



HAL
open science

La gestion de la reproduction des grands félins en parcs zoologiques

Julie Vacher

► **To cite this version:**

Julie Vacher. La gestion de la reproduction des grands félins en parcs zoologiques. Médecine vétérinaire et santé animale. 2024. dumas-04609838

HAL Id: dumas-04609838

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04609838>

Submitted on 12 Jun 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Année 2024

LA GESTION DE LA REPRODUCTION DES GRANDS FÉLINS EN PARCS ZOOLOGIQUES

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE
présentée et soutenue publiquement devant
la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)
le 26 avril 2024

par

Julie, Odile, Augusta VACHER

sous la direction de
Alain FONTBONNE

JURY

Présidente du jury :	Mme Christelle MAUREY-GUÉNEC	Professeur à l'EnvA
Directeur de thèse :	M. Alain FONTBONNE	Professeur à l'EnvA
Examineur :	M. Pascal ARNÉ	Maître de Conférences à l'EnvA

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire



version Janvier 2024

Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigié	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
Mme	Benckekroun	Ghita	Maître de conférences HDR	DEPEC
M	Blaga	Radu	Professeur	DSBP
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
Mme	Chastant	Sylvie	Professeur	DPASP
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loïc	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Professeur	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences HDR	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guénéac	Christelle	Professeur	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Rivière	Julie	Professeur	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barbarino	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Crozet	Guillaume	Maître de conférences	DPASP
Mme	De Paula Reis	Alline	Maître de conférences	DPASP
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP
Mme	Denis	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Guétin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Dudal	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
Mme	Marotto	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mespoules-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mtimet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Quéré	Émilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Ravary-Plumioën	Bérangère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC

Remerciements

Au Président du Jury de cette thèse, Mme Maurey-Guéneq, Professeur à l'EnvA,
qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse

Hommages respectueux.

À M. Fontbonne, Professeur à l'EnvA,

pour ses conseils, son partage d'expérience et son aide pour la création des outils nécessaires à cette thèse, ainsi que pour le temps qu'il m'a accordé et pour ses relectures minutieuses.

Sincères remerciements.

À M. Arné, Maître de conférences à l'EnvA,

d'avoir accepté d'intégrer ce jury de thèse, en tant qu'assesseur, puis comme examinateur.

Sincères remerciements.

Au Dr Catineau, vétérinaire et responsable zoologique du Parc des Félines et à Mme Erny, directrice générale de l'AFdPZ,

pour avoir été les intermédiaires auprès des institutions membres de l'Association Française des Parcs Zoologiques (AFdPZ).

Sincères remerciements.

Aux 19 parcs zoologiques : Zoo de la Palmyre ; Le Parc des Félines ; Thoiry Zoo Safari ; Parc zoologique du Reynou ; Parc zoologique de Champrépus ; Safari de Peaugres ; ZooParc de Beauval ; Zoo-Refuge de Guyane ; Zoo du Bois d'Ailly ; Zoo de Cerza ; Zoo de Montpellier ; Zoo African Safari ; Réserve Africaine de Sigean ; Réserve Zoologique de la Haute-Touche ; Zoo d'Amiens Métropole ; Planète Sauvage ; Parc Zoologique du Bois de Saint-Pierre ; Parc Animalier d'Auvergne ; Zoo de la Flèche,
pour avoir pris le temps de répondre à mon questionnaire.

Très sincères remerciements.

À ma famille,

pour avoir cru en moi et m'avoir soutenue tout au long de la réalisation de cette thèse.

Remerciements du fond du cœur.

À Sabine, Sylvie, Tristan et Michèle,

pour leur présence réconfortante à mes côtés, pour leur soutien sans faille, et pour leurs encouragements.

Remerciements du fond du cœur.

Table des matières

Liste des figures	5
Liste des tableaux	7
Liste des abréviations	9
Introduction	11
Première partie : étude de la bibliographie	13
1. Caractéristiques générales du cycle de reproduction des grands félins.....	13
2. Détails des modalités de la reproduction par espèce.	14
2.1. <i>Le léopard (Panthera pardus)</i>	14
2.1.1. Taxonomie et écologie générale.....	14
2.1.2. Écologie de reproduction	15
2.1.2.1. Comportement	15
2.1.2.2. Œstrus.....	16
2.1.2.3. Accouplement	16
2.1.2.4. Gestation et parturition.....	17
2.1.2.5. Post-partum.....	18
2.2. <i>Le lion (Panthera leo)</i>	19
2.2.1. Taxonomie et écologie générale.....	19
2.2.2. Écologie de reproduction	21
2.2.2.1. Comportement	21
2.2.2.2. Œstrus.....	21
2.2.2.3. Accouplement	22
2.2.2.4. Gestation et parturition.....	23
2.2.2.5. Post-partum.....	24
2.3. <i>La panthère des neiges (Panthera uncia)</i>	26
2.3.1. Taxonomie et écologie générale.....	26
2.3.2. Écologie de reproduction	27
2.3.2.1. Comportement	27
2.3.2.2. Œstrus.....	28
2.3.2.3. Accouplement	28
2.3.2.4. Gestation et parturition.....	28
2.3.2.5. Post-partum.....	29
2.4. <i>Le jaguar (Panthera onca)</i>	31
2.4.1. Taxonomie et écologie générale.....	31
2.4.2. Écologie de reproduction	32
2.4.2.1. Comportement	32
2.4.2.2. Œstrus.....	32
2.4.2.3. Accouplement	32
2.4.2.4. Gestation et parturition.....	33
2.4.2.5. Post-partum.....	33
2.5. <i>Le tigre (Panthera tigris)</i>	35
2.5.1. Taxonomie et écologie générale.....	35
2.5.2. Écologie de reproduction	36
2.5.2.1. Comportement	36
2.5.2.2. Œstrus.....	36
2.5.2.3. Accouplement	36
2.5.2.4. Gestation et parturition.....	37
2.5.2.5. Post-partum.....	38
2.6. <i>La panthère nébuleuse (Neofelis spp.)</i>	40
2.6.1. Taxonomie et écologie générale.....	40
2.6.2. Écologie de reproduction	42
2.6.2.1. Comportement	42

2.6.2.2.	Œstrus.....	42
2.6.2.3.	Accouplement	42
2.6.2.4.	Gestation et parturition.....	42
2.6.2.5.	Post-partum.....	43
2.7.	<i>Le guépard (Acinonyx jubatus)</i>	44
2.7.1.	Taxonomie et écologie générale.....	44
2.7.2.	Écologie de reproduction	45
2.7.2.1.	Comportement	45
2.7.2.2.	Œstrus.....	46
2.7.2.3.	Accouplement	46
2.7.2.4.	Gestation et parturition.....	47
2.7.2.5.	Post-partum.....	48
2.8.	<i>Le puma (Puma concolor)</i>	50
2.8.1.	Taxonomie et écologie générale.....	50
2.8.2.	Écologie de reproduction	51
2.8.2.1.	Comportement	51
2.8.2.2.	Œstrus.....	52
2.8.2.3.	Accouplement	52
2.8.2.4.	Gestation et parturition.....	53
2.8.2.5.	Post-partum.....	54
3.	Conditions et limites de la reproduction en captivité.....	55
3.1.	<i>Espèces se reproduisant en captivité</i>	55
3.1.1.	Léopard.....	56
3.1.2.	Lion	56
3.1.3.	Panthère des neiges.....	57
3.1.4.	Jaguar.....	57
3.1.5.	Tigre.....	57
3.1.6.	Panthère nébuleuse.....	58
3.1.7.	Guépard.....	58
3.1.8.	Puma	59
3.2.	<i>Problèmes généraux liés à la reproduction en captivité</i>	60
3.2.1.	Stress.....	60
3.2.1.1.	Présence de public.....	61
3.2.1.2.	Conditions de logement et socialisation.....	61
3.2.1.3.	Déplacements et changements d'environnement.....	62
3.2.1.4.	Relation avec les soigneurs et « personnalité ».....	63
3.2.1.5.	Condition physique.....	64
3.2.2.	Contraception	64
3.2.2.1.	Séparation des individus	64
3.2.2.2.	Contraception définitive.....	64
3.2.2.3.	Progestagènes	65
3.2.2.4.	Agonistes de la GnRH.....	65
3.2.3.	Tératospermie.....	68
3.3.	<i>Gestion des étapes du cycle reproducteur</i>	70
3.3.1.	Détection de l'œstrus.....	70
3.3.1.1.	Détection comportementale	70
3.3.1.2.	Détection physiologique	77
3.3.1.3.	Détection hormonale	78
3.3.1.4.	Détection échographique	79
3.3.1.5.	Détection cytologique.....	79
3.3.2.	Mise en contact et accouplement	80
3.3.2.1.	Léopard	81
3.3.2.2.	Lion	81
3.3.2.3.	Panthère des neiges	82
3.3.2.4.	Jaguar	82
3.3.2.5.	Tigre.....	83
3.3.2.6.	Panthère nébuleuse	84
3.3.2.7.	Guépard	86

3.3.3.	Suivi de gestation	88
3.3.3.1.	Comportement	88
3.3.3.2.	Apparence physique et poids.....	89
3.3.3.3.	Dosages hormonaux	89
3.3.3.4.	Imagerie	92
3.3.4.	Préparation de la mise-bas	92
3.3.4.1.	Léopard	93
3.3.4.2.	Lion	93
3.3.4.3.	Panthère des neiges	93
3.3.4.4.	Jaguar	94
3.3.4.5.	Tigres	94
3.3.4.6.	Panthères nébuleuses	95
3.3.4.7.	Guépard	95
3.3.5.	Complications de la mise-bas	96
3.3.6.	Acceptation des petits par la mère	97
3.3.6.1.	Conditions environnementales de gestion	98
3.3.6.2.	Autres facteurs	100
3.3.7.	Élevage des jeunes	101
3.3.7.1.	Biberonnage	102
3.3.7.2.	Élevage parental	107
3.3.7.3.	Mortalité pédiatrique.....	108
Deuxième partie : étude expérimentale.....		117
1.	Introduction	117
2.	Objectifs	118
3.	Matériels et méthodes.....	118
3.1.	<i>Sélection des institutions</i>	118
3.2.	<i>Élaboration du questionnaire</i>	119
3.3.	<i>Transmission du questionnaire et réception des réponses</i>	120
3.4.	<i>Analyse des données récoltées</i>	121
4.	Résultats	121
4.1.	<i>Nombres de réponses obtenues</i>	121
4.2.	<i>Espèces mises à la reproduction en France</i>	121
4.3.	<i>Taux de réponse</i>	121
4.4.	<i>Contraception</i>	122
4.5.	<i>Stratégie de reproduction</i>	122
4.6.	<i>Choix des partenaires</i>	123
4.6.1.	Détection des chaleurs	123
4.6.2.	Décision de mise à la reproduction.....	124
4.6.3.	Origine géographique des animaux mis à la reproduction	124
4.7.	<i>Mise en contact</i>	125
4.7.1.	Léopard.....	125
4.7.2.	Guépard.....	126
4.7.3.	Tigre.....	126
4.7.4.	Lion	127
4.7.5.	Panthère des neiges	127
4.7.6.	Jaguar	127
4.8.	<i>Gestation</i>	129
4.8.1.	Léopard.....	129
4.8.2.	Guépard.....	129
4.8.3.	Tigre.....	129
4.8.4.	Lion	130
4.8.5.	Panthère des neiges	130
4.9.	<i>Parturition</i>	131
4.9.1.	Léopard.....	131
4.9.2.	Guépard.....	131
4.9.3.	Tigre.....	132

4.9.4.	Lion	132
4.9.5.	Panthère des neiges	132
4.10.	<i>Conditions d'élevage des jeunes</i>	134
4.10.1.	Léopard.....	134
4.10.2.	Guépard	134
4.10.3.	Tigre.....	134
4.10.4.	Lion	134
4.10.5.	Panthère des neiges	135
4.11.	<i>Succès reproducteur et causes de mortalité</i>	136
4.11.1.	Succès reproducteurs	136
4.11.2.	Mortalité avant le sevrage.....	140
4.12.	<i>Synthèse des résultats par espèce</i>	142
4.12.1.	Léopard.....	143
4.12.2.	Guépard	144
4.12.3.	Tigre.....	145
4.12.4.	Lion	146
4.12.5.	Panthère des neiges	147
4.12.6.	Jaguar	148
4.12.7.	Puma	149
4.12.8.	Panthère nébuleuse.....	150
Troisième partie : discussion		151
1.	Amélioration du taux de réponse des zoos.....	151
2.	Caractérisation de la population de grands félins dans les parcs zoologiques en France ..	151
3.	Comparaison des résultats obtenus avec les données de la littérature.....	152
3.1.	<i>Choix des partenaires</i>	153
3.2.	<i>Mise en contact du mâle et de la femelle</i>	153
3.2.1.	Léopard.....	154
3.2.2.	Guépard	154
3.2.3.	Tigre.....	154
3.2.4.	Lion	155
3.2.5.	Panthère des neiges	156
3.2.6.	Jaguar	156
3.3.	<i>Gestation</i>	156
3.4.	<i>Parturition</i>	157
3.5.	<i>Élevage des jeunes</i>	158
3.6.	<i>Succès et mortalité des jeunes</i>	158
3.7.	<i>Utilisation de la vidéosurveillance</i>	159
4.	Points faibles de l'enquête – Améliorations potentielles	159
4.1.	<i>Impact des méthodes de contraception</i>	159
4.2.	<i>Protocoles de gestion de la reproduction</i>	160
4.3.	<i>Autres facteurs à étudier</i>	160
Conclusion		161
Liste des références bibliographiques		163
Annexe 1 : Texte explicatif de présentation de la thèse envoyé aux zoos		205
Annexe 2 : Aperçu du questionnaire		206
Annexe 3 : Données brutes des informations présentes dans la littérature sur l'élevage des jeunes en captivité.		218

