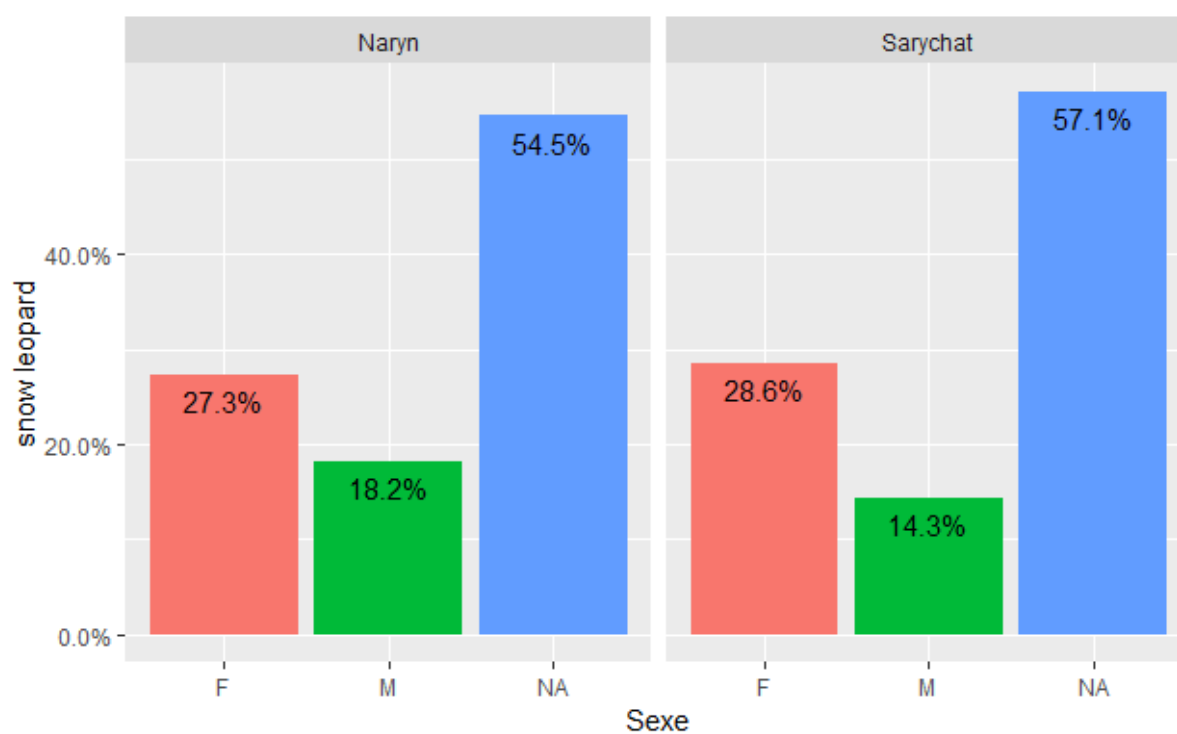


FIGURE 50 : POURCENTAGE DE PANTHERE DES NEIGES DANS LES DEUX RESERVES EN FONCTION DE LEUR SEXE

Nous constatons que pour plus de la moitié des panthères leur sexe n'est pas identifié pour le moment. Pour celles qui ont déjà été identifiées, ce sont en majorité des femelles.

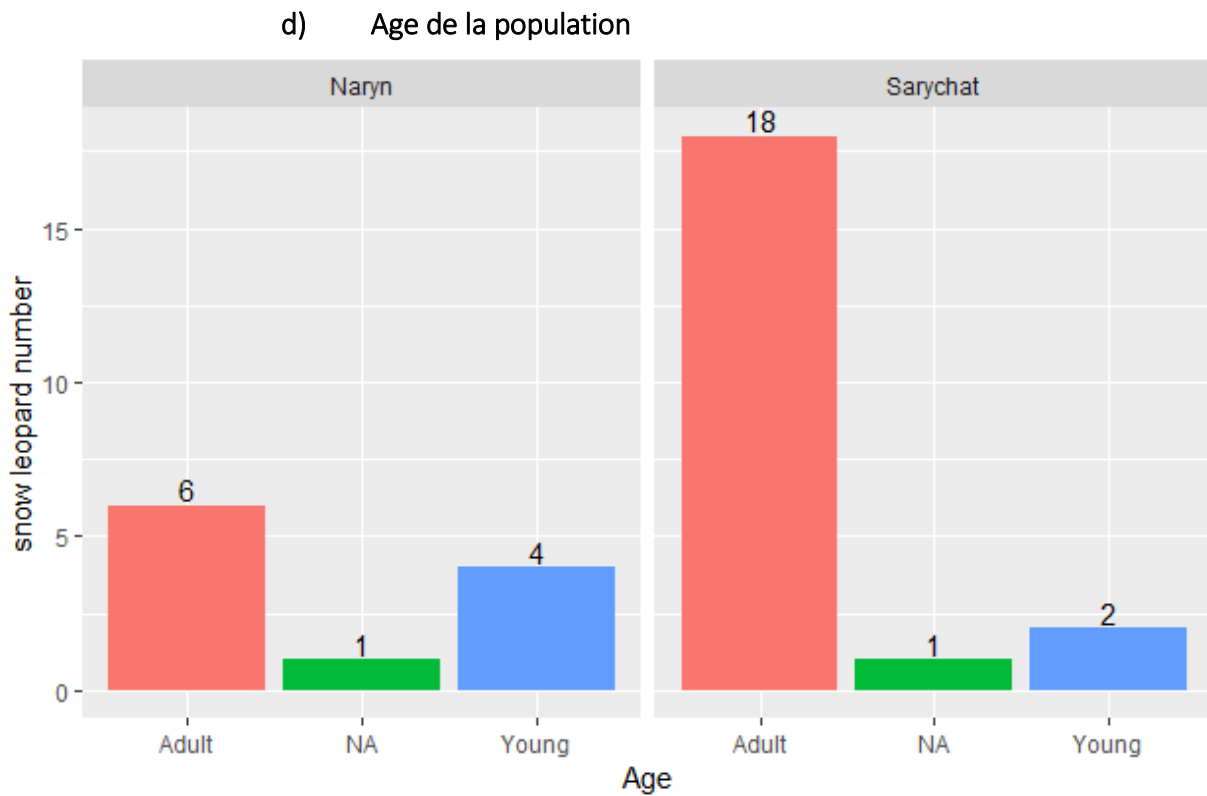


FIGURE 51 : AGE DE LA POPULATION DE PANTHERE DES NEIGES IDENTIFIEES DANS LES DEUX RESERVES

Lors de la visualisation des photographies l'analyste identifie l'animal comme mature ou immature. Les panthères non identifiables pour lesquelles même le caractère mature ou immature n'a pas pu être déduit sont comptées dans chacune des réserves comme un individu dont le sexe n'a pas été déterminé (colonne verte). Nous pouvons constater qu'il y a une grande proportion de panthères immatures dans la réserve de Naryn. Depuis octobre 2017, sur les 11 individus identifiés nous avons pu observer une femelle « Aika » avec ses 3 petits. Cette famille a pu être suivie jusqu'à la fin de l'étude (août 2018). Dans la réserve de Sarychat-Ertash, les deux femelles suivies observées n'avaient qu'un juvénile en leur compagnie.

Ces observations permettent d'affirmer qu'il existe de la reproduction dans les deux réserves.

3. Moment d'observation des panthères des neiges

a) En fonction des saisons

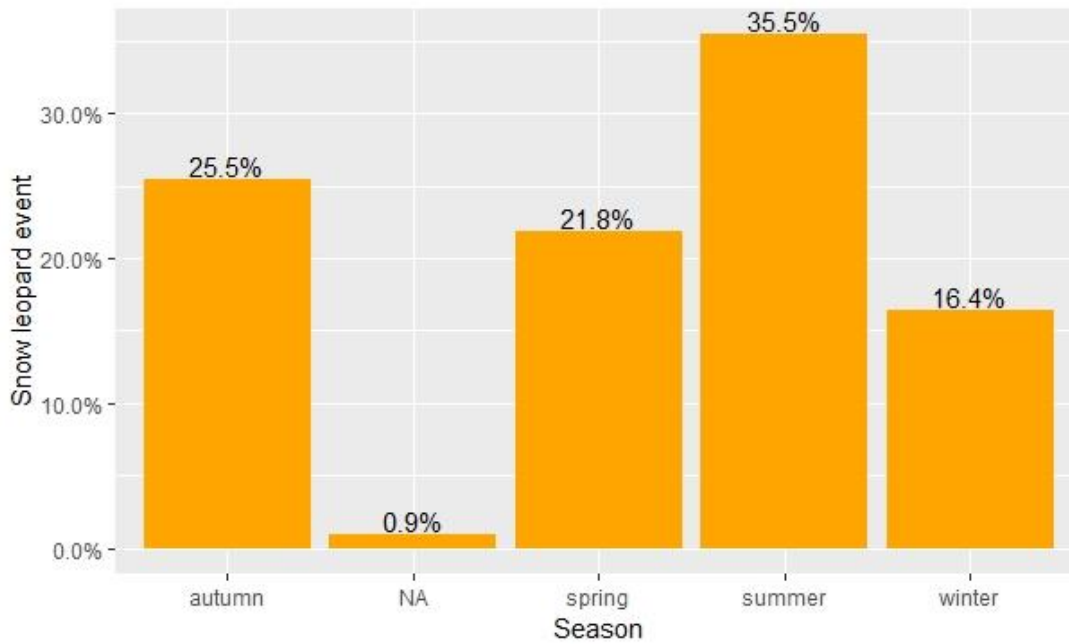


FIGURE 52 : POURCENTAGE DE CAPTURE PHOTOGRAPHIQUE EN FONCTION DES SAISONS

Ce graphique (Figure 52) nous montre que 61 % des événements captures photographiques sont pris au cours de l'été et à l'automne. La colonne « NA » (not available) représente quelques problèmes de réglages de la date sur certaines photographies.