Liste des figures

Figure 1 : Schéma général du cycle œstral des grands félins	14
Figure 2 : Répartition géographique (aires colorées) des huit sous-espèces de léopard (Kitchener <i>et al.</i> , 2017)	14
Figure 3 : Carte de distribution du léopard (Stein <i>et al.</i> , 2020)	15
Figure 4 : Cycle œstral du léopard	16
Figure 5 : Pseudogestation du léopard	17
Figure 6 : Cycle du léopard en cas de gestation	17
Figure 7 : Répartition géographique des sous-espèces de lion (Kitchener <i>et al.</i> , 2017).....	19
Figure 8 : Carte de distribution du lion (Bauer <i>et al.</i> , 2016)	20
Figure 9 : Cycle œstral du lion	21
Figure 10 : Carte de distribution de la panthère des neiges (McCarthy <i>et al.</i> , 2017).....	27
Figure 11 : Cycle œstral de la panthère des neiges	28
Figure 12 : Carte de distribution du jaguar (Quigley <i>et al.</i> , 2017)	31
Figure 13 : Cycle œstral du jaguar	32
Figure 14 : Carte de distribution du tigre : Carte de distribution du tigre (Goodrich <i>et al.</i> , 2022)....	35
Figure 15 : Cycle œstral du tigre	36
Figure 16 : Carte de distribution de la panthère nébuleuse continentale (Gray <i>et al.</i> , 2021).....	40
Figure 17 : Carte de distribution de la panthère nébuleuse des îles de la Sonde (Hearn <i>et al.</i> , 2015)	41
Figure 18 : Cycle œstral de la panthère nébuleuse	42
Figure 19 : Répartition géographique des sous-espèces de guépards (Kitchener <i>et al.</i> , 2017)	44
Figure 20 : Carte de distribution du guépard (Durant <i>et al.</i> , 2022).....	45
Figure 21 : Cycle œstral du guépard.....	46
Figure 22 : Carte de distribution du puma (Nielsen <i>et al.</i> , 2015).....	51
Figure 23 : Cycle œstral du puma	52
Figure 24 : Morphologie de la vulve d'une lionne Africaine adulte en décubitus sternal pendant l'œstrus (a), le dioœstrus (b), l'interœstrus (c) et <i>post-partum</i> (d) (Callealta <i>et al.</i> , 2020)	78

Figure 25 : Images microscopiques des frottis vaginaux de lionnes Africaines en œstrus (a, b), dioestrus (e, f), interœstrus (g, h), <i>post-partum</i> (i, j) et proœstrus (k, l) coloré avec la coloration de Wright-Giesma modifiée (Callealta et al., 2020).....	80
Figure 26 : Biberonnage d'un tigre (gauche) et d'un lionceau (droite) (Mohapatra <i>et al.</i> , 2019)...	103
Figure 27 : Répartition des stratégies de reproduction au sein des institutions françaises pour les espèces cibles.....	123
Figure 28 : Origine géographique des animaux mis à la reproduction par les zoos sondés, toutes espèces confondues	125
Figure 29 : Fréquence d'usage de différents paramètres de gestion en regard de l'incidence d'échecs lors de la mise en contact	128
Figure 30 : Fréquence d'usage de différents paramètres de gestion de la gestation et incidence d'échecs lors de cette étape	131
Figure 31 : Fréquence d'usage de différents paramètres de gestion lors de la mise en contact et incidence d'échecs à cette étape	133
Figure 32 : Fréquence d'usage de différents paramètres de gestion en regard de la mortalité avant sevrage au sein des institutions sondées	136
Figure 33 : Diagramme en boîte des succès reproducteurs globaux et pondérés de chaque espèce (N = nombre de petits).	137
Figure 34 : Intervalles de crédibilité de Jeffrey's pour le succès reproducteur global. ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$. N = nombre de petits nés.....	137
Figure 35: Moyenne des succès reproducteurs au sein des institutions sondées chez les grands félins (hors panthère nébuleuse).....	140
Figure 36 : Moyenne des taux de mortalité infantile des grands félins en captivité au sein des institutions sondées.....	142
Figure 37 : Part des causes de mortalité infantile toutes espèces confondues au sein des institutions sondées.....	142

Liste des tableaux

Tableau 1 : Durées d'action du Suprélorin® chez les grands félins.....	67
Tableau 2 : Qualité spermatique des grands félins.....	69
Tableau 3 : Pourcentage de petits biberonnés pour chaque espèce en captivité (d'après de multiples sources. Cf. Annexe 3).....	102
Tableau 4 : Composition du lait produit naturellement par les différents félins et des laits maternisés.....	105
Tableau 5 : Pourcentages de mortalité chez les grands félins en captivité (d'après de multiples sources. (Cf. Annexe 3))	108
Tableau 6 : Comparaison des causes de mortalité infantile (<6 mois) des guépards chez les petits consanguins (F>0) et non-consanguins (F=0) dans cinq institutions de reproduction Nord-Américaines entre 1970 et 1994 (d'après Wielebnowski, 1996).....	110
Tableau 7 : Causes de mortalité néonatale des grands félins (d'après de multiples sources. (Cf. Annexe 3)).....	113
Tableau 8 : Trame à l'origine de l'élaboration du questionnaire	120
Tableau 9 : Statut de la reproduction dans les zoos ayant répondu au sondage	122
Tableau 10 : Stratégie de reproduction adoptée par les zoos français ayant répondu au sondage et ayant mis des grands félins à la reproduction depuis moins de 5 ans	123
Tableau 11 : Incidence de réalisation d'une détection des chaleurs ou de la saillie par le personnel au sein des institutions sondées	124
Tableau 12 : Origine géographique des animaux mis à la reproduction.....	125
Tableau 13 : Techniques utilisées pour la mise en contact.	128
Tableau 14 : Fréquence d'usage de différents modes de gestion de la gestation des espèces cibles et incidence des échecs.....	130
Tableau 15 : Techniques de gestion de la mise-bas.....	133
Tableau 16 : Conditions d'élevage des jeunes	135
Tableau 17 : Succès reproducteurs des différentes espèces en fonction des zoos.	139
Tableau 18 : Âge et causes de mortalité des grands félins en parc zoologique	141
Tableau 19 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le léopard	143
Tableau 20 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le guépard.....	144

Tableau 21 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le tigre	145
Tableau 22 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le lion	146
Tableau 23 : Synthèse des résultats de l'enquête chez la panthère des neiges	147
Tableau 24 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le jaguar	148
Tableau 25 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le puma	149
Tableau 26 : Représentativité de l'échantillon de réponses obtenues	152

Liste des abréviations

AFdPZ : Association Française des Parcs Zoologiques

AZA : Association of Zoo and Aquariums

EAZA : Association Européenne des Zoos et Aquariums

EEP : Programmes d'élevage européens

FeLV : virus de la leucose féline

FIV : virus de l'immunodéficience féline

FSH : hormone de stimulation folliculaire

GnRH : hormone de libération des gonadotrophines hypophysaires (Gonadotropin Releasing Hormone)

GSMP : plan de gestion des espèces mondial (Global Species Management Program)

HHG : hypothalamo-hypophyso-gonadique

HHS : hypothalamo-hypophyso-surrénalien

IA : insémination artificielle

KMR : Kitten Milk Replacer

LH : hormone lutéinisante

MEC : mise en contact

NFS : Numération Formule Sanguine

PNN : polynucléaires neutrophiles

SNC : système nerveux central

SSP : plan pour la survie des espèces (Species Survival Plan)

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

Introduction

Les félins forment un groupe de 38 espèces présentes sur l'ensemble des continents, dont cinq sont en danger, 12 sont vulnérables, 6 sont quasi menacées et 15 sont classées en préoccupation mineure par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Parmi eux les grands félins sont tous, à l'exception du puma et du jaguar, classés menacés ou vulnérables. Les grands félins sont les espèces appartenant à la sous-famille des *Pantherinae* (genre *Panthera* et *Neofelis*) ainsi que deux autres appartenant à celle des *Felinae* : le guépard (genre *Acinonyx*) et le puma (*Puma concolor*).

Ces espèces sont menacées par les effets directs des activités humaines : chasse, diminution de l'habitat, diminution des proies, limitation des déplacements, pollution et réchauffement climatique. Il est indispensable de les préserver car ce sont des superprédateurs qui exercent un rôle essentiel de régulation sur les chaînes trophiques (notamment le contrôle des populations d'herbivores), permettant ainsi le maintien et l'équilibre de l'écosystème. De plus, les grands félins sont des espèces charismatiques ce qui facilite la sensibilisation de la population aux problématiques de dégradations environnementales.

Leur préservation est donc devenue primordiale, pour des raisons esthétiques, symboliques (culturellement appréciés et icônes), spirituelles (vénérés par de multiples cultures), éthiques, utilitaristes et écologiques (Loveridge *et al.*, 2010b). Les grands félins sont élevés en captivité depuis 1850, cependant le premier programme de reproduction des félins en captivité en Europe ne date que de 1985 et celui-ci ne concernait que le tigre de Sibérie. Ces programmes nécessitent une coopération internationale et fonctionnent grâce à des partenariats mondiaux entre les institutions et les coordinateurs.

Cette envie de préservation ex-situ se heurte pourtant à de nombreux problèmes rencontrés lors de la reproduction en captivité comme de faibles effectifs, des traumatismes, du cannibalisme, etc... Quels sont donc exactement ces problèmes, quelle est leur ampleur, et comment sont-ils hiérarchisés ? A quelle(s) étape(s) du cycle reproducteur surviennent-ils ? Quelles sont les espèces de grands félins dont la reproduction est pratiquée au sein des zoos français et comment cette reproduction est-elle gérée ? Comment les succès reproductifs se comparent-ils entre les espèces et avec les données présentes dans la littérature ?

Ce travail vise à présenter, dans une première partie bibliographique, les étapes des cycles reproductifs, puis à détailler les spécificités de chacune des espèces par rapport à leur mode de reproduction en captivité, leur taille de portée, et l'élevage de leurs jeunes, et ensuite à établir un panorama des problèmes associés à chaque étape de la reproduction en captivité. Dans un second temps les résultats d'une enquête sur les données de reproduction fournies par un certain nombre de zoos français sont présentés. Enfin, dans un troisième temps, la gestion de la reproduction dans les zoos français est confrontée aux données existantes dans la littérature, et les divergences sont mises en lumière afin de tenter de trouver des pistes d'amélioration.

Première partie : étude de la bibliographie

1. Caractéristiques générales du cycle de reproduction des grands félins

Tous les grands félins sont des espèces polyœstriennes tandis que certaines (panthère des neiges, tigres, panthère nébuleuse) sont influencées par la photopériode et d'autres (lion, léopard, guépard, puma, jaguar) non. Dans tous les cas le cycle comporte quatre phases : la phase folliculaire (proœstrus et œstrus), l'interœstrus, le diœstrus aussi appelé phase lutéale et l'anœstrus (Brown, 2011) (Figure 1).

Le proœstrus correspond au début de la formation des follicules et à l'augmentation progressive de la quantité d'œstradiol. Il dure moins de 24h chez la majorité des félins (Brown, 2011 ; Maly, 2015). D'un point de vue comportemental, il se définit principalement par l'émission de vocalisations et une intensification du marquage, voire parfois des comportements d'œstrus. La femelle cherche à attirer les mâles présents dans sa vicinity mais ne sera pas réceptive à leurs avances et les repoussera systématiquement.

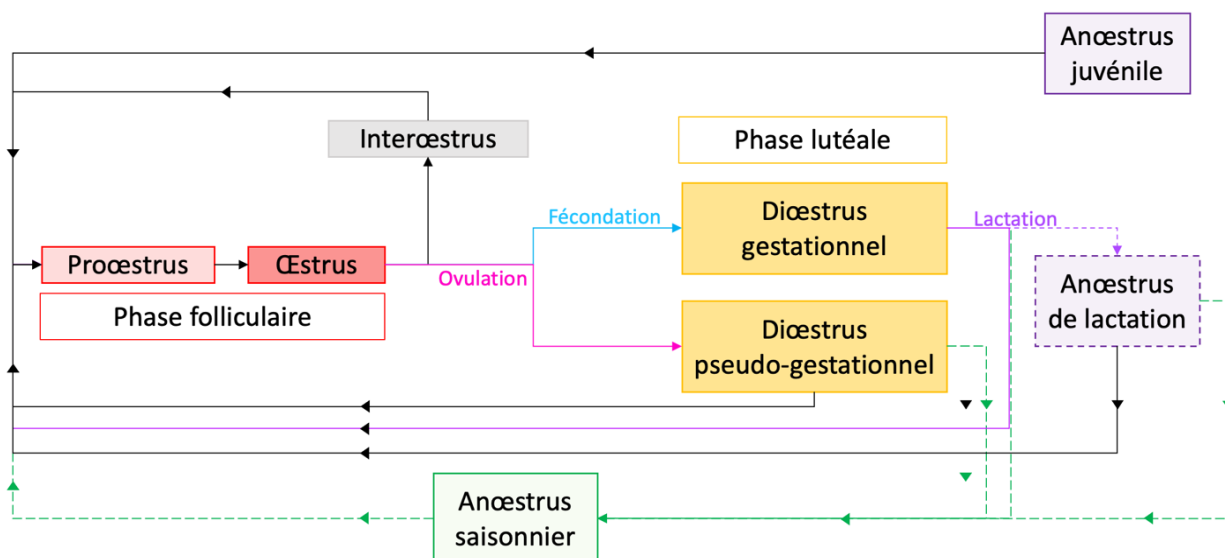
L'œstrus se définit par la présence d'au moins un follicule dominant ou tertiaire mature et du pic de concentration en œstrogène (Brown, 2011 ; Maly, 2015). Comportementalement, il s'exprime par une augmentation de l'activité générale de la femelle et la manifestation de signes typiques de réceptivité tels que les roulades ou la présentation en lordose au mâle. Durant cette phase les tentatives d'approche du mâle seront acceptées et l'accouplement pourra avoir lieu.

L'interœstrus correspond à la période de repos entre deux œstrus en l'absence d'ovulation. L'œstradiolémie est plus basse que pendant les deux phases précédentes. Aucun changement comportemental n'est observé par rapport à l'anœstrus.

Le diœstrus suit une ovulation et se caractérise par la présence d'au moins un corps jaune dans les ovaires. Il peut correspondre, soit à une phase de gestation s'il y a eu fécondation, soit à une phase de pseudogestation. Dans les deux cas la progestéronémie augmente.