b) En fonction du moment de la journée

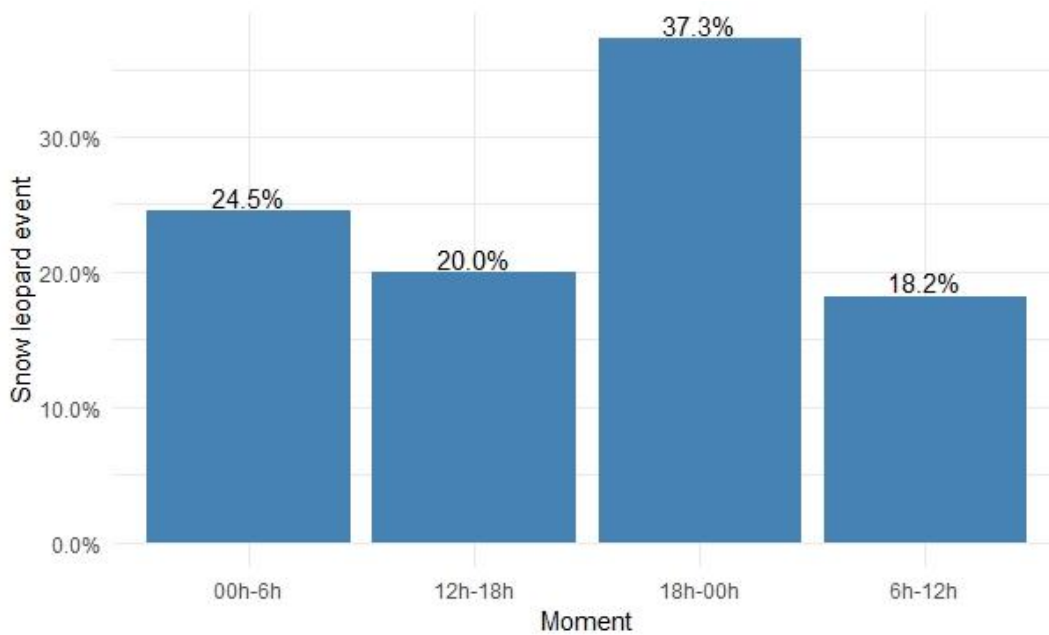


FIGURE 53 : ACTIVITE DE LA PANTHERE DES NEIGES EN FONCTION DE L'INSTANT DE LA JOURNEE

La Figure 53 révèle la tendance suivante : les pièges photographiques sont plus déclenchés par la panthère des neiges entre 18h et 00h. Par conséquent, la panthère des neiges serait plus active à cet instant de la journée. Nous pouvons effectuer un découpage plus précis (heure par heure) pour préciser ce résultat (Figure 54). Ce second graphique révèle que plus de 30 % des captures photographiques de la panthère des neiges surviennent entre 17 et 20h. La panthère serait ainsi plus active en fin de journée, au coucher du soleil. Ces tendances n'ont pas été testées statistiquement pour vérifier leur significativité puisque l'étude est purement descriptive.

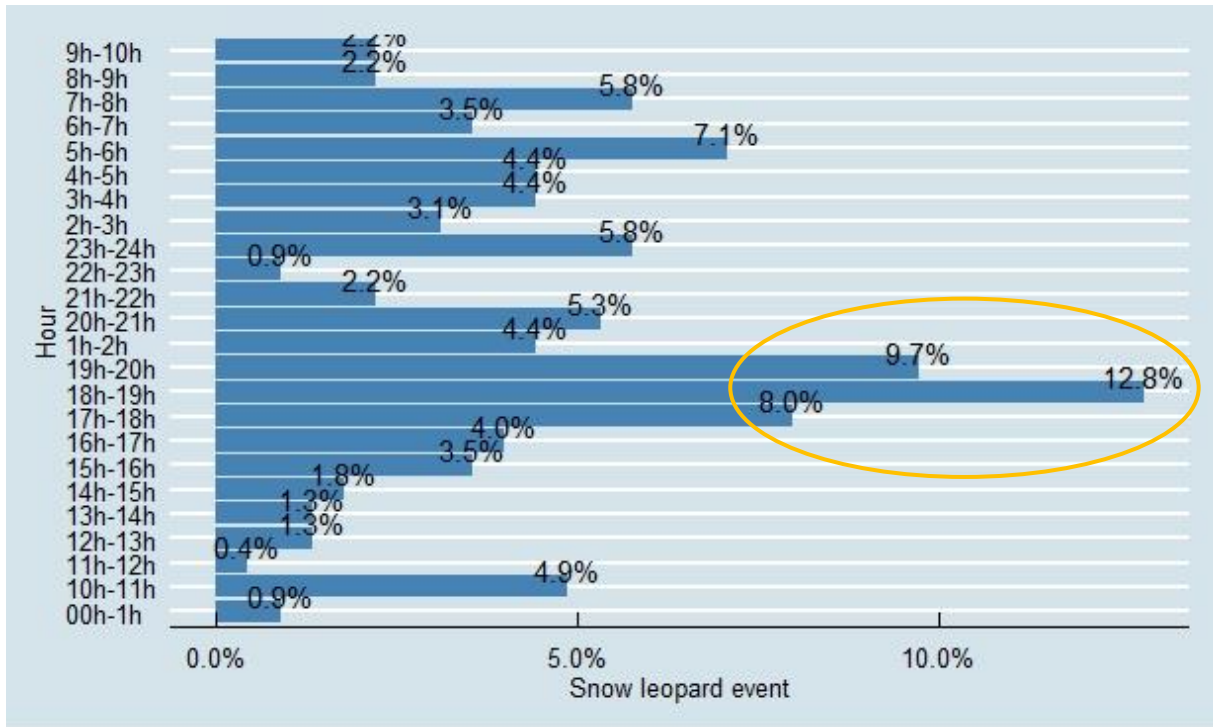


FIGURE 54 : ACTIVITE DE LA PANTHERE DES NEIGES AU COURS D'UNE JOURNEE TYPE

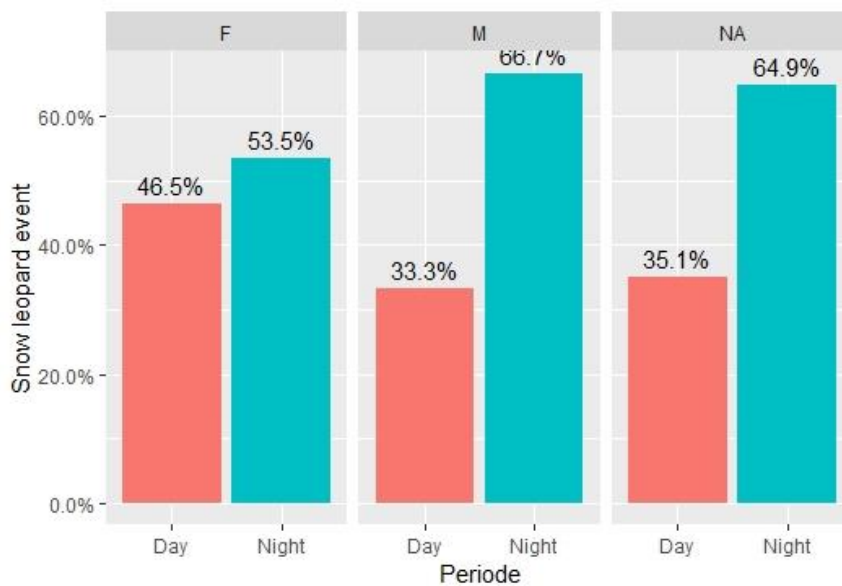


FIGURE 55: PERIODE D'ACTIVITE DE LA PANTHERE DES NEIGES EN FONCTION DU SEXE

Par addition, la tendance semble montrer que les mâles sont plus actifs la nuit que les femelles (Figure 55).

4. Dénombrement

a) Recapture

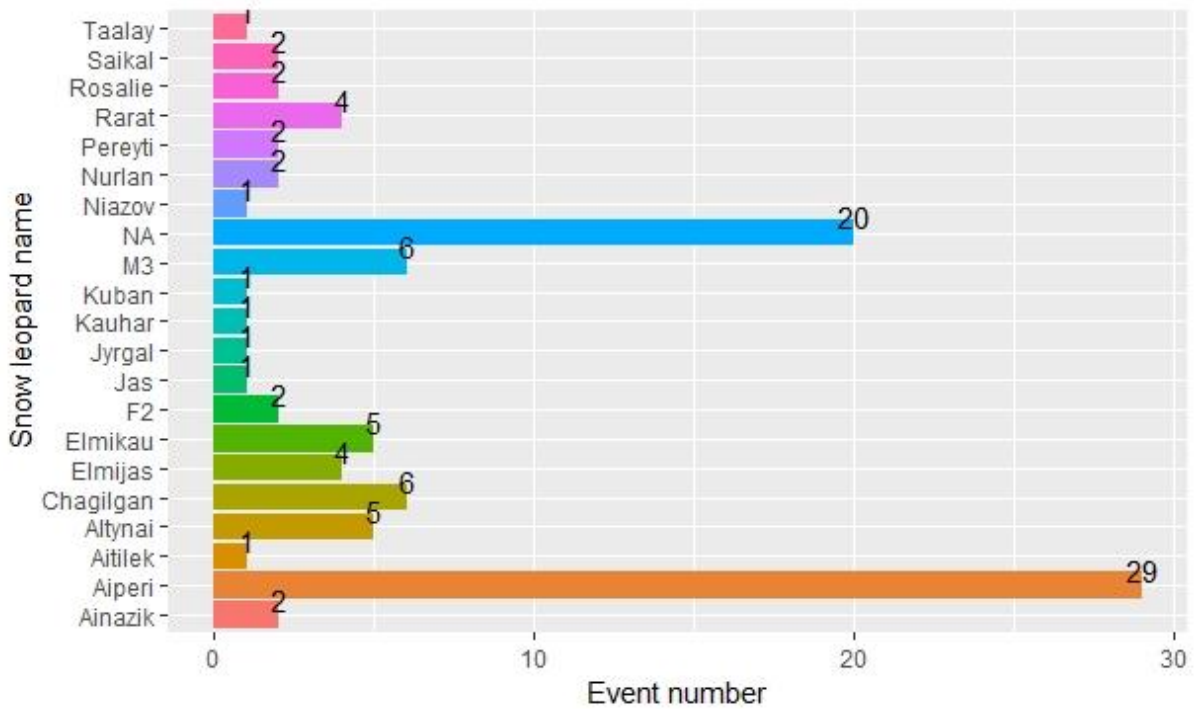


FIGURE 56 : NOMBRE D'ÉVÉNEMENTS « CAPTURE PHOTOGRAPHIQUE » POUR CHAQUE PANTHÈRE DANS LA RÉSERVE DE SARYCHAT-ERTASH SUR L'ENSEMBLE DE LA DURÉE DE L'ÉTUDE

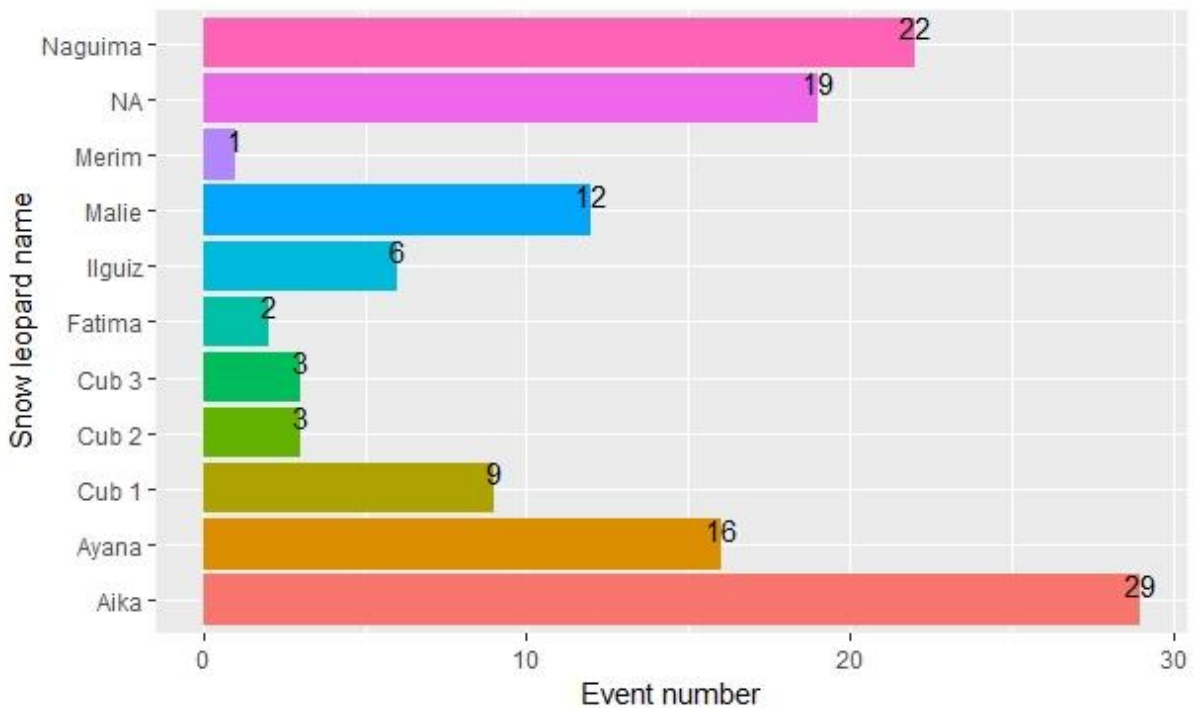


FIGURE 57 : NOMBRE D'ÉVÉNEMENTS « CAPTURE PHOTOGRAPHIQUE » POUR CHAQUE PANTHÈRE DANS LA RÉSERVE DE NARYN SUR L'ENSEMBLE DE LA DURÉE DE L'ÉTUDE

Le nombre de panthères estimé dans la zone étudiée de la réserve de Sarychat-Ertash est au minimum de 20 individus (Figure 56). Cette Figure 56 révèle la présence de sept panthères sur vingt qui n'ont jamais été recapturées. En effet, au cours de l'étude 35% des individus identifiés l'ont été grâce à une unique capture. En d'autres termes, dans la réserve de Sarychat-Ertash, 65 % des animaux ayant été capturés sont recapturés. Nous pouvons alors comparer ce résultat avec celui de la réserve de Naryn qui révèle qu'uniquement une panthère sur les dix identifiées l'a été grâce à une unique capture (Figure 57).

➔ Le nombre de panthères estimé dans la réserve de Naryn s'élève à **dix individus** contre **vingt** dans la réserve de Sarychat-Ertash.

Nous avons donc un taux de recapture bien plus élevé dans la réserve de Naryn (90% des panthères identifiées sont recapturées) contre 65% dans la réserve de Sarychat-Ertash (Figure 56 et Figure 57).

b) Le ratio de photographies

Pour rappel, l'événement « panthère » est constitué par un ensemble de photographies prises à un lieu donné à une date donnée avec ou sans identification de l'animal.

On obtient alors pour une durée de fonctionnement cumulée des pièges photos de 9 488 jours :

- Avec identification de l'animal, **220 événements captures.**
- Sans identification de l'animal, **179 événements captures.**

Le ratio est donné par la formule :

Soit, R le ratio de photographie

n le nombre d'événements « photo de panthère »

k le nombre de pièges photographiques présents dans une réserve,

j_i le nombre de jours de fonctionnement du piège i

$$R = \frac{n}{\sum_{i=1}^k j_i} * 100$$

TABLEAU 3 : RATIO DE PHOTOGRAPHIES DANS LES DEUX RESERVES PENDANT TOUTE LA DUREE DE L'ETUDE

	Avec identification	Sans identification
Sarychat	1,7	1,5
Naryn	3,3	2,5
Total	2,3	1,9

Ainsi, la moyenne de succès de capture photo est de 2,3 photographies de panthères pour 100 jours d'étude (avec identification des panthères) (Tableau 3).

Combien de jours d'attente sont-ils nécessaires en moyenne pour obtenir la première visualisation de panthère ? Nous avons calculé le temps d'attente moyen et le ratio de photo puisque dans les publications, certains auteurs utilisent l'une des informations plutôt que l'autre.

Soit, TA le temps d'attente moyen avant la première observation
 n le nombre d'événements « photo de panthère »

k le nombre de pièges photographiques présents dans une réserve,

j_i le nombre de jours de fonctionnement du piège i

$$TA = \frac{\sum_{i=1}^k j_i}{n}$$

TABEAU 4 : TEMPS D'ATTENTE MOYEN POUR OBSERVER LA PREMIERE PANTHERE

	Avec identification	Sans identification
Sarychat	60,3	67,9
Naryn	30,1	39,3
Total	43,1	53,0

Ces deux tableaux (Tableau 3 et Tableau 4) montrent qu'il existe un taux de capture plus important dans la réserve de Naryn en comparaison avec la réserve de Sarychat-Ertash.

Le ratio de photo est décrit dans plusieurs articles comme un bon indice d'abondance (Carbone et al. 2001; Alexander et al. 2015). Ainsi, il est intéressant de suivre au cours des années ce taux (Figure 58). On constate que le ratio de photos est en constante augmentation à Naryn (malgré le manque de donnée au second semestre de l'année 2018 pour cette réserve). Cette augmentation peut également être notée pour la réserve de Sarychat-Ertash bien qu'elle soit plus modérée.

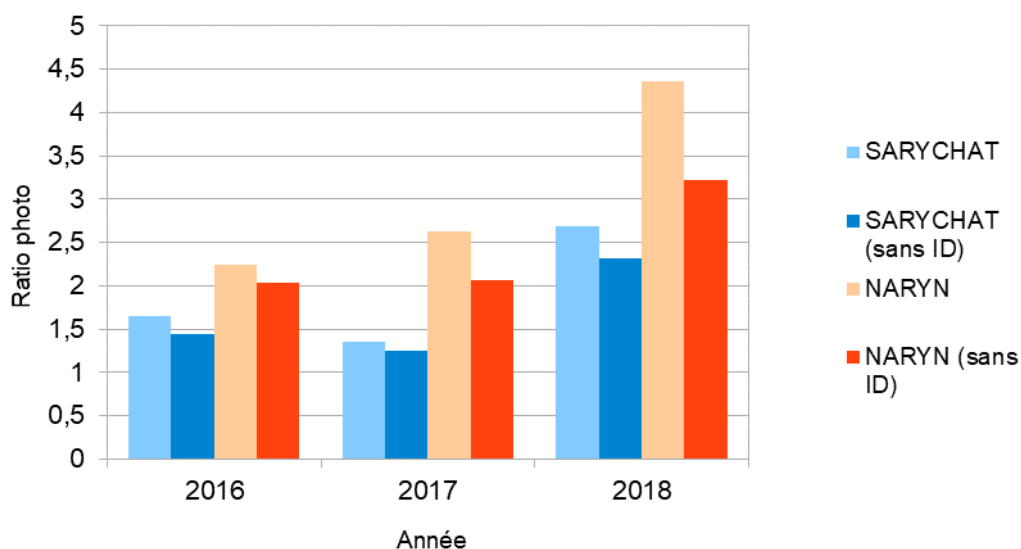


FIGURE 58 : EVOLUTION DU RATIO DE PHOTOGRAPHIES EN FONCTION DE L'ANNEE ENTRE 2016 ET 2018

Conclusion sur les résultats

Entre cinq et seize pièges photographiques ont été mis en place dans deux réserves naturelles du Kirghizstan. Un total de 1 600 photographies de panthères des neiges ont montré au moins une panthère entre 2016 et 2018, représentant une durée cumulée de surveillance photographique de 9 488 jours. Elles ont été regroupées en 220 « événements » photographiques, de captures-jours, représentant un taux de photos moyen de 2,3 photos de panthères en moyenne pour 100 jours de surveillance. Autrement dit, il serait nécessaire de cumuler, en moyenne, 43,1 journées d'observation pour pouvoir enregistrer une photo de panthère des neiges. Nos résultats, qui utilisent la méthode du ratio de photos, montrent qu'il n'est pas nécessaire d'identifier individuellement les panthères pour suivre l'évolution de la population à la hausse ou à la baisse, puisque les mêmes tendances avec ou sans identification sont observées.

L'identification individuelle réalisée, permet d'estimer le nombre d'individus à vingt dans la réserve de Sarychat-Ertash et dix pour la réserve de Naryn. Enfin, 30 % de l'activité des panthères s'effectuerait entre 17h et 20h.

III. Discussion générale et perspectives

1. Critique du dispositif d'observation

Lors de la reconnaissance individuelle des animaux, il est possible de passer à côté d'une identification. En effet, puisqu'il n'y a qu'un seul piège photo par emplacement il n'est pas toujours possible d'avoir une vue d'ensemble et de qualité de l'animal. Néanmoins, le fait d'étudier les mêmes réserves depuis plusieurs années permet de compléter de plus en plus les fiches individus. Certaines études utilisent alors deux pièges photographiques pour le même emplacement ce qui permet d'avoir des fiches individus complètes plus rapidement (Alexander et al. 2015). Egalement, l'utilisation de deux appareils par emplacement rend plus probable l'obtention d'une image mettant en évidence le sexe de la panthère (Alexander et al. 2015).