L'anœstrus correspond à une longue phase d'absence d'activité cyclique, soit liée à la saisonnalité (le plus souvent), soit juvénile, soit pour cause de lactation, soit pour cause de maladie etc. (Andrews *et al.*, 2019). L'œstradiolémie est au plus bas (Brown, 2011).

Figure 1 : Schéma général du cycle œstral des grands félins



2. Détails des modalités de la reproduction par espèce.

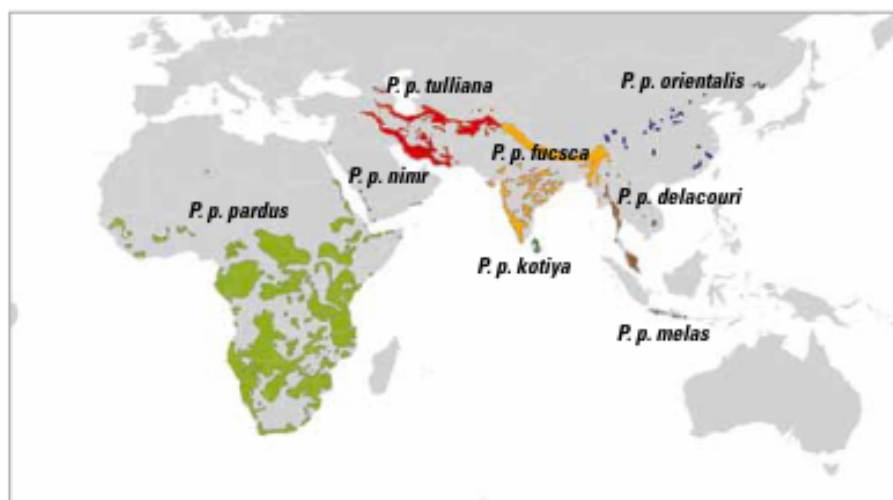
2.1. Le léopard (*Panthera pardus*)

2.1.1. Taxonomie et écologie générale

Il existe neuf sous-espèces reconnues de léopard (Miththapala et al., 1996 ; Uphyrkina et al., 2001) (Figure 2). Il n'existe pas d'estimation robuste de la population totale, car on n'en dispose pas pour l'Afrique. Cependant, en Asie, environ 5000 individus sont présents en combinant toutes les sous-espèces (Stein et al., 2020).

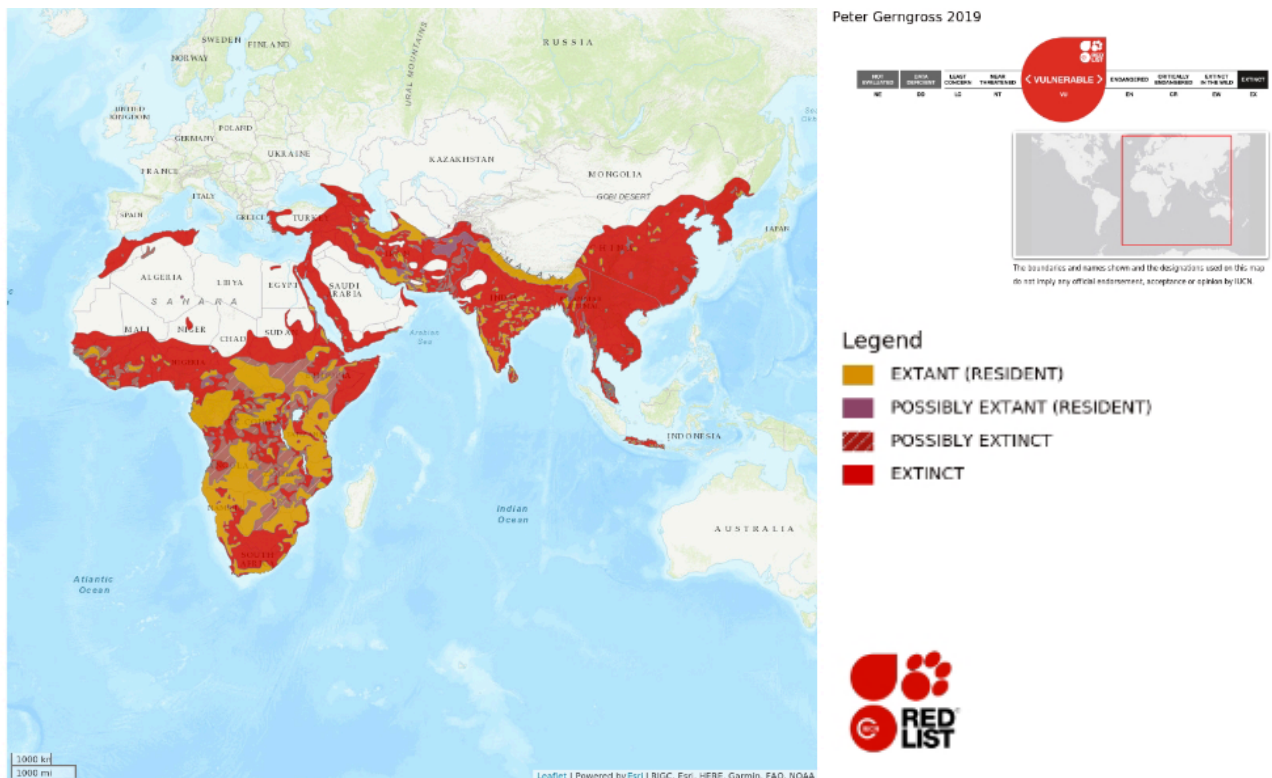
La population mondiale est en déclin dans une majeure partie de son aire de distribution (Stein et al., 2020) (Figure 3). On estime qu'elle a perdu entre 63 et 75 % de son périmètre historique, voire jusqu'à 98 % pour certaines sous-espèces (Jacobson et al., 2016). Outre la fragmentation de l'habitat, l'espèce est confrontée à la déplétion des proies, à la chasse au trophée, à la persécution humaine en représailles ou en prévention des attaques sur le bétail (Stein et al., 2020) et au braconnage pour la vente illégale de peaux, d'os, de canines, de griffes, etc. (Brown, 2011 ; Nowak, 2005 ; Nowell et Jackson, 1996).

Figure 2 : Répartition géographique (aires colorées) des huit sous-espèces de léopard (Kitchener et al., 2017)



Les léopards sont classés, en tant que population globale, comme « vulnérables » dans la liste rouge de l'IUCN depuis 2015 (Stein et al., 2020) et sont dans l'Appendix I du CITES (CITES, 2023).

Figure 3 : Carte de distribution du léopard (Stein et al., 2020)



L'habitat du léopard est extrêmement varié : forêts, brousses et prairies en zones tropicales, subtropicales, tempérées, de type méditerranéen ou enneigées ; déserts, semi-déserts, savanes, ; environnement urbain ou suburbain. Sa présence a été observée jusqu'à 5200m d'altitude (Lynam et al., 2013 ; David W Macdonald et al., 2010 ; Stein et al., 2020). La condition principale de sa présence est la présence de proies en quantité suffisante (Can et al., 2020). Les léopards ont un rythme cathéméral avec des pics d'activité au crépuscule et une inactivité méridienne prononcée (Can et al., 2020 ; Grassman Jr., 1999 ; Lynam et al., 2013 ; Rosen et Mengüllüoğlu, 2022).

2.1.2. Écologie de reproduction

2.1.2.1. Comportement

C'est une espèce solitaire dont les couples sont formés uniquement pendant la période de reproduction (Bothma et Le Riche, 1984 ; Eaton, 1978 ; Eisenberg et Lockhart, 1972 ; Heptner et Sludskii, 1992 ; Nowak, 2005 ; Schaller, 1972a ; Stuart, 1981). Cependant de brèves associations, de moins de 24h, entre individus familiaux, peuvent se produire (Hunter et al., 2013). Les femelles sont territoriales les unes envers les autres, et les mâles ont des territoires incluant ceux de plusieurs femelles (Eaton, 1978).

L'activité folliculaire n'est pas saisonnière (Andrews *et al.*, 2019 ; Owen *et al.*, 2010 ; Schmidt *et al.*, 1988) et le cycle est polyœstrien à ovulation induite, pouvant être occasionnellement spontanée (Andrews *et al.*, 2019 ; Brown, 2011 ; Fontbonne *et al.*, 2007), principalement en captivité en cas de partage du même enclos (Schmidt *et al.*, 1988).

2.1.2.2. Œstrus

L'œstrus dure en moyenne 5 jours [4-9] (Allwin et Pa, 2016 ; Andrews *et al.*, 2019 ; Cunningham et Gross, 2000) avec un interœstrus de 21 jours [11-34] en moyenne (Allwin et Pa, 2016 ; Andrews *et al.*, 2019) pour une durée totale moyenne du cycle œstral de 23,8 jours [7-42] (Andrews *et al.*, 2019) (Figure 4). Les chaleurs d'une femelle induisent les chaleurs des autres en contact tactile, visuel, olfactif et potentiellement auditif (Eaton, 1978).

2.1.2.3. Accouplement

Les accouplements ont lieu majoritairement à l'aube (57,77 %) ou au crépuscule (Allwin et Pa, 2016 ; Hunter *et al.*, 2013 ; Laman et Knott, 1997 ; Zhang *et al.*, 1999) et s'effectuent préférentiellement dans de la végétation dense avec la possibilité de s'échapper rapidement dans les arbres, pour échapper aux lions (Eaton, 1978).

2.1.2.3.1. Séduction et initiation

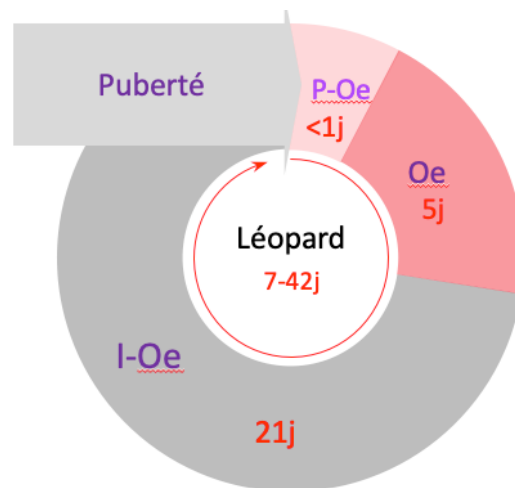
L'initiation est effectuée par la femelle dans 97 % à 100 % des cas (n=1585) pour les léopards d'Afrique et dans 30 % à 76,38 % des cas pour ceux du continent asiatique (Allwin et Pa, 2016 ; Laman et Knott, 1997 ; Lanier et Dewsbury, 1976 ; Owen *et al.*, 2010). Elle lui fait la « cour » en effectuant de multiples allées et venues, ponctuées de frottements de museau, de prusten, de roulades et de tressaillements de queue (Allwin et Pa, 2016 ; Desai, 1976 ; Laman et Knott, 1997). Dans la nature, ces poursuites sont fréquentes mais localisées à une zone réduite (Bothma et Le Riche, 1984). Elle finit par adopter une position de lordose (Allwin et Pa, 2016).

Dans les cas où le mâle amorce la séquence, il lui suffit de s'approcher de la femelle et celle-ci se mettra alors en position de lordose (Owen *et al.*, 2010). En général la réceptivité est acquise lors du 2^e jour de l'œstrus (de Haas van Dorsser *et al.*, 2007).

2.1.2.3.2. Occurrence

Durant les 3 jours [1-7] de cour (Balme *et al.*, 2013 ; Bothma et Le Riche, 1984 ; Owen *et al.*, 2010) de multiples accouplements ont lieu, en moyenne toutes les $12 \pm 4,6$ minutes [0,93-181], jusqu'à 142 par jour, soit en moyenne $247 \pm 20,4$ accouplements en tout par cour [141-303] (Allwin et Pa, 2016 ; Lanier et Dewsbury, 1976 ; Owen *et al.*, 2010). Tout au long de la cour, les animaux se désintéressent de toute autre activité, même de la nourriture (Desai, 1976). De la monte à la descente, la copulation dure en moyenne $10 \pm 0,5$ secondes, l'accouplement entier prenant en moyenne $30,1 \pm 2,0$ secondes [12,36-80,03] (Allwin et Pa, 2016 ; Owen *et al.*, 2010).

Figure 4 : Cycle œstral du léopard



2.1.2.3.3. Partenaires multiples

Dans la nature, mâles et femelles s'accouplent avec plusieurs partenaires (Eaton, 1978 ; Owen *et al.*, 2010) avec en moyenne $1,3 \pm 0,1$ [1-3] mâles pour une femelle (Balme *et al.*, 2013) potentiellement pour diminuer les risques d'infanticides en instaurant une incertitude sur la paternité.

2.1.2.3.4. Conception

Dans la nature, 62,5 % et 98,2 % des accouplements sont complets, les autres sont souvent interrompus avant la fin (Allwin et Pa, 2016 ; Owen *et al.*, 2010). Seulement 19 à 39 % des cours aboutissent à une conception (Balme *et al.*, 2009 ; de Haas van Dorsser *et al.*, 2007 ; Owen *et al.*, 2010). Il faut donc en moyenne $2,8 \pm 0,5$ [1-10] cours pour obtenir une portée (Balme *et al.*, 2013).

2.1.2.4. Gestation et parturition

2.1.2.4.1. Pseudogestation

La pseudogestation découle d'une ovulation sans fécondation et dure en moyenne 42,6 jours [34-56] (Andrews *et al.*, 2019), ce qui représente un tiers de la gestation (Figure 5). La progestérone atteint des concentrations similaires à celles d'une gestation (Brown, 2011).

2.1.2.4.2. Gestation

La gestation dure en moyenne 95 jours [84-105] (Acharjyo et Patnaik, 1985 ; Andrews *et al.*, 2019 ; Desai, 1976 ; Owen *et al.*, 2010 ; Zhang *et al.*, 1999) (Figure 6).

2.1.2.4.3. Parturition

La première parturition se produit en moyenne à $44,8 \pm 4,1$ mois [33-62] (2013, 2009). Elle a souvent lieu la nuit (Heptner et Sludskii, 1992 ; Zhang *et al.*, 1999), dans des grottes, crevasses, rochers ou arbres creux (Hunter *et al.*, 2013 ; Kingdon, 1977 ; Schaller, 1972a). Elle dure en général six à dix heures (Heptner et Sludskii, 1992).