Le faible nombre de pièges photographiques est lui aussi un facteur limitant. En effet, pour étudier l'ensemble des deux réserves naturelles qui recouvrent respectivement 1 500 et 1 000 km² il faudrait un minimum de 30 à 40 pièges photos par réserve (Tobler et V. N. Powell 2013). Or, pour des raisons financières et de ressources humaines une telle réalisation semble difficile à mettre en œuvre actuellement. De plus, certaines mailles sont dans des zones non étudiées (torrents, barres rocheuses) ou dans des zones non favorables à la panthère des neiges (forêts, grandes plaines).

La répartition des pièges photos n'est pas idéale puisqu'à l'observation des Figure 31 et Figure 32 il est constaté qu'un certain nombre de pièges photographiques sont concentrés dans seulement 25 km². Ceci est lié à la topographie qui ne permet pas de placer le piège dans un endroit stratégique pour recapturer la panthère.

2. Bilan des observations sur les deux réserves

a) Nombre d'événements « capture »

L'augmentation du nombre d'événements « capture » en 2018 dans la réserve de Naryn est en partie expliquée par un piège photographique « Umeut Upper » qui a recapturé la panthère Aika avec ses trois petits au cours du second semestre de 2017 et du premier de 2018 (Figure 45 et Figure 46). C'est une observation très intéressante qui nous a permis de suivre l'évolution de cette famille. Cependant, ces recaptures, très fréquentes, entraînent une augmentation du nombre d'événements photographiques et ainsi une augmentation de l'indice d'abondance du ratio de photographies. Ces résultats sont en partie biaisés car nous choisissons volontairement les emplacements des pièges photographiques afin de capturer un maximum d'images (Suryawanshi et al. 2019). Cependant (Figure 47), la proportion de pièges ayant permis au moins une capture photo de panthère est similaire entre les deux réserves (environ 70 %) nous pouvons en déduire que l'efficacité de capture dans notre choix des emplacements des pièges photographiques est identique entre les deux réserves.

b) Nombres de panthères identifiées

Pourquoi avons-nous deux fois plus de panthères des neiges dans la réserve de Sarychat-Ertash que dans celle de Naryn (Figure 48) ? Voici différents points de réflexions.

- Etude préliminaire à Naryn : L'étude dans la réserve de Naryn était considérée comme préliminaire au cours de 2016. A contrario, la réserve de Sarychat-Ertash est étudiée et bien connue de l'ONG depuis de nombreuses années.
- Qualité des pièges photos : L'analyse des photos et donc l'identification des recaptures sont plus compliquées à Sarychat-Ertash car les pièges photos sont tous différents, plus anciens, et donc de moins bonne qualité que dans la réserve de Naryn. Dans cette seconde réserve, les appareils sont tous identiques et de meilleures technicités car plus récents. Ce biais peut donc expliquer en partie le nombre d'individus supérieur dans la réserve.
- Abondance de proies : les proies de la panthère des neiges sont bien plus abondantes dans la réserve de Sarychat-Ertash que dans celle de Naryn (d'après des observations de terrain depuis plusieurs années, résultats non publiés).
- L'écosystème de la réserve de Naryn semble moins spécifique et moins favorable pour cet animal. En effet la panthère des neiges évolue classiquement dans des zones de hautes montagne (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005; Fox et Chundawat 2016).

c) Evolution de la population au cours de l'étude

La diminution de la population dans la réserve de Sarychat-Ertash est-il vraiment un résultat qui devrait nous inquiéter (Figure 49) ? Tout d'abord, il est important de se souvenir que l'étude ne couvrait que la moitié de l'année 2018. De plus, au vu de la qualité des pièges photographiques il est bien plus compliqué d'identifier un individu dans cette réserve. Si nous comparons le taux de photographies dont la qualité insuffisante ne nous a pas permis d'identifier un animal, nous obtenons 20% des événements qui sont non identifiés pour la réserve de Sarychat-Ertash, contre 15% pour la réserve de Naryn. La qualité des photographies est donc moindre dans la réserve de Sarychat-Ertash ce qui peut en partie expliquer le défaut d'identification.

d) Sexe de la population

Le résultat montrant une majorité de femelles peut être expliqué par le fait qu'il est plus facile d'identifier une femelle qu'un mâle (Figure 50). En effet, ce dernier ne peut être repéré que par visualisation des testicules alors que la femelle peut aussi l'être lorsqu'elle est avec un jeune.

L'identification du sexe des panthères pourrait être améliorée par l'utilisation de deux pièges photographiques au sein du même emplacement. Ce qui permettrait une meilleure visualisation du sexe (Alexander et al. 2015).

L'observation que les mâles semblent plus actifs la nuit est toutefois à nuancer puisque le sexe n'a pas été identifié pour plus de la moitié des animaux observés (Figure 50 et Figure 55).

e) Moment d'observation des panthères des neiges

Comment expliquer que 35 % des événements ont lieu au cours de l'été ? La panthère des neiges serait-elle plus active à certaines saisons plutôt qu'à d'autres (Figure 52) ? Ce résultat n'est pas cohérent avec l'écologie de la panthère des neiges puisque nous savons que celle-ci se reproduit et, par conséquent, serait plus active au cours de l'hiver et du printemps. Ce résultat pourrait alors être lié à la fonctionnalité des pièges photographiques qui subissent les aléas de l'hiver en plein cœur de la montagne (couverture neigeuse jusqu'au milieu du printemps, batteries affaiblies par le froid...). De plus, les pièges photographiques sont changés et vérifiés au cours de l'été. Ainsi la carte mémoire et la batterie sont effectives au maximum durant les premiers mois (été et automne).

L'activité de la panthère des neiges au cours d'une journée type montre que son pic d'activité serait entre 17h et 20h. Cette tendance révélée dans la Figure 53 rejoint partiellement une autre publication citée précédemment (Figure 12) (McCarthy, Fuller, et Munkhtsog 2005).

f) Recapture

Nous constatons (Figure 56 et Figure 57) qu'il existe un taux de recapture bien plus élevé dans la réserve de Naryn que dans celle de Sarychat-Ertash. Comment pouvons-nous expliquer ce résultat ?

- Qualité des pièges photos : l'analyse des photos et donc les recaptures sont plus compliquées à Sarychat-Ertash car les pièges photos sont tous différents, plus anciens, et donc de moins bonne qualité que dans la réserve de Naryn. Dans cette dernière réserve, les appareils sont tous identiques et de meilleure technicité car plus récents. Ce biais peut donc expliquer en partie le nombre de recaptures supérieures dans la réserve de Naryn.
- La population de la réserve de Sarychat-Ertash est deux fois plus importante que celle de Naryn. Aussi, il est plus compliqué d'obtenir une fiche individu complète et plus difficile de recapturer ces individus.
- La zone d'étude est plus restreinte dans la réserve de Naryn, alors que le nombre de pièges photographiques est en moyenne équivalent dans les deux réserves. Par conséquent, le taux de recapture est plus important dans la réserve de Naryn que dans celle de Sarychat-Ertash puisque la densité de pièges photographiques est plus élevée (Figure 31 et Figure 32).
- Cette différence de recapture entre la réserve de Sarychat-Ertash et la réserve de Naryn pourrait aussi être la conséquence d'une population plus sédentaire dans la réserve de Naryn et d'une migration plus importante dans celle de Sarychat-Ertash. En effet, la réserve de Sarychat-Ertash se situe au milieu des hauts plateaux, entre la réserve de Naryn et le parc national du Khan Tengri, ce qui pourrait favoriser les flux migratoires. La réserve de Sarychat-Ertash pourrait être une zone de transit pour de nombreux individus dont le territoire n'est pas encore fixé, expliquant ainsi le faible nombre de recaptures.

L'identification par le biais des photographies est-elle satisfaisante ? Pour cela, il est nécessaire de comparer le nombre de panthères non identifiées (à cause de photographies de mauvaise qualité) avec le nombre total de panthères afin d'obtenir un pourcentage de non identification. On obtient 20% des événements qui sont non identifiés pour la réserve de Sarychat-Ertash, contre 15% pour la réserve de Naryn. Est-ce un chiffre plutôt acceptable ? Une étude menée au Tibet utilisant 60 pièges photos a relevé un ratio de 50% d'événements photo non identifiés (Alexander et al. 2015).

g) Ratio de photo

Cette augmentation du ratio de photos doit-elle nous indiquer qu'il existe une plus grande abondance des panthères dans la réserve de Naryn que dans celle de Sarychat-Ertash (Figure 58)? Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux obtenus avec la recapture puisque la population serait, a priori, deux fois plus importante dans la réserve de Sarychat-Ertash. Il n'est donc pas possible de comparer ces résultats.

De plus, doit-on en déduire qu'il existe une augmentation de l'abondance au fil des années ? Ce résultat semble également biaisé par le fait que les techniques s'améliorent et s'affinent (piège photographique de meilleure qualité, meilleur choix de l'emplacement de l'appareil etc.).

Dès lors, nous pouvons nous demander s'il est nécessaire pour cette technique d'effectuer une reconnaissance individuelle des panthères, ce qui est très chronophage. Or, d'après la (Figure 58) et les Tableau 3 et 5 nous constatons que l'indice sans identification suit les mêmes tendances que lorsque l'identification a été effectuée. Ainsi, un simple suivi du ratio de photographie sans identification semblerait être un bon indice d'abondance de la population.

3. Estimation des effectifs et densité de population

Dans cette étude il a été utilisé un indice d'abondance par le biais du ratio de photographie ainsi qu'une détermination des membres de la population par le biais d'une reconnaissance individuelle.

Les résultats de cette étude montrent qu'il existe un bon taux de recapture dans la réserve de Naryn (Figure 57). C'est-à-dire que nous recapturons presque tous les individus capturés (90 % de recapture). Nous pouvons en déduire que notre estimation du nombre de panthères présentes sur le territoire d'études à Naryn est, a priori, fiable et que nous avons inventorié la population réelle de cette zone d'étude.

A contrario, dans la réserve de Sarychat-Ertash de nombreux individus sont capturés une seule fois (7 individus sur 20) (Figure 56). Cela nous montre qu'il nous reste encore du travail dans cette réserve pour estimer de façon correcte la population. Comme expliqué précédemment, ce résultat dans la réserve de Sarychat-Ertash peut être dû à une population plus grande qu'il est difficile de recapter, une moindre densité de pièges photographiques, un défaut de qualités des appareils, et un flux migratoire plus important de la population de panthère des neiges. Il faudrait donc densifier et utiliser des pièges photographiques plus performants.