Dans la nature, les mises-bas sont plus fréquentes lors des saisons humides soit décembre-mars pour les léopards asiatiques (Balme *et al.*, 2013) et février-avril pour les léopards africains (Owen *et al.*, 2010). En captivité, dans l'hémisphère nord, le pic de naissances se situe plutôt au printemps et en été (Desai, 1976 ; Eisenberg et Lockhart, 1972 ; Kumar et Luna, 2004 ; Robinson, 1969).

Les portées comportent en moyenne 1,9 petits, pouvant varier de un à trois dans la nature (Andrews *et al.*, 2019 ; Balme *et al.*, 2009 ; le Roux et Skinner, 1989 ; Owen *et al.*, 2010) et de un à quatre avec exceptionnellement six en captivité (Kreider, 2012 ; Kumar et Luna, 2004 ; Wielebnowski, 1996). Dans la nature, la taille des portées

Figure 5 : Pseudogestation du léopard

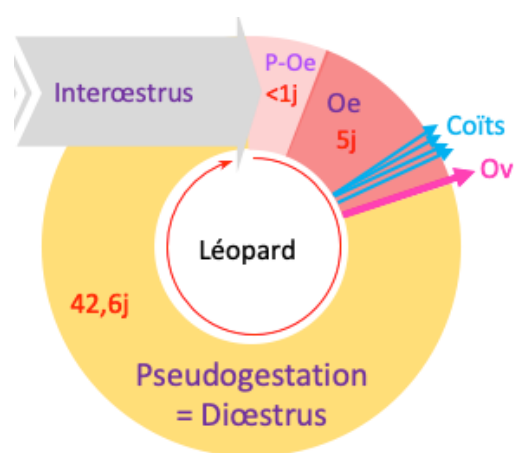
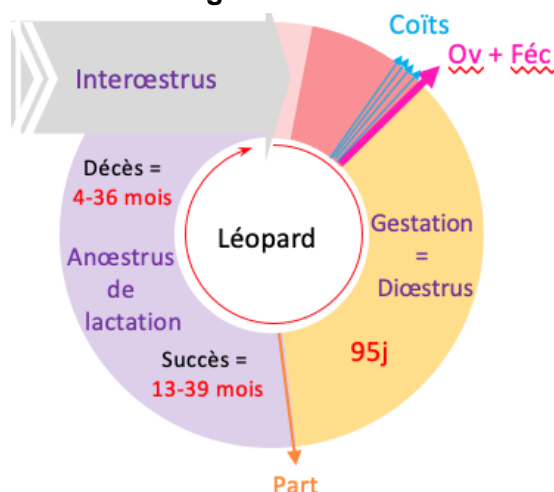


Figure 6 : Cycle du léopard en cas de gestation



est souvent sous-estimée car les comptages dès la naissance sont extrêmement difficiles et sont donc effectués plus tard lorsque de la mortalité a déjà sévi (Balme et al., 2013).

2.1.2.4.4. *Intervalle inter-parturition*

L'intervalle entre deux mises-bas est d'une durée très variable et dépend du succès de la tentative reproductrice précédente. En effet, dans la portée au moins un des petits est élevé jusqu'à l'indépendance, l'intervalle est de 22 mois en moyenne [13-39] (2013, 2009 ; Martin et de Meulenaer, 1988 ; Seidensticker *et al.*, 1990). Certaines femelles (41 %) s'accouplent à nouveau alors qu'elles sont encore accompagnées de leurs petits, âgés en moyenne de $10,5 \pm 0,5$ mois [9-13] (Balme *et al.*, 2013 ; Owen *et al.*, 2010). Les autres s'accouplent en moyenne $3,8 \pm 0,73$ mois [1-5] après l'indépendance de leurs petits (Balme et al., 2009).

Si en revanche la portée est perdue peu de temps après la naissance, la femelle revient en œstrus dans les 12 jours au plus tôt et l'intervalle est réduit à $11 \pm 1,2$ mois [4-36] (2013, 2009 ; Martin et de Meulenaer, 1988). Dans le cas d'un infanticide la femelle présente deux mois d'infertilité avant de pouvoir concevoir une nouvelle portée, supposément afin d'évaluer les qualités du nouveau mâle et sa capacité potentielle à conserver son nouveau territoire sur le long terme (Balme et Hunter, 2013).

En captivité, les petits sont retirés peu après le sevrage donc l'intervalle se rapproche des cas de perte de portée dans la nature (Muckenhirn et Eisenberg, 1973) soit environ 15 mois [6-20] (Acharjyo et Mishra, 1976). Par le biais d'un sevrage artificiel dans le mois suivant la naissance, il peut même être extrêmement raccourci pour obtenir jusqu'à trois portées par an (Zhang et al., 1999).

2.1.2.5. *Post-partum*

2.1.2.5.1. *Développement*

À la naissance en captivité, les léopardeaux pèsent en moyenne 555 g [410-693] (Acharjyo et Patnaik, 1985 ; Oftedal et Gittleman, 1989 ; Zhang et al., 1999). Ils prennent ensuite environ 33 g/jour jusqu'au sevrage (Oftedal et Gittleman, 1989) pour atteindre 54,8 kg [29-91] pour les mâles et 31,3 kg [20-60] pour les femelles (Hunter *et al.*, 2013 ; Nowell et Jackson, 1996 ; Rosen et Mengüllüoğlu, 2022). Ils ouvrent les yeux à partir de 6 à 15 jours (Acharjyo et Patnaik, 1985 ; Cunningham et Gross, 2000 ; Zhang *et al.*, 1999). Durant les premières semaines de vie, la mère déplace très fréquemment ses petits entre différents lieux isolés et variés, pour diminuer la mortalité due aux prédateurs (le Roux et Skinner, 1989). Ceux-ci commencent à ramper vers 12 à 15 jours et sortent de la tanière à deux mois (Heptner et Sludskii, 1992).

L'allaitement exclusif dure pendant six à huit semaines environ dans la nature (Heptner et Sludskii, 1992 ; Kingdon, 1977). Les petits sont sevrés à partir de trois à quatre mois environ et la lactation s'arrête lorsqu'ils ont cinq à six mois (Desai, 1976 ; Heptner et Sludskii, 1992 ; Kingdon, 1977 ; le Roux et Skinner, 1989). Ils commencent à suivre la mère à la chasse à partir de six mois (Eisenberg et Lockhart, 1972 ; Muckenhirn et Eisenberg, 1973) et sont capables de chasser seuls à 11 mois (le Roux et Skinner, 1989).

Les petits restent avec leur mère jusqu'à $18,3 \pm 2,8$ mois [9-31] (Owen *et al.*, 2010 ; Balme *et al.*, 2012, 2013). Ensuite la fratrie reste groupée pendant trois à dix mois avant de se séparer (Farhadinia *et al.*, 2009 ; Heptner et Sludskii, 1992 ; Nowell et Jackson, 1996).

Les femelles atteignent leur maturité sexuelle à 26 ± 2 mois environ [18-36 mois] dans la nature (Balme et al., 2013). Les mâles débutent leur puberté à deux ans mais n'atteignent leur maturité sexuelle que vers trois ans avec un âge optimal de reproduction entre trois et huit ans (de Haas van Dorsser et Strick, 2005 ; Hunter et al., 2013 ; Zhang et al., 1999). Cependant ils doivent posséder un territoire pour pouvoir se reproduire, ce qui repousse leur première saillie à 3,5 ans environ. Chez les femelles, dans la nature, la capacité reproductive diminue vers 13 ans et la sénescence survient vers 16 ans environ (Balme et al., 2013 ; Heptner et Sludskii, 1992).

2.1.2.5.2. Mortalité

Un petit léopard a seulement 37 % de chances de survivre jusqu'à l'indépendance avec un taux de survie inversement proportionnel à l'âge : 45 % de mortalité avant huit mois et 66 % avant six mois. De ce fait, seulement 49 % des portées ont au moins un petit qui atteint l'indépendance (Balme et al., 2013).

L'infanticide est la cause majeure de mortalité, totalisant 40 % à 66 % des morts (Balme et al., 2013 ; Balme et Hunter, 2013 ; Owen et al., 2010). Il touche les petits de 1 à 15 mois et concerne une portée entière dans 72 % des cas. Il est commis par des nouveaux mâles, non apparentés, ayant pris possession du territoire (Balme et Hunter, 2013).

La prédation est conséquente, représentant entre 40 % et 51 % des décès, tous prédateurs confondus, les principaux (34 % à 42 %) étant les lions (*Panthera leo*), les hyènes (*Crocuta crocuta*) et les tigres (*Panthera tigris*) (Balme et al., 2013 ; Balme et Hunter, 2013 ; McDougal, 1988 ; Owen et al., 2010 ; Schaller, 1972b).

Enfin, viennent les aléas (crues, incendies ...) représentant 4 % à 7 % des décès, la famine et l'abandon comptant pour environ 3 % à 4 % (Balme et al., 2013 ; Balme et Hunter, 2013 ; Seidensticker et al., 1990), et de nombreuses maladies endémiques entraînant 1 % de la mortalité infantile (Balme et al., 2013).

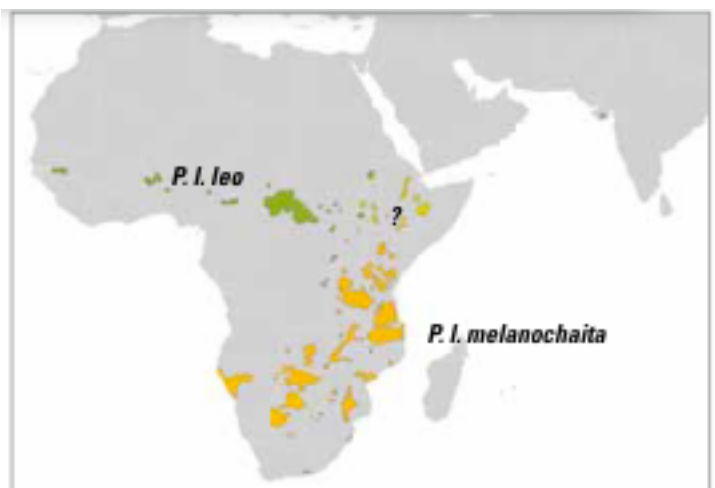
2.2. Le lion (*Panthera leo*)

2.2.1. Taxonomie et écologie générale

Usuellement, deux sous-espèces étaient reconnues : *Panthera leo persica* en Asie et *Panthera leo leo* en Afrique (Bauer et al., 2016). Cependant de nouvelles études montrent que cette séparation ne semble pas valide (Barnett et al., 2014) et une nouvelle classification est actuellement utilisée : *Panthera leo leo* en Asie et Afrique de l'ouest du centre et du nord, et *Panthera leo melanochaita* en Afrique du Sud et de l'Est (Nicholson et al., 2023) (Figure 7).

Il est difficile d'avoir une estimation de la taille exacte de la population mondiale de lions mais elle est

Figure 7 : Répartition géographique des sous-espèces de lion (Kitchener et al., 2017)

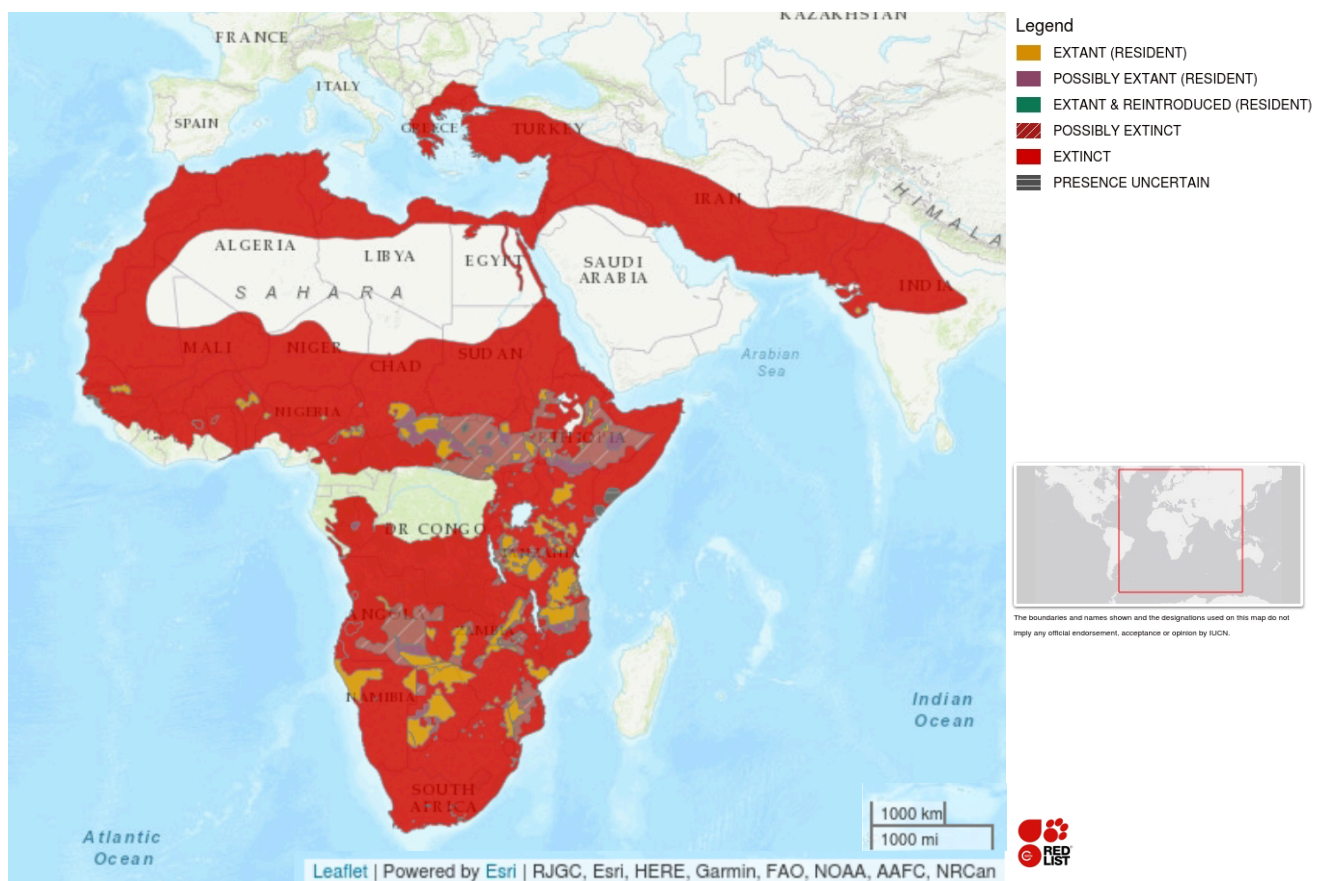


estimée à environ 23000 individus en Afrique où cette population est en déclin avec une baisse de 36 % durant les 21 dernières années (Nicholson *et al.*, 2023).