Au cours de cette étude la densité de population n'a pas été estimée car il est très difficile de déterminer la zone surveillée par les pièges photos (Mccarthy et al. 2008). En effet, comme le rapporte la Figure 59, l'estimation de l'aire surveillée par un piège photographique varie énormément d'un article à l'autre et d'une méthode utilisée à l'autre. En choisissant une méthode plutôt qu'une autre l'estimation de densité est ainsi drastiquement modifiée (Mccarthy et al. 2008). De plus, est-il réellement nécessaire de connaître la densité de population ? Un indice d'abondance tel que le ratio de photo n'est-il pas suffisant ? Une réponse sera apportée dans le chapitre suivant.

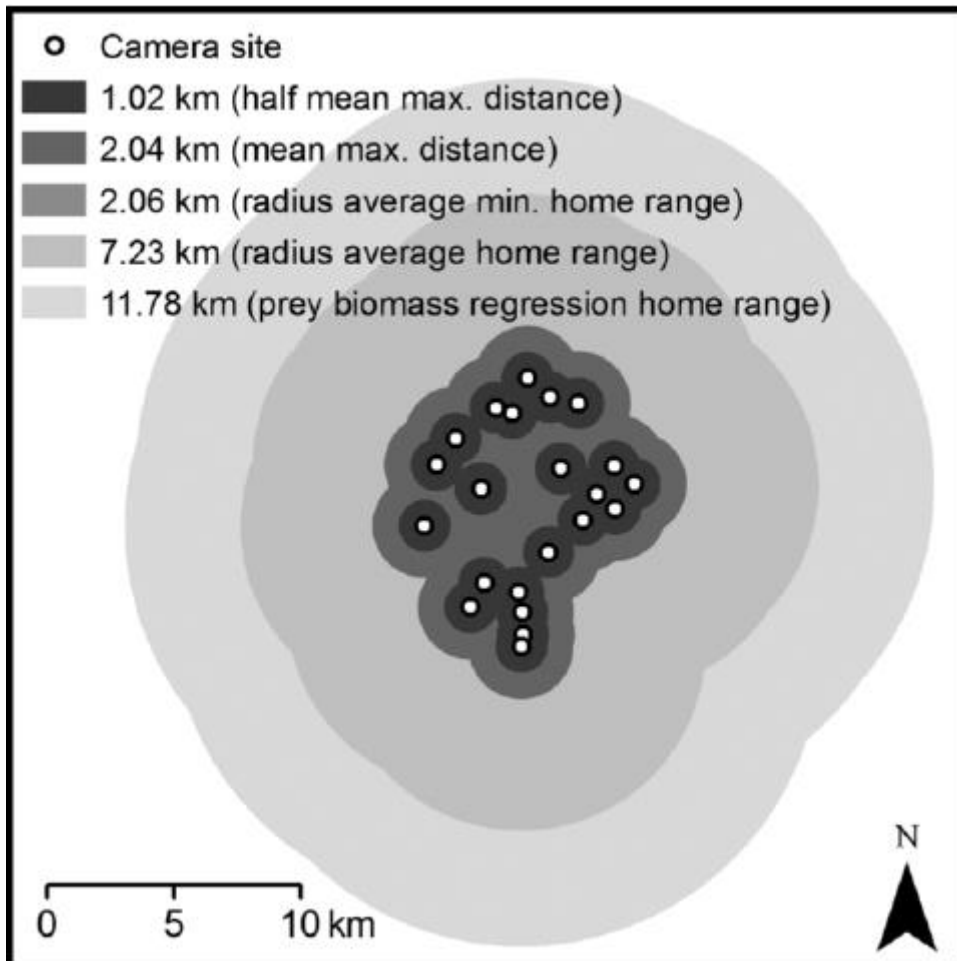


FIGURE 59 : ESTIMATION DES AIRES SURVEILLEES EN FONCTION DE DIFFERENTES METHODES EMPLOYEES DANS LA LITTERATURE (MCCARTHY ET AL. 2008)

4. La méthode du ratio de photographies : un bon indice d'abondance ?

Qu'en est-il du ratio de photographie dans notre étude ? Nous avons obtenu un taux de photos moyen de 2,3 photographies de panthères pour 100 jours de surveillance. Autrement dit, il serait nécessaire d'attendre en moyenne 43,1 journées pour pouvoir enregistrer une photo de panthère des neiges. Une autre étude utilisant la même méthode dans la réserve de Sarychat-Ertash a montré un résultat de 0,09 photos de panthères pour 100 jours de surveillance (Mccarthy et al. 2008). Ce qui est bien plus faible que nos résultats dans la réserve de Sarychat-Ertash (1,5 à 1,7 photos pour 100 jours). Comment expliquer une telle différence entre ces études ? Le temps de surveillance était de seulement 49 jours dans cette étude, ce qui semble peu représentatif et insuffisant pour obtenir des résultats cohérents pour la panthère des neiges (Tobler et V. N. Powell 2013).

Il semblerait que le ratio de photographies soit un bon indicateur de l'abondance d'une population pour permettre d'effectuer un suivi au cours du temps (Mccarthy et al. 2008). Cependant il semble difficile de comparer ces ratios d'une étude à l'autre et d'une réserve à l'autre. En effet, ces résultats montrent que l'abondance de la panthère des neiges serait plus importante dans la réserve de Naryn que dans celle de Sarychat-Ertash. Mais, ce n'est pas compatible avec les résultats issus des identifications individuelles. Il semble donc important d'effectuer une identification individuelle lorsque l'on veut comparer les résultats avec ceux d'une autre étude. Ainsi, le ratio de photographie est un bon indicateur d'abondance mais, non comparable avec d'autres études car dépendant du taux de recapture.

De plus, est-il nécessaire d'effectuer une reconnaissance individuelle pour appliquer cette méthode ? Nos résultats, qui utilisent la méthode du ratio de photos, montrent qu'il n'est pas utile d'identifier individuellement les panthères puisque les mêmes tendances avec ou sans identification sont observées. Néanmoins, lorsque l'on souhaite comparer un résultat avec celui d'une autre étude, on ne peut pas s'affranchir de l'identification individuelle.

L'idéal pour confirmer ces résultats serait de les comparer avec une étude utilisant les analyses génétiques sur fèces (Mccarthy et al. 2008). En effet, utiliser conjointement le taux de photos et les analyses génétiques seraient de bons indicateurs d'abondance permettant de réaliser un suivi convenable des populations (Mccarthy et al. 2008). Le programme OSI-Panthera vient, tout récemment, de soumettre à la publication les résultats des analyses génétiques sur ces deux mêmes réserves. Le prochain objectif est donc de comparer les résultats des analyses génétiques et des pièges photographiques entre eux.

Certaines études expliquent que la méthode du ratio de photographie permettrait d'avoir un bon indice d'abondance (Mccarthy et al. 2008; Carbone et al. 2001). Nous pouvons nous poser deux questions :

- La réalisation d'un indice précis d'abondance est-il suffisant pour étudier la population et en faire la surveillance ?
- Cet indice d'abondance est-il fiable à une densité de population ? Certains auteurs écrivent que cette méthode ne permettrait pas de calculer une densité de population a contrario de la CMR (Mccarthy et al. 2008). Par ailleurs, d'autres auteurs étudiant le tigre ont montré que le ratio du nombre de jours de fonctionnement des pièges photos divisé par le nombre d'événements « tigre » serait corrélé avec l'estimation de densité de population du tigre (Figure 60) (Carbone et al. 2001).

Le taux de photographies en tant qu'indice d'abondance est simple et, même s'il ne fournit pas de chiffres spécifiques, il peut être plus fiable pour les espèces rares et les populations de petites tailles quand la méthode traditionnelle de capture marquage recapture est moins pertinente (Mccarthy et al. 2008).

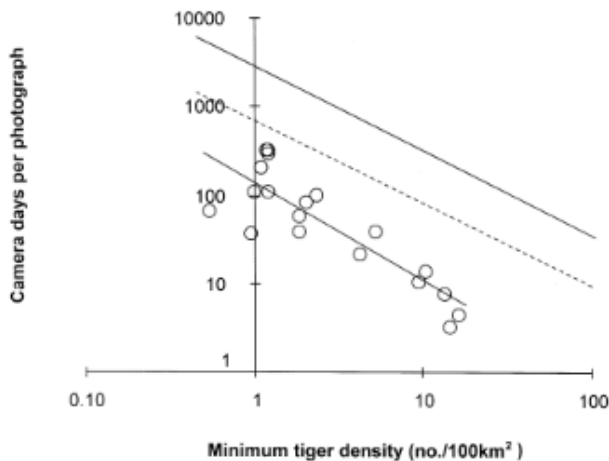


FIGURE 60 : GRAPHIQUE MONTRANT QUE LA DENSITE DE POPULATION ET LE RATIO DE PHOTOGRAPHIE SONT CORRELES CHEZ LE TIGRE (CARBONE ET AL. 2001)

5. Biais liés au positionnement des pièges photographiques

L'étude de la population de la panthère des neiges reste encore très limitée... Dans un récent article, publié en 2019, les auteurs ont affirmé que la majorité des études concernant la panthère des neiges étaient biaisées (Suryawanshi et al. 2019). En effet, les études seraient réalisées sur une aire géographique trop réduite et non représentative puisque concentrée sur des zones dites « hotspot » de la panthère des neiges (c'est-à-dire les zones où la présence de la panthère des neiges est fréquente et avérée). L'étude révélerait ainsi une surestimation de la population d'un facteur 5 pour certaines études (Suryawanshi et al. 2019). En effet, notre étude comme l'ensemble des études concernant la panthère des neiges, utilise les sites de prédilection (sites où des indices de présence ont été identifiés) de ces animaux comme emplacement pour un piège photographique.

De plus, les études concernant la panthère des neiges représenteraient uniquement 1 % de son domaine de distribution et recouvrant seulement 6 pays sur les 12 (Figure 61). Pour exemple, dans la réserve de Sarychat-Ertash une dizaine d'études ont été réalisées concernant la panthère des neiges alors qu'il n'y a jamais eu dans la réserve de Naryn.

Cet article de Suryawanshi montre également, que plus la zone étudiée est petite, plus la densité de la panthère des neiges augmente (Figure 62). Les auteurs de cet article mettent ainsi l'accent sur l'importance de modérer les résultats en fonctions des biais suivants :

- Le choix des emplacements des pièges photographiques dont le positionnement n'est pas réalisé de façon aléatoire

- Le choix de l'aire surveillée dont la superficie serait dans la moitié des études insuffisante au regard du domaine vital de l'animal (Suryawanshi et al. 2019). Un minimum de 481 km² serait nécessaire afin de s'affranchir de ce biais (Suryawanshi et al. 2019). Dans notre cas, il serait nécessaire de déterminer la superficie de notre zone d'étude afin qu'elle soit supérieure à deux fois le domaine vital d'un mâle (Ö. Johansson et al. 2016), (Suryawanshi et al. 2019).

Les deux biais listés ci-dessus entraineraient une surestimation de densité de la panthère des neiges d'un facteur 5.

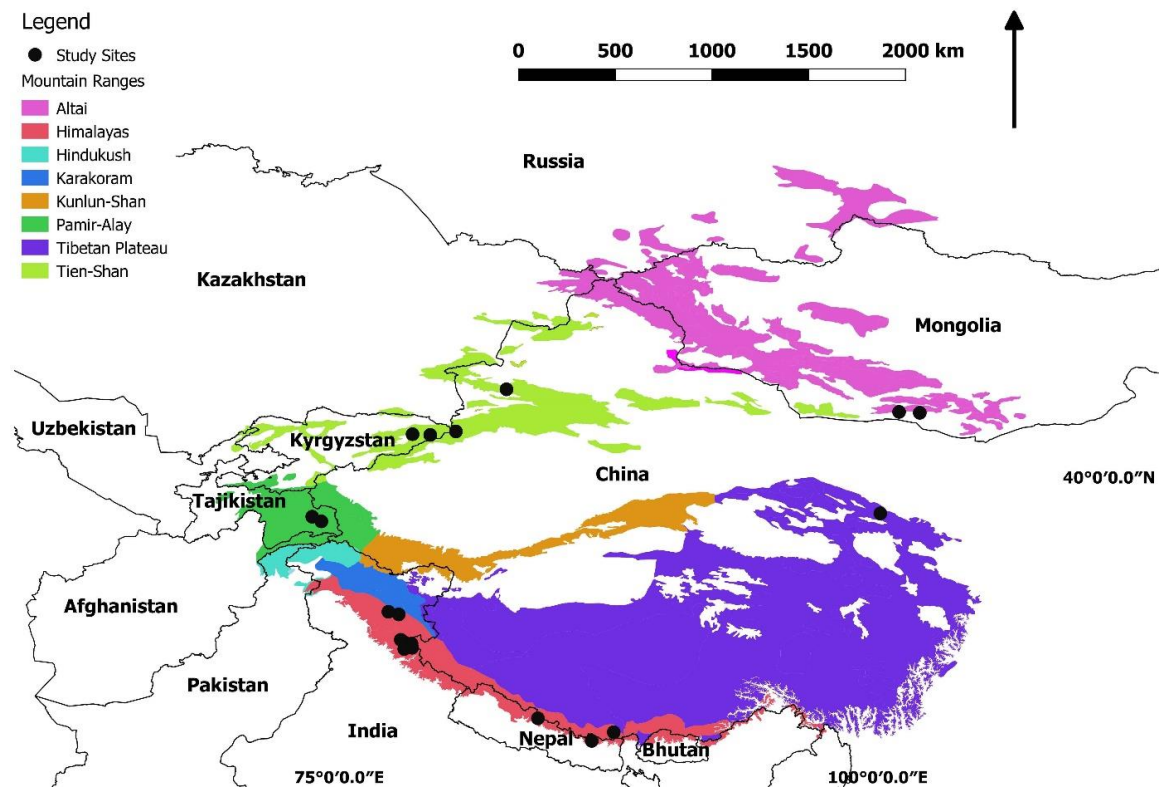


FIGURE 61 : CARTE LOCALISANT LES DIFFERENTES ETUDES CONCERNANT L'ESTIMATION DE LA POPULATION DE LA PANTHERE DES NEIGES PAR LE BIAIS DE PIEGES PHOTOGRAPHIQUES OU D'ANALYSES GENETIQUES (POINTS NOIRS) (SURYAWANSHI ET AL. 2019)

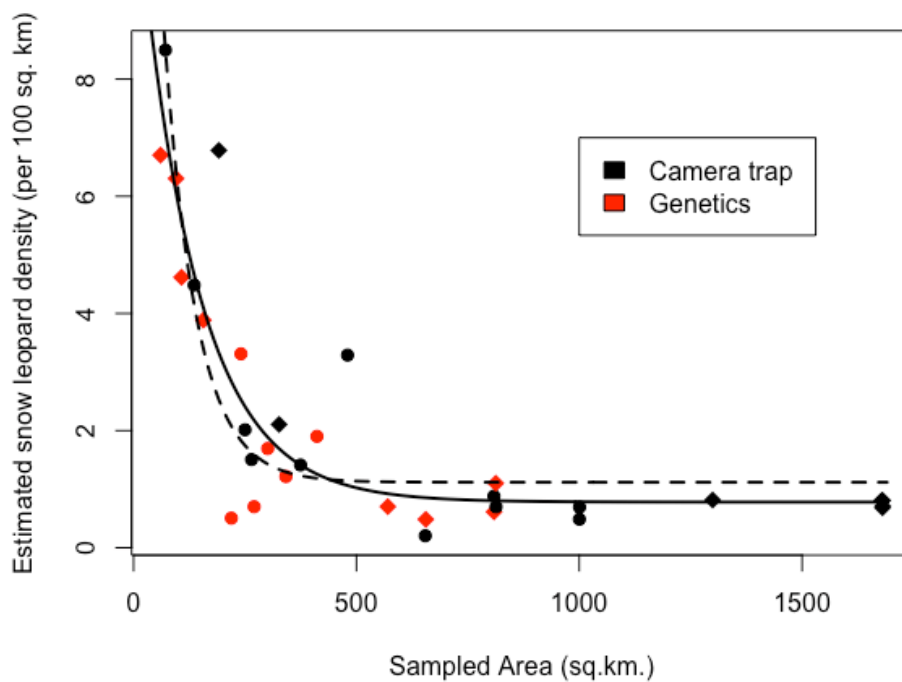


FIGURE 62 : GRAPHIQUE REVELANT DES ESTIMATIONS DE LA DENSITE DE POPULATION DE LA PANTHERE DES NEIGES EN FONCTION DE LA TAILLE DE LA ZONE ETUDIEE (SURYAWANSHI ET AL. 2019)

De vrais efforts de coordination entre pays et entre scientifiques doivent être fournis pour espérer diminuer ces lacunes. Les deux principales solutions proposées par Suryawanshi pour limiter les biais d'études sont les suivantes :

- Augmenter l'échelle des études.
- Choisir de façon aléatoire la localisation des pièges photos pour avoir un échantillon représentatif de l'ensemble du domaine de distribution.

6. Pistes d'amélioration pour le protocole

Comment est-il possible d'améliorer l'étude présentée ?

Il n'y a pas encore d'article comparant les différents travaux menés avec des pièges photographiques pour créer une base de données et des recommandations pour l'étude des panthères des neiges. En revanche, ce type de recherche a déjà été effectué pour le jaguar *Panthera onca* en Amérique du sud (Tobler et V. N. Powell 2013). *Panthera onca* est un animal qui est lui aussi identifiable individuellement (Silver et al. 2004). Cet animal, a une faible densité de population et un domaine vital très grand (Tobler et V. N. Powell 2013). Ainsi, les auteurs expliquent que les recommandations issues de l'étude de *Panthera onca* peuvent être transposées à d'autres recherches utilisant les pièges photographiques pour déterminer la densité de population d'autres carnivores (Tobler et V. N. Powell 2013). Dans le cas du jaguar, les recommandations sont les suivantes :

- Pour une étude de densité de population, le périmètre formé par l'emplacement des caméras devrait être au moins de la taille du domaine vital de l'animal. Le domaine vital considéré étant lui-même le domaine vital le plus grand entre celui du mâle et celui de la femelle. Dans le cas du Jaguar comme dans celui de la panthère, le domaine vital du mâle est le plus grand. Ils considèrent donc que, pour le Jaguar, il faudrait un polygone de surface supérieure à 300 ou 1 000 km² en fonction du type d'écosystème. De plus, dans certaines régions avec de faibles densités (c'est-à-dire lorsqu'il y a moins de deux jaguars pour 100 km²), il serait nécessaire d'avoir un polygone d'étude qui couvrirait plusieurs domaines vitaux afin d'obtenir une estimation valable. Néanmoins, dans une zone avec une forte densité de population, soit trois à quatre jaguars pour 100 km², une zone d'étude correspondant à un demi-espace vital serait suffisante. Quand il devient impossible d'utiliser cette méthode du polygone, il est envisageable de rester sur un maillage rectangulaire mais il faudrait qu'au moins un des côtés du rectangle soit égal au diamètre du domaine vital (Tobler et V. N. Powell 2013).
- La distance maximale entre les pièges photos est déterminée par le domaine vital de la femelle. Pour un domaine vital de 50 à 80 km² un espacement de 5 km semblerait correct. Bien sûr, si nous disposons de moyens importants, il est préférable de mettre des pièges photos tous les 2 à 3 km, le risque étant alors de trop restreindre l'aire surveillée. Les auteurs estiment qu'il est plus important d'avoir une zone d'étude suffisamment étendue, et d'espacer un peu plus les pièges photographiques si besoin (jusqu'à 5 km), plutôt que de réduire le maillage (Tobler et V. N. Powell 2013).
- Les études réalisées avec un faible nombre de pièges photographiques se révèlent souvent peu concluantes, et fournissent des résultats imprécis (sauf si la fréquence de recapture est très élevée). Lorsque les pièges photographiques sont en nombre insuffisant, une solution alternative serait alors de modifier régulièrement les emplacements des pièges photographiques (« block design ») au cours de l'étude (Tobler et V. N. Powell 2013). Ce résultat semble intéressant et prometteur car cela permettrait d'étendre la zone d'étude tout en limitant le matériel nécessaire. Malheureusement, au Kirghizstan, le déplacement des pièges photographiques semble difficilement réalisable en hiver pour cause des conditions climatiques.
- Enfin, le temps d'étude devrait être au minimum de 60 jours voire même de 120 jours si cela est possible. Un temps plus court de 30 jours pourrait être acceptable uniquement si le taux

de capture est important ou si un « block design » est mis en place (modifications des emplacements des pièges photographiques) (Tobler et V. N. Powell 2013).