En Inde, la population était de 670 individus environ en 2020, avec une stabilisation par rapport aux années précédentes (Bauer *et al.*, 2015 ; Nicholson *et al.*, 2023). Les causes de ce déclin sont principalement l'abattage en représailles ou en prévention des attaques (bétail, humains), la perte d'habitat, et la raréfaction des proies (Bauer, 2008 ; 2018, 2016). L'extraction des ressources, la chasse à trophée, le commerce des os, peaux, etc. (médecines traditionnelles, ornement...) sont également à incriminer (Bauer, 2008 ; Bauer *et al.*, 2018 ; IUCN SSC Cat Specialist Group, 2006a, 2006b). Les maladies font aussi partie des menaces auxquelles les lions doivent faire face (Bauer *et al.*, 2016).

Les lions africains sont classés comme « vulnérables » dans la liste rouge de l'IUCN depuis 1996 et ce encore en 2014 et sont dans l'Appendix II du CITES, ce qui signifie qu'un quota annuel d'export est autorisé (Bauer *et al.*, 2016 ; CITES, 2023). Les lions asiatiques sont, quant à eux, classés « en danger » depuis 2008 dans la liste rouge de l'IUCN et font partie de l'Appendix I du CITES (Breitenmoser *et al.*, 2023 ; CITES, 2023). La sous-population d'Afrique de l'Ouest est « en danger critique d'extinction » depuis 2008 (Henschel *et al.*, 2014) (Figure 8).

Figure 8 : Carte de distribution du lion (Bauer *et al.*, 2016)



Compiled by:

African Lion Database. Unpublished Data 2023



2.2.2. Écologie de reproduction

2.2.2.1. Comportement

Les lions sont des animaux sociaux qui vivent en groupes familiaux (clans) de 13,6 individus en moyenne [2-37] (Heptner et Sludskii, 1992 ; Orsdol *et al.*, 1985 ; Schaller, 1972a). Les clans possèdent tous un territoire fixe (Schaller, 1972a). Environ 15 % des mâles sont nomades et ne possèdent pas de clan (Bertram, 1975a). Ces derniers sont solitaires dans 10 % des cas ou en coalitions de 2,8 individus en moyenne [2-13] (Schaller, 1972a).

En Afrique, la base du clan est un matrilineage de 4,5 [2-18] lionnes, dominé temporairement par 1,8 [1-7] mâles, accompagnés de leurs 4 [0-13] lionceaux et parfois de subadultes (Heptner et Sludskii, 1992 ; Orsdol *et al.*, 1985 ; Packer *et al.*, 1990 ; Schaller, 1972a). Le clan rassemble rarement tous les individus qui le composent et fonctionne sur un système de fusion-fission avec formations de groupes de 4,3 individus [1-13] (Eloff, 1973 ; Heptner et Sludskii, 1992 ; Orsdol *et al.*, 1985 ; Schaller, 1972a) notamment pour chasser (Bauer *et al.*, 2016). Les coalitions de mâles à la tête des clans restent à la tête de leur clan plus longtemps que les mâles seuls. Souvent l'un d'entre eux domine les autres mais ne les empêche pas nécessairement de se reproduire.

Chez les lions asiatiques les clans sont plus petits, contenant seulement deux femelles environ avec leurs petits et subadultes, dominées par deux à trois mâles qui possèdent un territoire englobant plusieurs matrilineages et patrouillent régulièrement sans être en présence des femelles (Meena, 2008 ; Wildlife Institute of India, 2014).

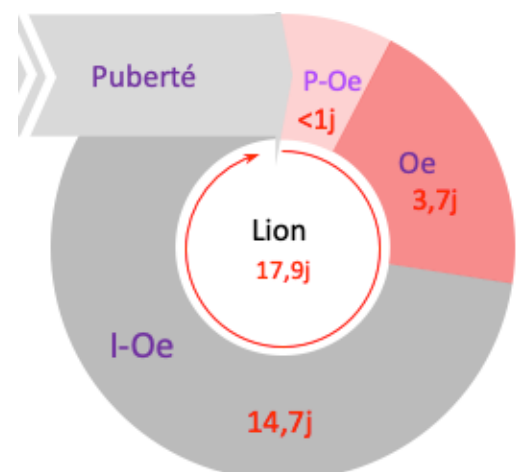
Le lion est une espèce non saisonnière dont le cycle est polyœstrien à ovulation supposée induite (Andrews *et al.*, 2019 ; AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Graham *et al.*, 1995 ; Schramm *et al.*, 1994 ; Tefera, 2003), mais pouvant présenter 19 % à 78 % d'ovulations spontanées, notamment lorsque les femelles sont logées collectivement ou à proximité d'un mâle (Callealta *et al.*, 2019 ; Putman *et al.*, 2015 ; Schmidt *et al.*, 1979 ; Schramm *et al.*, 1994).

2.2.2.2. Œstrus

Les durées d'œstrus sont très variables inter- et intra-individus (Lehmann *et al.*, 2008a ; Schaller, 1972a). Il dure en moyenne 3,7 jours [1-10] (Andrews *et al.*, 2019 ; Callealta *et al.*, 2019 ; Eaton et York, 1971 ; Lehmann *et al.*, 2008a ; Packer et Pusey, 1983b), suivi d'un interœstrus, en moyenne de 14,7 jours [7-55] (Andrews *et al.*, 2019 ; Packer et Pusey, 1983b). Le cycle œstral complet dure, en moyenne, 17,9 jours [8-56] (Andrews *et al.*, 2019 ; AZA Lion Species Survival Plan, 2012) (Figure 9).

Dans un clan, les œstrus de toutes les femelles sont souvent synchronisés (Eaton, 1978 ; Kingdon, 1977 ; Packer *et al.*, 2001 ; Schaller, 1972a). En captivité une synchronisation peut être observée dans 28 % des cas lorsque le logement est collectif (Daigle *et al.*, 2015 ; Putman *et al.*, 2015 ; Smuts *et al.*, 1978). La synchronisation concerne en moyenne 12,6 % des cycles (Lehmann *et al.*, 2008a).

Figure 9 : Cycle œstral du lion



2.2.2.3. Accouplement

Le premier accouplement s'observe à 26 mois (Rudnai, 1973). Une préférence de partenaire est observée dans la nature : lorsque plusieurs mâles lui font la cour, la lionne choisit généralement l'un d'entre eux pour la reproduction (Schaller, 1972a). Les femelles choisissent les mâles selon des traits qui indiquent un meilleur potentiel génétique, comme par exemple une crinière plus foncée. Elles ne démontrent cependant aucune préférence quant au volume de la crinière (West et Packer, 2002). Les mâles peuvent aussi démontrer une préférence de partenaire (Eaton et York, 1971 ; Kingdon, 1977).

2.2.2.3.1. Séduction et initiation

La femelle initie l'accouplement dans 55,5 % à 61 % des cas. Elle attire le mâle en l'encerclant et en se frottant à lui, n'importe quel mouvement agissant comme stimulus pour le mâle (Rudnai, 1973 ; Schaller, 1972a). Même en étant l'instigatrice, elle peut quand même refuser d'être montée (Meena, 2010 ; Schaller, 1972a).

Dans le cas d'une initiative masculine, le mâle s'approche de la femelle. Si elle est réceptive elle se met en position de lordose, sinon elle l'ignore ou le refoule (Meena, 2010 ; Rudnai, 1973 ; Schaller, 1972a).

2.2.2.3.2. Occurrence

Durant les 2-4 jours de cour (Kilian et Bothma, 2003 ; Packer et Pusey, 1983a), de multiples accouplements ont lieu (Schramm et al., 1994) toutes les 15 minutes [1-148] en moyenne (Bertram, 1975a ; Rudnai, 1973 ; Schaller, 1972a) et jusqu'à 100 fois par jour (Eaton, 1978). La fréquence diminue progressivement vers la fin de la cour (Meena, 2010).

Entre 2 % et 28 % des lionnes démontrent de l'agressivité envers leur partenaire, entre les accouplements, le mâle y répondant par l'esquive. Ce comportement des lionnes diminue avec l'âge (Rudnai, 1973).

2.2.2.3.3. Partenaires multiples

La plupart du temps, le premier mâle qui décèle une femelle en œstrus obtient le monopole sur cette femelle (Bertram, 1975a ; Meena, 2010) rarement contesté par les autres mâles (Schaller, 1972a). Le mâle et la femelle forment un « consort » (couple fusionnel) *ie* sont en étroite proximité permanente et font tout en synergie. Celui-ci est agressivement protégé par le mâle (Meena, 2010 ; Rudnai, 1973 ; Schaller, 1972a). Du fait de leur faible mobilité, 50 % des consorts se retrouvent alors isolés du clan, mais il arrive qu'un autre membre de la coalition reste à proximité (20 % à 48 % des cas) voire plusieurs autres membres mâles ou femelles (25 %) (Meena, 2010 ; Schaller, 1972a).

Si le mâle n'est pas assez vigilant, la femelle pourra s'accoupler avec d'autres mâles (deux ou plus) (Kingdon, 1977 ; Meena, 2010 ; Schaller, 1972a), parfois dans la même journée (Rudnai, 1973). Elle le fera dès la moindre occasion, dans le but de limiter les risques d'infanticides en brouillant les pistes sur la paternité (Eaton, 1978). Cependant la paternité est unique sur une portée (Gilbert et al., 1991).

Le mâle peut s'accoupler avec plusieurs femelles dans la même période (Bertram, 1975a ; Packer et Pusey, 1983b ; Schaller, 1972a) mais ce comportement est plutôt rare (2 %) (Meena, 2010).

2.2.2.3.4. *Conception*

Seulement 8 % à 25 % des accouplements aboutissent à une conception, ce qui indique une très faible fertilité (Eaton, 1978 ; Lehmann *et al.*, 2008a ; Schaller, 1972a). Ainsi, sur un instant T, seulement 45 % des lionnes d'un clan ont des petits (Schaller, 1972a).

2.2.2.3.5. *Ovulation*

L'ovulation a lieu environ 24 à 48 h après les accouplements ou injection d'hCG (Armstrong *et al.*, 2004 ; Rowlands et Sadleir, 1968).

2.2.2.4. **Gestation et parturition**

2.2.2.4.1. *Pseudogestation*

La durée de pseudogestation de la lionne est de 49,3 jours [14-65] (Andrews *et al.*, 2019 ; Callealta *et al.*, 2019), soit un demi à un tiers de la gestation (Brown, 2011 ; Graham *et al.*, 1995).

2.2.2.4.2. *Gestation*

La première conception se produit à 39,2 mois [26-76] (Druce *et al.*, 2004 ; Miller et Funston, 2014 ; Rudnai, 1973 ; Schaller, 1972a). La gestation dure 111,2 jours en moyenne [102-120] (Andrews *et al.*, 2019 ; Callealta *et al.*, 2019 ; Eaton et York, 1971 ; Sadlier, 1966).

2.2.2.4.3. *Parturition*

La femelle quitte le clan pour mettre bas (AZA Lion Species Survival Plan, 2012) et cherche un endroit isolé souvent dans un affleurement rocheux, un lit de rivière asséché, des kopje (affleurement granitique composé de nombreux rochers imposants et d'épais buissons) ou des complexes de végétation dense comme une roselière ou une épaisse termitière (Kingdon, 1977 ; Packer *et al.*, 2001 ; Packer et Pusey, 1997 ; Schaller, 1972a). Du fait de la synchronisation fréquente des chaleurs, les parturitions sont souvent simultanées dans un clan (Kingdon, 1977 ; Smuts *et al.*, 1978).

La première parturition s'effectue à l'âge de 57 à 65 mois pour 54 % des femelles et 46 à 56 mois pour les autres soit en général environ 4,5 ans (Berry *et al.*, 1997 ; Funston *et al.*, 2003). Certaines femelles pouvant être plus précoces et devenir primipares à 34 mois (Rudnai, 1973). En moyenne, la lionne met au monde 2,8 [1-6] petits (Andrews *et al.*, 2019 ; Kumar et Luna, 2004 ; Meena, 2008 ; Miller et Funston, 2014) et exceptionnellement sept en zoo (van Hooff, 1965).

En captivité, il s'ensuit un anœstrus lactationnel court, d'en moyenne $31,7 \pm 5,9$ jours [20-39] (Callealta *et al.*, 2020 ; Putman *et al.*, 2015). Dans la nature, l'aménorrhée *post-partum* dépend essentiellement de la survie de la portée et peu de la lactation. En effet, 1,4 % des chaleurs sont observées chez des femelles allaitantes (Packer et Pusey, 1983b).

2.2.2.4.4. *Intervalle inter-parturition*

L'intervalle entre deux mises-bas est dépendant de la survie de la portée et de la cause des décès éventuels. Si la portée survit jusqu'à l'indépendance, la femelle revient en chaleurs et s'accouple lorsque les petits ont entre 18 et 24 mois (Bertram, 1975b ; Meena, 2008 ; Rudnai, 1973 ; Tefera, 2003), ce qui donne un intervalle d'environ 25,7 mois [7-72] (Druce *et al.*, 2004 ; Lehmann *et al.*, 2008a ; Miller et Funston, 2014).

Si la portée décède, l'intervalle est raccourci (Miller et Funston, 2014). Les lionnes reviennent en œstrus dans les 27,7 jours [7-76] (Eaton et York, 1971 ; Meena, 2008 ; Putman *et*

al., 2015 ; Schaller, 1972a) ce qui entraîne un intervalle de 7,5 mois [3,6-16,5] en moyenne (Packer et Pusey, 1983b ; Rudnai, 1973 ; Schaller, 1972a). En cas de décès par infanticide, le délai est rallongé d'environ trois mois (Packer et Pusey, 1983b).

En captivité, jusqu'à trois portées par an peuvent être obtenues en cas de retrait des petits avant six semaines (Brand, 1963), en moyenne l'intervalle est donc plutôt de 15 mois [5-27] (Acharjyo et Mishra, 1976). Dans l'éventualité où la portée est laissée à la mère, le retour en œstrus est observable dans les cinq à huit mois *post-partum* (AZA Lion Species Survival Plan, 2012).

2.2.2.5. Post-partum

2.2.2.5.1. Développement

Les lionceaux pèsent en moyenne 1,23 kg à la naissance [0,73-1,6] (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Gehlot *et al.*, 2020) et prennent entre 71 et 122 g par jour jusqu'au sevrage (Carvalho, 1968 ; Gehlot *et al.*, 2020 ; Oftedal et Gittleman, 1989) pour atteindre, en moyenne, 189 kg [150-260] (Orford *et al.*, 1988 ; Smuts, 1982 ; 1980, 1978), à 30-36 mois pour les mâles (Heinsohn *et al.*, 1996) et 125 kg [110-168] pour les femelles (Hunter, 2015 ; Orford *et al.*, 1988 ; 1980, 1978). Les mâles sont habituellement 50 % plus lourds que les femelles (1980, 1978).

Les yeux s'ouvrent entre 0 et 15 jours (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Carvalho, 1968). La touffe de poil au bout de la queue se développe entre cinq et sept mois (Schaller, 1972a) et la crinière des mâles ne se forme qu'entre 6 et 11 mois (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Heptner et Sludskii, 1992). Pendant les deux premières semaines de vie, la mère déplace souvent ses lionceaux. Les premiers déplacements autonomes peuvent être observés dès trois semaines (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Schaller, 1972a).

2.2.2.5.2. Socialité

Le retour dans le clan s'effectue à 53 jours en moyenne [43-74] (Lehmann *et al.*, 2008a ; Packer et Pusey, 1983a, 1997) et seulement si ce dernier ne contient pas de lionceaux âgés de trois mois de plus (Rudnai, 1973).

Les lionceaux de toutes les lionnes sont alors regroupés pour former une crèche et toutes les mères sont en association constante dans toutes leurs activités (allaitement, chasse...), pendant un an et demi (Orsdol *et al.*, 1985 ; Packer et Pusey, 1997 ; Pusey et Packer, 1994 ; Schaller, 1972a). Usuellement les crèches sont constituées de 2,7 [2-4] femelles allaitantes et de leurs portées de 2,9 lionceaux [1-4], soit 5,5 [2-12] lionceaux en tout (Pusey et Packer, 1994). Dans les grands clans, elles peuvent comporter jusqu'à cinq mères (69 %) (Packer *et al.*, 1990), mais plus la crèche est grande plus les lionceaux vont être en compétition avec leurs aînés et plus leur mortalité est élevée (Bertram, 1975a). C'est pourquoi, la différence d'âge maximale moyenne observée dans une crèche est de 51 jours [0-150] (Pusey et Packer, 1994).

2.2.2.5.3. Allaitement

L'allaitement exclusif dure jusqu'à huit semaines, âge auquel les lionceaux commencent à consommer de la viande (Kingdon, 1977 ; Oftedal et Gittleman, 1989 ; Schaller, 1972a). Ils sont sevrés à huit mois mais peuvent continuer à téter occasionnellement jusqu'à 12 ou 15 mois (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Rudnai, 1973 ; Schaller, 1972a). La lactation commence à

diminuer entre le 5^e et le 7^e mois des petits (Schaller, 1972a) pour s'arrêter à huit ou neuf mois (Smuts et al., 1978). Le lait est riche en matières grasses (De Waal et al., 2004).

Dans les crèches, l'allaitement est commun, mais les lionnes privilégient tout de même leur progéniture et ne dédient que 30 % de leur allaitement total à d'autres lionceaux, sauf si tous les membres sont étroitement apparentés (1^{er} degré). Dans ce cas, aucune discrimination n'aura lieu (Pusey et Packer, 1994). Le temps alloué à l'allaitement des autres lionceaux est inversement proportionnel au nombre de petits que possède une lionne (Packer et Pusey, 1997 ; Pusey et Packer, 1994). Parfois, les mères n'ayant qu'un seul petit survivant avant trois mois, l'abandonnent aux autres femelles de la crèche (Rudnai, 1973). Il n'y aurait pas de réel avantage à ce système en ce qui concerne la quantité de lait ingérée, mais cela pourrait conférer un atout numérique pour la défense des portées, notamment contre les infanticides par les mâles (Pusey et Packer, 1994).

2.2.2.5.4. *Indépendance et dispersion*

Mâles et femelles sont indépendants à environ deux ans (Packer et Pusey, 1997), cependant leur destin est différent.

Une partie des femelles (60 à 70 %) quittent le clan vers $33 \pm 5,6$ mois [21-42] (Hanby et Bygott, 1987 ; Pusey et Packer, 1987 ; Schaller, 1972a), les autres y restent à vie (Smuts et al., 1978). Celles qui ne sont pas incorporées au clan en forment un nouveau avec d'autres membres de leur clan de naissance ou émigrent. Si émigration il y a, elle se fait principalement avant quatre ans (Pusey et Packer, 1987). Les femelles qui émigrent (souvent à cause de l'agressivité de leurs congénères ou bien pour éviter un clan trop peuplé) souffrent, soit d'une première reproduction retardée, soit d'une mortalité plus élevée. Parfois l'émigration est temporaire, le temps d'acquérir la maturité sexuelle ou afin d'éviter de s'accoupler avec leur père. Elles rejoignent alors le clan au changement de dirigeant (Pusey et Packer, 1987).

Les mâles, eux, se font expulser entre 27 et 36 mois (Smuts et al., 1978), au plus tard à 49 mois et entre 43 et 69 % d'entre eux quittent leur région natale (Pusey et Packer, 1987), à $36 \pm 11,2$ mois [20-65] en moyenne (Funston *et al.*, 2003 ; Hanby et Bygott, 1987). Ceux qui restent deviennent nomades jusqu'à ce qu'ils parviennent à prendre possession d'un clan, parfois immédiatement pour certains. Les mâles nomades solitaires se regroupent souvent pour former des coalitions (Pusey et Packer, 1987).

2.2.2.5.5. *Maturité sexuelle*

Les mâles lions atteignent leur puberté à un an, et leur maturité sexuelle vers 30 mois [26-34] (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Eaton, 1978 ; Lehmann *et al.*, 2008a ; Wildt *et al.*, 1998). Cependant la première conception n'a lieu que lorsqu'ils ont pris le pouvoir d'un clan, soit en moyenne à $45 \pm 12,6$ mois [23-82] (Funston *et al.*, 2003 ; Miller et Funston, 2014). La période de reproduction correspond au temps de maintien au pouvoir soit $50 \pm 34,3$ mois [4-132] en moyenne (Miller et Funston, 2014), mais les mâles restent fertiles jusqu'à plus de 16 ans (Smuts *et al.*, 1978 ; Wildlife Institute of India, 2014).

Les lionnes atteignent leur puberté vers 13,2 à 18 mois (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Putman *et al.*, 2015) et leur maturité sexuelle vers deux à trois ans (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Schaller, 1972a ; Wildt *et al.*, 1998). La fertilité commence à décliner à partir de 9 à 11 ans pour atteindre la sénescence à 14 ou 15 ans en moyenne (Packer *et al.*, 1998 ;

Putman *et al.*, 2015 ; Wildlife Institute of India, 2014). Cela donne une période de reproduction de 12 ans environ (Orsdol *et al.*, 1985).

2.2.2.5.6. Mortalité

De manière générale la mortalité des lionceaux varie grandement en fonction de leurs conditions de vie. La part de mortalité avant deux mois s'avère très difficile à déterminer car les lionceaux sont difficilement observables (Meena, 2008). Durant leurs six premiers mois, elle peut aller de l'ordre de 9 % à Nairobi (Rudnai, 1973) à 47 % au Serengeti (Bertram, 1975b). Les petits ont plus de chances de survie si d'autres portées sont nées en même temps (± 1 mois) dans les clans et en l'absence de petits plus âgés de 7 à 12 mois (Bertram, 1975b).

Sur l'ensemble de leur première année, elle varie de 8,5 % dans le cœur d'une réserve protégée (Loveridge *et al.*, 2010a) à 66 % au Serengeti (Packer *et al.*, 1988), avec une moyenne, toutes localités confondues de 34 % (Berry *et al.*, 1997 ; Funston *et al.*, 2003 ; Meena, 2008 ; Miller et Funston, 2014 ; Orsdol *et al.*, 1985 ; Rudnai, 1973). La cause principale de mortalité est l'infanticide, principalement par une nouvelle coalition de mâles prenant soudainement le pouvoir (Bertram, 1975b ; Hanby et Bygott, 1987 ; Packer et Pusey, 1997) malgré la défense des femelles (Packer et Pusey, 1983a). Il représente 27 % des décès chez les lionceaux de moins d'un an (Packer *et al.*, 1988). Les autres causes sont le rejet maternel, les maladies, la famine, les aléas climatiques (inondation, incendie ...) et les accidents (Meena, 2008 ; Miller et Funston, 2014 ; Schaller, 1972a).

À 18 mois, elle varie de 25,5 % à Nairobi (Rudnai, 1973) à 87,5 % au Kalahari (Eloff, 1980) avec une moyenne de 35 % toutes localités confondues (Orsdol *et al.*, 1985 ; Schaller, 1972a).

À 24 mois, une mortalité cumulée de 54 % toutes localités confondues est atteinte (Bertram, 1975b ; Hunter, 1998 ; Loveridge *et al.*, 2010a ; Meena, 2008 ; Orsdol *et al.*, 1985 ; Rudnai, 1973), variant de 12 % dans la réserve de Karongwe (Lehmann *et al.*, 2008a) à 90 % dans les plaines du Serengeti (Schaller, 1972a). De manière générale la mortalité est nettement réduite après le cap d'un an.

2.3. La panthère des neiges (*Panthera uncia*)

2.3.1. Taxonomie et écologie générale

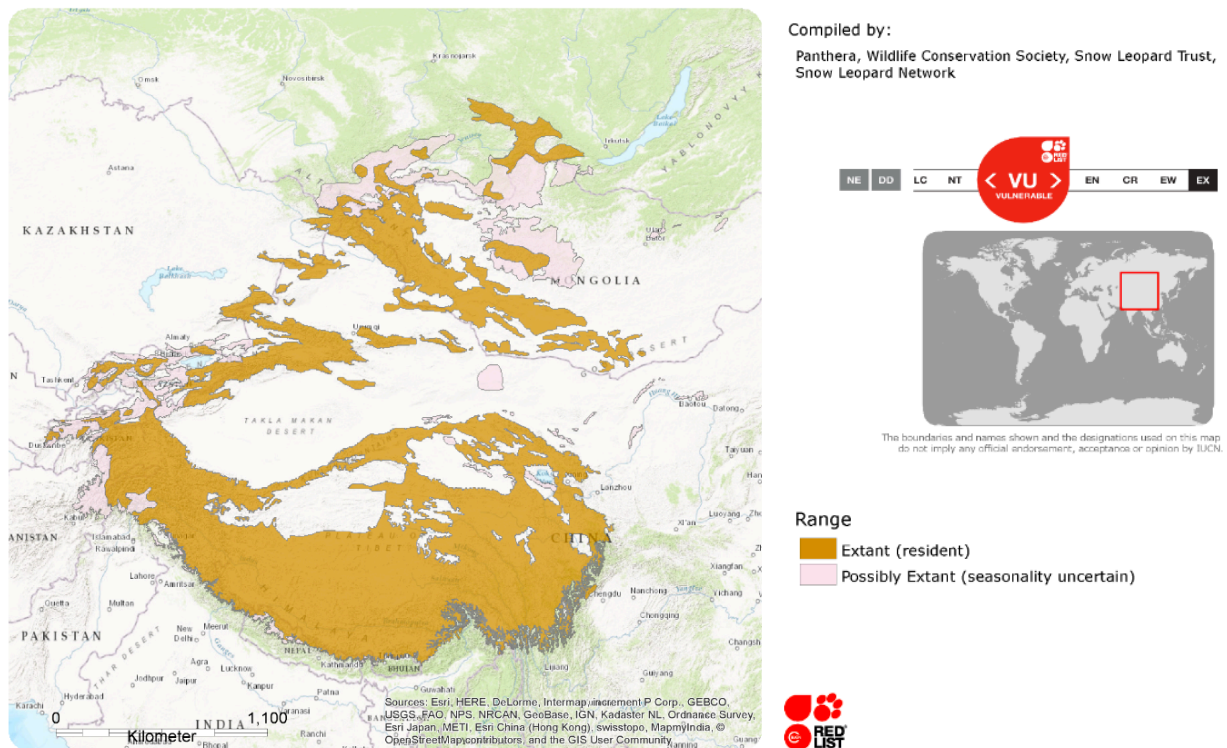
Il est particulièrement difficile d'avoir une estimation de la taille exacte de la population mondiale de panthères des neiges car cette espèce est de nature discrète, avec une répartition sporadique, une densité faible (territoire estimé à 2,8 millions de km²), et elle vit dans des montagnes reculées (de 500 à 5800m d'altitude) en Asie centrale. L'estimation la plus précise et la plus récente est de 7446 à 7996 individus dont 2710 à 3386 adultes matures (McCarthy *et al.*, 2017) (Figure 10).

Une diminution de 10 % dans les trois générations à venir (22,62 ans) est estimée, compte tenu de l'augmentation de menaces (McCarthy *et al.*, 2017) classées principalement en trois catégories : 1. Dégradation de l'habitat et déplétion des proies (maladies, chasse et compétition alimentaire avec le bétail) ; 2. Attaques sur le bétail et abattage préventif ou en représailles ; 3. Commerce illégal de fourrure (66-78 %), d'os (pour la médecine traditionnelle et les cérémonies) et d'autres parties (viande, dents, griffes...) (Maheshwari et Meibom, 2016 ; McCarthy *et al.*, 2017 ; Nowell *et al.*, 2016).