D'après (Mccarthy et al. 2008), les recommandations de la publication de (Tobler et V. N. Powell 2013) adaptées au cas de la panthère des neiges, impliqueraient la mise en place d'au moins 30 à 40 pièges photos pour une zone d'étude de 1 000 km².

Toujours en extrapolant les résultats de l'étude concernant le jaguar à la panthère, il faudrait que le polygone recouvre plusieurs domaines vitaux de mâles, soit environ 500 km² (Ö. Johansson et al. 2016), (Mccarthy et al. 2008). Si chaque femelle a un domaine vital de 50 à 75 km², un espacement de 4 à 5 km entre les pièges photographiques serait convenable (Sharma et al. 2014).

De plus, il serait idéal de placer une paire de pièges photographiques sur chaque site afin de pouvoir capturer les deux profils de chaque individu. Dans le cas d'une unique caméra, il faudrait pouvoir la positionner de façon à ce que l'animal soit obligé de longer la zone de piégeage (le long d'une falaise par exemple) (Alexander et al. 2015 ; Sharma et al. 2014). Des leurres et appâts peuvent aussi être utilisés pour augmenter le nombre de photographies, mais, ce ne sont alors plus vraiment des captures aléatoires (Wong et Kachel 2016). De plus, le programme OSI-Panthera cherchant à réaliser une étude non-invasive pour les panthères des neiges mais aussi leur écosystème, ceci ne s'adapte pas à leur éthique.

Conclusion

La panthère des neiges est un animal qui fascine et captive les scientifiques et plus généralement les amoureux de la nature. Comment un si grand félin a-t-il pu rester dans l'ombre pendant de si longues années ? Surnommé, à juste titre, le fantôme de l'Himalaya, cet animal a su dévoiler quelques secrets depuis seulement une quinzaine d'années. Depuis peu, de nombreuses associations telles que la Snow Leopard Trust, Panthera, OSI-Panthera, ainsi que bien d'autres chercheurs se sont penchés sur le cas de cet animal éluif. Il s'avère que les données récoltées, sur le terrain, sont toujours très rares, jugées insuffisantes voire inexactes par les auteurs... En effet, du fait de son comportement éluif, de son art du camouflage, de sa faible densité de population, de son immense domaine vital, et de sa présence dans des zones peu accessibles, l'étude de ce grand félin et en particulier l'estimation de sa population est un défi scientifique pour la conservation de l'espèce. Il est ainsi nécessaire aujourd'hui, de trouver une méthode convenable pour estimer la population de cet animal charismatique.

L'utilisation des pièges photographiques et les analyses génétiques se révèlent très prometteuses pour la détermination de l'abondance de la population du félin. En effet, les pièges photographiques permettent de s'introduire, de façon non invasive, en plein cœur de son habitat.

Dans l'étude, des pièges photographiques ont été mis en place par l'association OSI-Panthera dans deux réserves naturelles du Kirghizstan, révélant un total de 1 600 photographies effectuées entre 2016 et 2018, pendant 9 488 jours de surveillance. Ces photos ont pu être regroupées en 220 « événements » photographiques de capture-jour, ce qui représente un taux de photos de 2,3 photos de panthères pour 100 jours de surveillance. Ainsi, la durée moyenne d'observation pour pouvoir enregistrer une photo de panthère des neiges avec un piège photographique serait de 43,1 journées. Nos résultats, qui utilisent la méthode du ratio de photos, démontrent qu'il n'est pas nécessaire d'identifier individuellement les panthères puisque les mêmes tendances avec ou sans identification sont observées. L'identification individuelle réalisée, permet d'estimer le nombre d'individus à vingt dans la réserve de Sarychat-Ertash et dix pour la réserve de Naryn (dont trois petits âgés d'au moins un an au printemps 2018).

Pour étudier la panthère des neiges, l'indice d'abondance obtenu par le ratio de photographies serait convenable, même sans identification individuelle des panthères (ce qui diminue drastiquement le temps d'analyse). Cependant, sans identification, ce ratio de photographies n'est pas comparable d'une étude à l'autre ni d'une réserve à l'autre. Néanmoins, il permet d'effectuer un suivi et une surveillance de la population d'une année sur l'autre. A contrario, s'il est souhaitable de comparer plusieurs réserves, ou études, entre elles, une identification individuelle est inévitable. Aujourd'hui, les connaissances concernant l'once ne sont pas suffisantes pour pouvoir calculer une densité de population en utilisant une approche « capture (visuelle) – identification - recapture » avec les pièges photographiques. Son domaine vital, ainsi que l'aire surveillée par les pièges photographiques restent trop aléatoires. Coupler une telle approche avec des analyses génétiques sur les déjections est alors prometteur. Une comparaison entre les deux méthodes sera possible sur les deux réserves étudiées, puisqu'un article d'OSI-Panthera est en cours de publication concernant les analyses génétiques.

Le chemin est encore long pour pouvoir établir une estimation correcte de la population de panthères des neiges.

En attendant, quelques simples recommandations semblent être établies pour l'étude de la panthère des neiges. Il serait préférable d'effectuer une étude sur de plus grandes distances et de choisir de façon aléatoire la localisation des pièges photographiques. Des modifications des emplacements des

pièges photographiques seraient envisageables pour diminuer les limites en termes de matériel (un piège photographique pourrait être utilisé pour différents emplacements).

L'étude présentée dans ce manuscrit révèle que le suivi d'une population de panthères des neiges peut être réalisé assez simplement, si la méthode est rigoureuse. En revanche, ce n'est pas le cas pour l'estimation de la densité de population. Mais est-il réellement nécessaire de décompter les panthères ou d'obtenir des chiffres ?

Pour conclure, voici une citation extraite du livre « La panthère des neiges » de Sylvain Tesson, qui a récemment obtenu un prix de littérature et qui résume plutôt bien le sentiment éprouvé sur le terrain et, plus généralement, en faisant de la recherche.

« L'affût est antimoderne dans la mesure où il nous ramène à tout ce à quoi nos vies modernes, hyperactives, désordonnées, chaotiques, vouées à l'immédiateté, nous arrachent. Il nous oblige à considérer l'hypothèse qu'on peut consacrer beaucoup de temps à attendre quelque chose qui ne viendra peut-être jamais. À l'affût, nous sortons de l'immédiat pour revenir à la possibilité de l'échec même » Sylvain Tesson lors de son entretien avec Gallimard pour la parution de son livre « La panthère des neiges ».

Bibliographie

- Agnieszka, Miguel, et Rana Bayrakçismith. 2019. « Identifying individual snow leopards from camera trap images. »
- Alexander, Justine S., Arjun M. Gopaldaswamy, Kun Shi, et Philip Riordan. 2015. « Face Value: Towards Robust Estimates of Snow Leopard Densities ». *PLoS ONE* 10 (8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134815>.
- Alexander, Justine S., Kun Shi, Lucy A. Tallents, et Philip Riordan. 2016. « On the High Trail: Examining Determinants of Site Use by the Endangered Snow Leopard *Panthera uncia* in Qilianshan, China ». *Oryx* 50 (2): 231-38. <https://doi.org/10.1017/S0030605315001027>.
- Anwar, Muhammad Bilal, Rodney Jackson, Muhammad Sajid Nadeem, Jan E. Janečka, Shafqat Hussain, Mirza Azhar Beg, Ghulam Muhammad, et Mazhar Qayyum. 2011. « Food Habits of the Snow Leopard *Panthera uncia* (Schreber, 1775) in Baltistan, Northern Pakistan ». *European Journal of Wildlife Research* 57 (5): 1077-83. <https://doi.org/10.1007/s10344-011-0521-2>.
- Cabanat, Anne-Lise. 2018. « Wildlife monitoring in Sarychat- Ertash State Nature Reserve ». OSI *Panthera*.
- Caragiulo, Anthony, George Amato, et Byron Weckworth. 2016. « The role of genetics: conservation genetics of snow leopards ». In , 644.
- Carbone, Chris, Sally Christie, K. Conforti, Tim Coulson, N. Franklin, Joshua Ginsberg, M. Griffiths, et al. 2001. « The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals ». *Animal Conservation* 4 (février): 75-79. <https://doi.org/10.1017/S1367943001001081>.
- Chaix, Bastien. 2018. « Wildlife monitoring in Naryn State Reserve ». OSI *Panthera*.
- Dagleish, Mark, Qurban Ali, R K Powell, David Butz, et M H Woodford. 2007. « Fatal *Sarcoptes scabiei* Infection of Blue Sheep (*Pseudois nayaur*) in Pakistan ». *Journal of wildlife diseases* 43 (août): 512-17. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-43.3.512>.
- Davis, Brian W., Gang Li, et William J. Murphy. 2010. « Supermatrix and Species Tree Methods Resolve Phylogenetic Relationships within the Big Cats, *Panthera* (Carnivora: Felidae) ». *Molecular Phylogenetics and Evolution* 56 (1): 64-76. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.01.036>.
- Davletbakov, Askar, Tatjana Rosen, Maksatbek Anarbaev, Zairbek Kubanychbekov, Kuban uulu, Jarkyn Samanchina, et Koustubh Sharma. 2016. « Central Asia: Kyrgyzstan ». In , 419-25. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00031-6>.
- Farrington, John D., et Juan Li. 2016. « Chapter 8 - Climate Change Impacts on Snow Leopard Range ». In *Snow Leopards*, édité par Thomas McCarthy et David Mallon, 85-95. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00008-0>.
- Fox, Joseph L., et Raghunandan S. Chundawat. 2016. « Chapter 2 - What is a Snow Leopard? Behavior and Ecology ». In *Snow Leopards*, édité par Thomas McCarthy et David Mallon, 13-21. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00002-X>.
- Hemmer, Helmut. 1972. « *Uncia uncia* ». *Mammalian Species*, n° 20: 1-5. <https://doi.org/10.2307/3503882>.
- Hunter, Don, Kyle McCarthy, et Thomas McCarthy. 2016. « Chapter 25 - Snow Leopard Research: A Historical Perspective ». In *Snow Leopards*, édité par Thomas McCarthy et David Mallon, 345-53. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00025-0>.