De nouvelles menaces émergent également comme le changement climatique, l'exploitation minière, les infrastructures à grande échelle (complexes sportifs et/ou touristiques) et les barrières créées par les infrastructures linéaires (routes ou voies ferrées, clôtures, pipelines, lignes électriques et téléphoniques, canaux, fossés d'irrigation...) (Farrington et Li, 2016 ; McCarthy *et al.*, 2016 ; Nowell *et al.*, 2016).

Cette espèce est désormais classée comme « vulnérable » depuis 2016 dans la liste rouge de l'IUCN (McCarthy *et al.*, 2017) et est dans l'Appendix I du CITES depuis 1975 (CITES, 2023 ; Marker, 2015), ce qui implique que le commerce des panthères des neiges ou de leurs dérivés (fourrure, dents...) est interdit.

Figure 10 : Carte de distribution de la panthère des neiges (McCarthy *et al.*, 2017)



2.3.2. Écologie de reproduction

2.3.2.1. Comportement

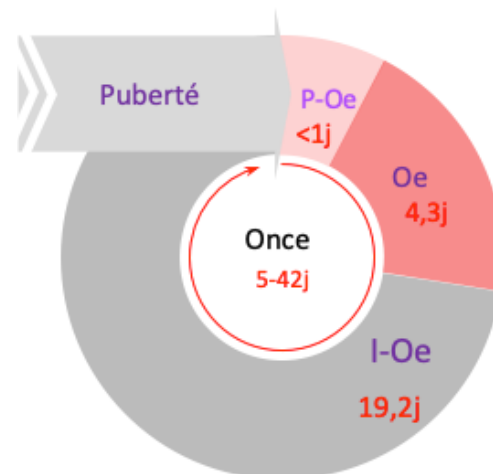
Les panthères des neiges (onces) sont territoriales sur leurs congénères de même sexe (Eaton, 1978). Ce sont des animaux solitaires, mâles et femelles ne se côtoyant que pendant la saison de reproduction (Eaton, 1978 ; Hampson et Schwitzer, 2016 ; Jackson et Ahlborn, 1984 ; Kinoshita *et al.*, 2011a ; Koivisto *et al.*, 1977 ; McCarthy et Chapron, 2003). C'est une espèce fortement saisonnière dont le cycle est polyœstrien (Andrews *et al.*, 2019 ; Kinoshita *et al.*, 2009 ; Schmidt *et al.*, 1993), à ovulation induite (Graham *et al.*, 1995 ; Kinoshita *et al.*, 2009 ; Reichert-Stewart *et al.*, 2014). Les ovulations spontanées seraient rares à inexistantes (Andrews *et al.*, 2019 ; Brown, 2011 ; Schmidt *et al.*, 1993).

2.3.2.2. Œstrus

Les couples les plus actifs durant l'œstrus sont plus souvent à l'origine d'un accouplement réussi (Freeman, 1983).

Les durées d'œstrus rapportées sont très variables selon les études mais toutes s'accordent pour dire qu'il dure en moyenne 4,3 jours [1-19 jours] (Andrews *et al.*, 2019 ; Kinoshita *et al.*, 2009 ; Rai et Jha, 2013 ; Wharton et Mainka, 1997), suivi d'un interœstrus de 19,2 jours [6-41] (Andrews *et al.*, 2019 ; Freeman, 1975 ; Kitchener *et al.*, 1975 ; Rieger, 1984). Le cycle œstral complet dure 14,3 jours en moyenne [5-42] (Andrews *et al.*, 2019 ; Wildt *et al.*, 1998) (Figure 11). Que la femelle devienne gestante ou non la durée d'œstrus est identique (Rieger, 1984).

Figure 11 : Cycle œstral de la panthère des neiges



2.3.2.3. Accouplement

Le plus souvent c'est le mâle qui initie l'accouplement en s'approchant de la femelle. Celle-ci se met alors en position de lordose avec la queue arquée sur le côté (Freeman, 1983 ; Lanier et Dewsbury, 1976). Lorsque l'initiation est effectuée par la femelle, elle tourne autour du mâle en se frottant contre lui avant de se tapir devant lui (Schaller, 1977).

Durant les 6,3 jours de cour [1-10] (Freeman, 1983 ; Kinoshita *et al.*, 2011a ; Koivisto *et al.*, 1977 ; Rai et Jha, 2013 ; Schaller, 1977), de nombreux accouplements ont lieu, toutes les 11,6 ± 5,8 minutes en moyenne (Koivisto *et al.*, 1977 ; Lanier et Dewsbury, 1976), jusqu'à 22 rapports par jours (Eaton, 1978 ; Marma et Yunchis, 1968 ; Schaller, 1977). Le taux de copulation est bas par rapport aux autres espèces (Eaton, 1978). En moyenne 4 % des accouplements ne sont pas complets, c'est-à-dire ne vont pas jusqu'à l'intromission (Lanier et Dewsbury, 1976).

Le mâle s'accouple avec plusieurs femelles habitant dans son territoire (Eaton, 1978). Il n'existe aucune évidence de monopolisation des femelles par les mâles, ou d'essais de conservation d'un accès exclusif aux femelles (Johansson *et al.*, 2018). Les accouplements aboutissent à une conception dans 50 % des cas (Eaton, 1978).

2.3.2.4. Gestation et parturition

2.3.2.4.1. Pseudogestation

La durée de pseudogestation de la panthère des neiges est de 47,8 jours en moyenne [11-72] (Andrews *et al.*, 2019), soit un tiers à un demi de la gestation (Brown, 2011).

2.3.2.4.2. Gestation

La gestation dure 93,8 jours en moyenne [90-127] (Kitchener *et al.*, 1975 ; Srivastav *et al.*, 2009 ; Fox et Chundawat, 2016 ; Andrews *et al.*, 2019 ; Central Zoo Authority, 2022).

2.3.2.4.3. Parturition

La femelle cherche une grotte ou une crevasse parmi un monticule de rochers, surplombée par une falaise, isolée et très difficilement accessible (Heptner et Sludskii, 1992 ; Nowell et Jackson,

1996 ; Rai et Jha, 2013), mais à proximité d'un site riche en proies (Jackson, 1996 ; Jackson et Ahlborn, 1984).

La première mise-bas s'effectue très probablement après l'âge de trois ou quatre ans (Blomqvist, 2008 ; Johansson et al., 2021). En moyenne, elle met au monde deux petits, les portées pouvant aller de un à cinq petits (Blomqvist, 2008 ; Mr. A.K. Jha, IFS, 2013 ; Hampson et Schwitzer, 2016 ; Wildlife Institute of India, 2018 ; Andrews et al., 2019 ; Central Zoo Authority, 2022), exceptionnellement sept en captivité (Snow Leopard Network, 2014).

La durée de parturition dépend du nombre de petits. Il s'écoule en moyenne 2h entre chacun d'entre eux, avec une très grande variabilité (intervalles de 14mn à 4h30). La parturition a souvent lieu la nuit ou tôt le matin (Marma et Yunchis, 1968 ; O'Connor et Freeman, 1982 ; Rai et Jha, 2013 ; Schaller, 1977). Durant le travail la femelle reste tout d'abord allongée presque immobile, puis les contractions commencent et sont à l'origine d'une tachypnée. La femelle fait du « pacing » en rond, halète, se lèche, ne semble pas à l'aise et change fréquemment de position. Environ quatre minutes *post-partum*, la mère fait la toilette de ses petits et coupe le cordon 8 à 12 minutes *post-partum*. Elle enroule son corps autour d'eux pour les faire téter au bout d'1h environ (O'Connor et Freeman, 1982 ; Rai et Jha, 2013).

2.3.2.4.4. *Intervalle inter-parturition*

Les femelles recommencent à s'accoupler lorsque les petits ont 20 à 22 mois (Johansson et al., 2021), ce qui donne un intervalle entre deux mises-bas de deux ans minimum dans la nature (Jackson, 1996 ; Rieger, 1982), alors qu'en captivité il est plutôt d'un an du fait du retrait des petits après le sevrage (Koivisto et al., 1977 ; Rieger, 1982), voire moins si le retrait est effectué dès la naissance (Kitchener et al., 1975).

Un œstrus *post-partum* survient 17 à 23 jours après la parturition. Il sera infertile si la portée a survécu, mais fertile, en captivité, si cette dernière décède ou est retirée à la mère immédiatement (Kitchener et al., 1975). Dans la nature, les femelles reviennent rarement en œstrus même si leur portée décède, du fait de la saisonnalité de la reproduction (Rai et Jha, 2013).

2.3.2.5. *Post-partum*

2.3.2.5.1. *Développement*

Les petits pèsent en moyenne 300 à 700g à la naissance, avec un taux de croissance de 48g/j jusqu'au sevrage (Heptner et Sludskii, 1992 ; Kitchener *et al.*, 1975 ; O'Connor et Freeman, 1982 ; Rai et Jha, 2013) pour atteindre, en moyenne, 37,3 kg [35-42] pour les femelles et 42,7 kg [30-55] pour les mâles (Jackson *et al.*, 2010 ; Johansson *et al.*, 2015, 2013 ; McCarthy *et al.*, 2005), soit un dimorphisme sexuel de 20 % environ (Johansson *et al.*, 2018, 2015).

Ils ouvrent les yeux entre 5 à 10 jours post-naissance et commencent à entendre à partir de 11 jours (Jones, 1973 ; Marma et Yunchis, 1968 ; O'Connor et Freeman, 1982 ; Rai et Jha, 2013).

2.3.2.5.2. *Allaitement et sevrage*

Pendant les cinq premières semaines *post-partum* la mère passe 80 % de son temps auprès des petits, les toilettant et les allaitant en décubitus latéral (56 % à 90 %). À partir de la 5^e semaine elle réduit progressivement sa présence à seulement 54 % de son temps (Jackson, 1996 ; Koivisto *et*

al., 1977 ; O'Connor et Freeman, 1982). À partir de la 8^e semaine, le temps octroyé à l'allaitement a diminué de 66 %, mais celui alloué à la toilette reste constant (O'Connor et Freeman, 1982).

Les petits rampent à deux semaines et sortent de la tanière entre quatre et six semaines (Jackson et Ahlborn, 1984 ; Koivisto *et al.*, 1977 ; O'Connor et Freeman, 1982 ; Rai et Jha, 2013). La femelle et ses petits changent de lieu de repos tous les jours, au plus tard à partir de 5,5 mois (Jackson, 1996). Les premiers comportements de jeu s'observent à quatre ou cinq semaines et l'apprentissage de la chasse commence à partir de six à huit mois (O'Connor et Freeman, 1982 ; Rai et Jha, 2013 ; Sunquist et Sunquist, 2002).

À partir de sept semaines, les petits passent nettement moins de temps à s'allaiter, car ils commencent à manger de la viande à partir de cinq à huit semaines (Koivisto *et al.*, 1977 ; McVittie, 1978 ; O'Connor et Freeman, 1982 ; Jackson et Ahlborn, 1984 ; Mr. A.K. Jha, IFS, 2013). Ils sont sevrés vers deux à trois mois, mais peuvent téter occasionnellement jusqu'à la fin de la lactation (Jones, 1973 ; Rai et Jha, 2013).

2.3.2.5.3. *Indépendance et dispersion*

Les petits restent avec leur mère jusqu'à 21 ± 1 mois [18-22] (Jackson, 1996 ; Johansson *et al.*, 2021 ; Srivastav *et al.*, 2009) afin de bénéficier de sa protection et d'améliorer leurs aptitudes de chasse (Hampson et Schwitzer, 2016). La dispersion des mâles s'effectue à 23 ± 1 mois, alors que les femelles sont toujours dans leur région natale à 33 ± 1 mois (Johansson *et al.*, 2021). Les frères et sœurs peuvent rester ensemble brièvement après l'indépendance (Snow Leopard Network, 2014).

2.3.2.5.4. *Maturité sexuelle*

Les mâles atteignent leur maturité sexuelle vers 24 à 30 mois (Heptner et Sludskii, 1992 ; Nowell et Jackson, 1996 ; Theile, 2003 ; Wharton et Mainka, 1997), mais ne produisent une portée que vers quatre ans (Sunquist et Sunquist, 2002). La fécondité augmente progressivement avec l'âge pour atteindre son maximum à huit ans, puis diminue. Les mâles ne se reproduisent plus à partir d'environ 12 ans, hormis quelques cas particuliers (19 ans en captivité) (Blomqvist, 2008).

Les femelles atteignent leur maturité sexuelle vers deux à trois ans (Heptner et Sludskii, 1992 ; Koivisto *et al.*, 1977 ; McCarthy *et al.*, 2017 ; Rai et Jha, 2013 ; Theile, 2003). En captivité, la fécondité augmente progressivement avec l'âge pour atteindre son maximum à six ans, puis diminue jusqu'à ce que la productivité soit affectée à partir de 11 ans (Blomqvist, 2008 ; Wildlife Institute of India, 2015). En moyenne, la période de reproduction s'étend de 3 à 12 ans (Blomqvist, 2008) et la cyclicité s'arrête à environ 15 ans (Nowell et Jackson, 1996 ; Rai et Jha, 2013 ; Reichert-Stewart *et al.*, 2014).

2.3.2.5.5. *Mortalité*

Le taux de mortalité dans la nature est inconnu. Chez les jeunes de moins de 24 mois, les causes sont principalement anthropiques, mais la malnutrition, les abandons, les maladies (rage entre autres) et la prédation (loups gris, ours bruns) font aussi partie des facteurs de mortalité (Heptner et Sludskii, 1992 ; Hunter, 2015 ; Jackson, 1996). Aucun cas d'infanticide n'a été rapporté chez cette espèce (Lukas et Huchard, 2014).