- Jackson, Rodney and Hunter, Don O. 1996. « Snow leopard survey and conservation handbook ». International Snow Leopard Trust, Seattle, Washington and U.S. Geological Survey, Fort Collins Science Center,.
- Jackson, Rodney, JERRY D. ROE, RINCHEN WANGCHUK, et DON O. HUNTER. 2006. « Estimating Snow Leopard Population Abundance Using Photography and Capture-Recapture Techniques ». *Wildlife Society Bulletin* 34 (octobre): 772-81. [https://doi.org/10.2193/0091-7648\(2006\)34%5B772:ESLPAU%5D2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0091-7648(2006)34%5B772:ESLPAU%5D2.0.CO;2).
- Janečka, Jan E., Simone S. E. Nielsen, Sidsel D. Andersen, Federico G. Hoffmann, Roy E. Weber, Trevor Anderson, Jay F. Storz, et Angela Fago. 2015. « Genetically Based Low Oxygen Affinities of Felid Hemoglobins: Lack of Biochemical Adaptation to High-Altitude Hypoxia in the Snow Leopard ». *Journal of Experimental Biology* 218 (15): 2402-9. <https://doi.org/10.1242/jeb.125369>.
- Janečka, Jan E., Yuguang Zhang, Diqiang Li, Bariushaa Munkhtsog, Munkhtsog Bayaraa, Naranbaatar Galsandorj, Tshewang R. Wangchuk, et al. 2017. « Range-Wide Snow Leopard Phylogeography Supports Three Subspecies ». *Journal of Heredity* 108 (6): 597-607. <https://doi.org/10.1093/jhered/esx044>.
- Janečka, Jan, Bariushaa Munkhtsog, Rodney Jackson, Galsandorj Naranbaatar, David Mallon, William Murphy, et Jonathan Jenks. 2011. « Comparison of noninvasive genetic and camera-trapping techniques for surveying snow leopards ». *Journal of Mammalogy* 92 (août): 771-83. <https://doi.org/10.2307/23259877>.
- Johansson, Örjan, Gary Koehler, Geir Rune Rauset, Gustaf Samelius, Henrik Andrén, Charudutt Mishra, Purejav Lhagvasuren, Tom McCarthy, et Matthew Low. 2018. « Sex-Specific Seasonal Variation in Puma and Snow Leopard Home Range Utilization ». *Ecosphere* 9 (8): e02371. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2371>.
- Johansson, Orjan, Tom Mccarthy, Gustaf Samelius, Henrik Andrén, Lkhagvasumberel Tumursukh, et Charudutt Mishra. 2015. « 2015 Snow leopard predation Mongolia Biol Conserv », avril.
- Johansson, Örjan, Geir Rune Rauset, Gustaf Samelius, Tom McCarthy, Henrik Andrén, Lkhagvasumberel Tumursukh, et Charudutt Mishra. 2016. « Land sharing is essential for snow leopard conservation ». *Biological Conservation* 203 (novembre): 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.034>.
- Johansson, Örjan, Anthony Simms, et Thomas McCarthy. 2016. « Chapter 26 - From VHF to Satellite GPS Collars: Advancements in Snow Leopard Telemetry ». In *Snow Leopards*, édité par Thomas McCarthy et David Mallon, 355-65. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00026-2>.
- Jumabay-Uulu, Kubanychbek, Per Wegge, Charudutt Mishra, et Koustubh Sharma. 2014. « Large Carnivores and Low Diversity of Optimal Prey: A Comparison of the Diets of Snow Leopards Panthera Uncia and Wolves Canis Lupus in Sarychat-Ertash Reserve in Kyrgyzstan ». *Oryx* 48 (4): 529-35. <https://doi.org/10.1017/S0030605313000306>.
- Liu, Jia-Bao, Ya-Si Ding, Ying Zhang, Jia-Bao Chen, Bao-Song Cui, Jin-Ye Bai, Ming-Bao Lin, Qi Hou, Pei-Cheng Zhang, et Shuai Li. 2015. « Anti-Inflammatory Hydrolyzable Tannins from Myricaria Bracteata ». *Journal of Natural Products* 78 (5): 1015-25. <https://doi.org/10.1021/np500953e>.
- McCarthy, Thomas, Todd Fuller, et Bariusha Munkhtsog. 2005. « Movements and activities of snow leopards in Southwestern Mongolia ». *Biological Conservation* 124 (août): 527-37. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.03.003>.
- McCarthy, Thomas, David Mallon, et Rodney Jackson. 2017. « Panthera uncia - The IUCN Red List of Threatened Species 2017 ». *The IUCN Red List of Threatened Species 2017*.

- Maheshwari, Aishwarya, et Shekhar Kumar Niraj. 2018. « Monitoring illegal trade in snow leopards: 2003–2014 ». *Global Ecology and Conservation* 14 (avril): e00387. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00387>.
- Mallon, David, Richard B. Harris, et Per Wegge. 2016. « Chapter 4 - Snow Leopard Prey and Diet ». In *Snow Leopards*, édité par Thomas McCarthy et David Mallon, 43-55. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00004-3>.
- Mccarthy, Kyle, Todd Fuller, Ming Ma, THOMAS M. MCCARTHY, Lisette Waits, et KUBANYCH JUMABAEV. 2008. « Assessing Estimators of Snow Leopard Abundance ». *The Journal of Wildlife Management* 72 (novembre): 1826-33. <https://doi.org/10.2193/2008-040>.
- McCarthy, Thomas, et Guillaume Chapron. 2003. « Snow leopard survival strategy ».
- McCarthy, Thomas, David Mallon, Eric W. Sanderson, Peter Zahler, et Kim Fisher. 2016. « Chapter 3 - What is a Snow Leopard? Biogeography and Status Overview ». In *Snow Leopards*, édité par Thomas McCarthy et David Mallon, 23-42. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00003-1>.
- Ostrowski, Stéphane, et Martin Gilbert. 2016. « Chapter 9 - Diseases of Free-Ranging Snow Leopards and Primary Prey Species ». In *Snow Leopards*, édité par Thomas McCarthy et David Mallon, 97-112. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00009-2>.
- « Resource Extraction ». 2016. In *Snow Leopards*, 113-36. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00010-9>.
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sharma, Koustubh, Rana Bayrakcismith, Lkhagvasumberel Tumursukh, Orjan Johansson, Purevsuren Sevger, Tom McCarthy, et Charudutt Mishra. 2014. « Vigorous Dynamics Underlie a Stable Population of the Endangered Snow Leopard Panthera Uncia in Tost Mountains, South Gobi, Mongolia ». Édité par Roscoe Stanyon. *PLoS ONE* 9 (7): e101319. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101319>.
- Silver, Scott, Linde Ostro, Laura Marsh, Leonardo Maffei, Andrew Noss, Marcella Kelly, Robert Wallace, Humberto Gomez, et Guido Ayala. 2004. « The use of camera traps for estimating jaguar Panthera onca abundance and density using capture/recapture analysis ». *Oryx* 38 (avril): 145-54. <https://doi.org/10.1017/S0030605304000286>.
- Suryawanshi, Kulbhushansingh R., Munib Khanyari, Koustubh Sharma, Purevjav Lkhagvajav, et Charudutt Mishra. 2019. « Sampling bias in snow leopard population estimation studies ». *Population Ecology* 0 (0). <https://doi.org/10.1002/1438-390X.1027>.
- « Sustainable Mountain Development in Central Asia. » 2012. University of Central Asia, Zoï Environment Network, Mountain Partnership, GRID-Arendal.
- Tobler, Mathias, et George V. N. Powell. 2013. « Estimating jaguar densities with camera traps: Problems with current designs and recommendations for future studies ». *Biological Conservation* 159 (mars): 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.12.009>.
- Trust, Snow Leopard. 2011. « Five Wild Snow Leopards Seen Travelling Together! » *Snow Leopard Trust* (blog). 14 octobre 2011. <https://www.snowleopard.org/five-wild-snow-leopards-seen-travelling-together/>.
- Wong, Wai-Ming, et Shannon Kachel. 2016. « Camera Trapping: Advancing the Technology ». In *Snow Leopards*, 383-94. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00028-6>.
- Wickham. H ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016.

Utilisation de pièges photographiques pour estimer la taille d'une population de panthère des neiges (*Panthera uncia*) dans deux réserves naturelles du Kirghizstan.

RESUME

La panthère des neiges (*Panthera uncia*), surnommée à juste titre, le fantôme de l'Himalaya est un animal très difficile à observer du fait de son art du camouflage, de sa faible densité de population, de son immense domaine vital, et de sa présence dans des zones peu accessibles. L'étude de ce grand félin et tout particulièrement l'estimation de sa population est un réel défi scientifique pour la conservation de l'espèce.

Dans cette étude, des pièges photographiques ont été mis en place dans deux réserves naturelles du Kirghizstan révélant un total de 1 600 photographies effectuées entre les années 2016 et 2018, ce qui représentent 9 488 jours de surveillance. De plus, 220 événements photographiques, ou événements captures de panthères des neiges ont été enregistrés représentant un taux de photos de 2,3 photos pour 100 jours de surveillance. Dès lors, il serait nécessaire d'avoir 43,1 journées de durée cumulée d'observation pour pouvoir enregistrer une photo de panthère des neiges. En revanche, les résultats qui utilisent la méthode du ratio de photos, démontrent qu'il n'est pas nécessaire d'identifier individuellement les panthères puisque les mêmes tendances avec ou sans identification sont observées. Néanmoins, l'identification individuelle, permet d'estimer le nombre d'individus à vingt dans la réserve de Sarychat-Ertash et dix pour la réserve de Naryn (dont trois petits âgés d'au moins un an au printemps 2018).

Pour finir, la méthode du ratio de photographies serait un bon indice d'abondance permettant le suivi, et la surveillance de la population d'une année sur l'autre. Cependant, sans identification individuelle, ce ratio n'est pas comparable avec d'autres études ou d'autres réserves.

MOTS CLES

- Panthère des neiges
- Kirghizstan
- Conservation des espèces
- Population
- Recensement
- Photographie

JURY Président : Monsieur Patrick LUSTENBERGER

Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes

Rapporteur : Madame Suzanne BASTIAN - Professeur à Oniris

Assesseur : Monsieur François MEURENS - Professeur à Oniris

AUTEUR Claire LAMBERT 135 rue de la Burgonce 79000 Niort

IMPRIMEUR Imprimerie Centrale - Faculté des Sciences et des Techniques
2 rue de la Houssinière
44300 Nantes



UNIVERSITÉ DE NANTES