2.4. Le jaguar (*Panthera onca*)

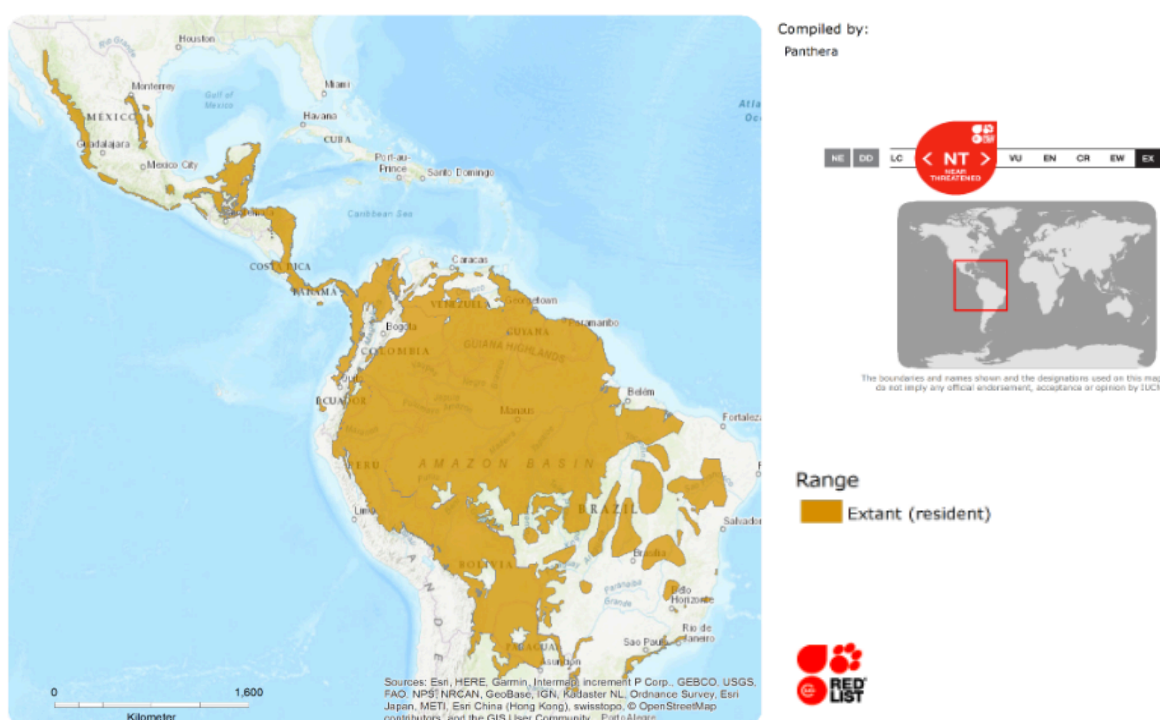
2.4.1. Taxonomie et écologie générale

La population mondiale compte environ 64000 individus dont 89 % appartiennent à une seule sous-population (Amazonie) parmi les 34 définies (De La Torre et al., 2018). La connexion entre les sous-populations se perd de plus en plus à l'échelle locale comme régionale, impactant ainsi la diversité génétique. Bien que très nombreuse, la population actuelle de jaguars est en déclin avec une diminution estimée durant les 21 dernières années de 20 à 25 % d'individus matures (Quigley et al., 2017) (Figure 12).

Les conflits avec le bétail et le braconnage à des fins commerciales sur le marché noir sont également des menaces sérieuses à la survie. Les jaguars n'occupent aujourd'hui plus que 51 % de leur aire de distribution historique (Quigley et al., 2017) divisée en 48 zones séparées (Sanderson et al., 2002).

Ces derniers sont classés comme « Quasi menacés » depuis 2016 dans la liste rouge de l'IUCN mais rempliront sûrement les conditions pour être classés « vulnérables » dans un futur proche (Quigley et al., 2017) car 97 % des sous-populations remplissent déjà les critères pour être classées « en danger » (23,5 %) ou « en danger critique d'extinction » (73,5 %) (De La Torre et al., 2018). Ils sont dans l'Appendix I du CITES depuis 1975 (CITES, 2023), ce qui implique que le commerce des jaguars ou de leurs dérivés (fourrures, dents...) est interdit.

Figure 12 : Carte de distribution du jaguar (Quigley et al., 2017)



2.4.2. Écologie de reproduction

2.4.2.1. Comportement

Les jaguars sont des animaux solitaires, les mâles et les femelles se séparent après l'accouplement (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Biddle, 2022 ; Jorge-Neto *et al.*, 2018). De manière générale l'activité folliculaire n'est pas saisonnière (Andrews *et al.*, 2019 ; Barnes *et al.*, 2016 ; Cavalcanti et Gese, 2009 ; Leuchtenberger *et al.*, 2009) mais, dans les régions avec des différences de climat marquées suivant la saison, une certaine saisonnalité peut être observée (Leopold, 1972 ; Rabinowitz, 2000 ; Seymour, 1989).

Le cycle est polyœstrien à ovulation induite (Wildt *et al.*, 1979 ; Leuchtenberger *et al.*, 2009 ; Barnes *et al.*, 2016 ; Andrews *et al.*, 2019). Les ovulations spontanées étaient considérées comme inexistantes (Wildt *et al.*, 1979), mais de nouvelles études ont mis en évidence leur existence occasionnelle (Barnes *et al.*, 2016 ; Jimenez Gonzalez *et al.*, 2017).

2.4.2.2. Œstrus

La durée moyenne d'œstrus est de 6,8 jours [5-17] (Barnes *et al.*, 2016 ; Jorge-Neto *et al.*, 2018 ; Viau *et al.*, 2020 ; Wildt *et al.*, 1979), complétée d'un interœstrus de 33,8 jours en moyenne [14-69] (Andrews *et al.*, 2019 ; Jorge-Neto *et al.*, 2018 ; Stehlik, 1971 ; Viau *et al.*, 2020), ce qui donne une durée moyenne du cycle œstral de 47,1 jours [25-76] (Andrews *et al.*, 2019 ; Sadlier, 1966 ; Viau *et al.*, 2020 ; Wildt *et al.*, 1979) (Figure 13). Les chaleurs d'une femelle induisent les chaleurs des autres femelles en contact tactile, visuel, olfactif et potentiellement auditif (Eaton, 1978).

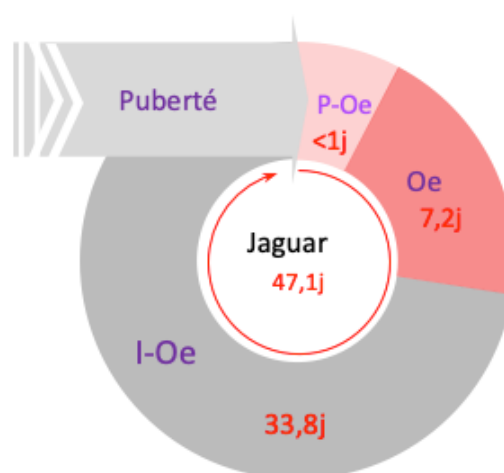
2.4.2.3. Accouplement

C'est le mâle qui initie l'accouplement en s'approchant de la femelle avec parfois (33 %) une vocalisation de la part de celle-ci en amont (Lanier et Dewsbury, 1976). Elle va d'abord le repousser plusieurs fois à coup de pattes pour évaluer son potentiel reproducteur et sa persévérance (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016), puis, une fois l'évaluation terminée, se mettre en position de lordose avec la queue arquée sur le côté (Jorge-Neto *et al.*, 2018 ; Lanier et Dewsbury, 1976).

Durant les deux à cinq jours de cour (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Stehlik, 1971), de multiples accouplements ont lieu, toutes les 55 minutes en moyenne (Lanier et Dewsbury, 1976), jusqu'à 100 rapports par jour (Eaton, 1978). Ceux-ci sont beaucoup plus fréquents (jusqu'à trois fois en une minute) s'ils sont mis en contact pendant une courte durée (quelques heures) (Stehlik, 1971).

En moyenne 3,8 % des accouplements ne sont pas complets, c'est-à-dire ne vont pas jusqu'à l'intromission (Lanier et Dewsbury, 1976). Mâles et femelles s'accouplent avec plusieurs partenaires (Cavalcanti et Gese, 2009 ; Eaton, 1978) Les combats pour une femelle sont rares,

Figure 13 : Cycle œstral du jaguar



mais adviennent parfois (Law, 2003). Les accouplements ne sont réussis que dans 58 % des cas (Jorge-Neto et al., 2018).

2.4.2.4. Gestation et parturition

2.4.2.4.1. Pseudogestation

La durée de pseudogestation du jaguar est de 29,6 jours en moyenne [14-67] (Andrews *et al.*, 2019) soit un tiers à la moitié de la gestation (Brown, 2011).

2.4.2.4.2. Gestation

La gestation dure 104 jours en moyenne [93-111] (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Barnes *et al.*, 2016 ; Chardonnet *et al.*, 2000 ; Dehnhard *et al.*, 2012 ; Stehlik, 1971). La femelle présente une augmentation marquée du tour de taille à partir du 3^e mois de gestation (Stehlik, 1971).

2.4.2.4.3. Parturition

La femelle cherche un abri isolé pouvant être une grotte, un complexe de végétation dense, une cavité sous un arbre en partie déraciné ou parmi des rochers (Guggisberg, 1975 ; Quigley et Crawshaw JR., 2002 ; Sunquist et Sunquist, 2002). La première mise-bas s'effectue à l'âge de 3-3,5 ans dans la nature (Hunter, 2015) et deux ans en zoo (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016).

En captivité, en moyenne, la femelle met au monde 1,6 petits, les portées pouvant aller de un à quatre petits, avec 45,3 % de petit unique (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Barnes *et al.*, 2016 ; Biddle, 2022 ; Wielebnowski, 1996). Environ 3h s'écoulent entre deux petits (Selvam *et al.*, 2005).

En milieu naturel, un pic de naissance est observé au moment de la plus grande disponibilité en proies (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Marismas Nacionales Nayarit, 2013 ; Rabinowitz, 2000). Les portées comportent en général un seul petit, mais peu d'études existent et l'échantillon est extrêmement faible (Carrillo *et al.*, 2009)

2.4.2.4.4. Intervalle inter-parturition

Les femelles reviennent en œstrus 15 jours *post-partum* (Barnes *et al.*, 2016) mais ne sont pas fertiles, et l'intervalle entre deux mises-bas est de 22 à 24 mois dans la nature, en cas de survie de la portée (Carrillo *et al.*, 2009 ; Quigley et Crawshaw JR., 2002). Elles peuvent s'associer à nouveau avec un mâle avant que les petits ne se soient dispersés (Cavalcanti et Gese, 2009). En cas de décès prématuré, l'intervalle inter-parturition est raccourci à environ six mois (Leal, 1979).

2.4.2.5. Post-partum

2.4.2.5.1. Développement

Les petits jaguars pèsent en moyenne 700 à 900 g à la naissance (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Hunt, 1967 ; Mohapatra *et al.*, 2019 ; Stehlik, 1971), puis ont un taux de croissance de 48 g/jour jusqu'au sevrage (Ofstedal et Gittleman, 1989) pour atteindre à 1,3 ans (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016) leur poids adulte de 65,7 kg [31-85] pour les femelles et de 91,4 kg [37-119] pour les mâles dont certains pèsent exceptionnellement 158 kg (Carrillo *et al.*, 2009 ; Emmons, 1987 ; Hoogesteijn et Mondolf, 1996 ; Schaller et Vasconcelos, 1978 ; Soares *et al.*, 2006). Il existe de grandes disparités selon les populations, les plus petits jaguars se trouvant en

Amérique Centrale et les plus gros en Colombie et au Brésil (Hoogesteijn et Mondolf, 1996). Les femelles sont en général 10 à 20 % moins grosses que les mâles (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Jedrzejewski *et al.*, 2011 ; Seymour, 1989).

Dans la nature, pendant les sept premières semaines de vie, la mère réduit drastiquement son territoire (Carrillo *et al.*, 2009 ; Cavalcanti et Gese, 2009 ; Quigley et Crawshaw JR., 2002). Les petits ouvrent les yeux dans les 1 à 13 jours post naissance (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Hunt, 1967) mais peuvent naître avec les yeux ouverts (Stehlik, 1971). Ils commencent à suivre la mère à partir de 1,5 à 2 mois (Seymour, 1989). En captivité, la mère commence à les sortir du nid à partir de 15 jours, et ils sortent seuls pour jouer ensemble et mordiller ce qu'ils trouvent au bout de 35 jours (Stehlik, 1971).

2.4.2.5.2. *Allaitement et sevrage*

L'allaitement exclusif dure jusqu'à 75 jours (= 2,5 mois), âge auquel les petits commencent à manger de la nourriture solide (Ofstedal et Gittleman, 1989 ; Soares *et al.*, 2006 ; Stehlik, 1971). Jusqu'au sevrage la mère mange les fèces de ses petits (Stehlik, 1971). Ils sont totalement sevrés à 157 jours, soit cinq mois (Soares *et al.*, 2006 ; Stehlik, 1971), et sont capables de chasser indépendamment entre 15 et 18 mois (Leopold, 1972 ; Quigley et Crawshaw JR., 2002).

2.4.2.5.3. *Indépendance et dispersion*

Les petits restent avec leur mère jusqu'à 16 à 24 mois (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Crawshaw JR., 1995). Ensuite, les fratries peuvent rester ensemble quelques mois avant d'établir leur territoire (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Law, 2003). Les mâles se dispersent quatre à huit semaines après tandis que les femelles ont tendance à rester groupées sur la même zone et lorsqu'elles se dispersent, elles le font sur une moins grande distance (Bernal-Escobar *et al.*, 2015 ; Crawshaw JR., 1995 ; Quigley et Crawshaw JR., 2002).

2.4.2.5.4. *Maturité sexuelle*

Les mâles atteignent leur maturité sexuelle entre deux et trois ans (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Leal, 1979 ; Spindler et Johnson, 2003), mais ne produisent une portée que lorsqu'ils ont acquis un territoire, soit pas avant trois à quatre ans (Hunter, 2015). Les mâles ne se reproduisent plus à partir de 21,1 ans (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016).

Les femelles commencent leur puberté vers 10 à 20 mois (Spindler et Johnson, 2003) et sont sexuellement matures vers 22 à 36 mois (Chardonnet *et al.*, 2000 ; Viau *et al.*, 2020 ; Wildt *et al.*, 1979). Elles peuvent se reproduire jusqu'à 20,5 ans en zoo (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016).

2.4.2.5.5. *Mortalité*

Pendant sa première année de vie, un jaguar a 25 % de chances de périr contre 20 % durant sa 2^e année (Miller et Funston, 2014). Les causes sont principalement la prédation (crocodiles ou serpents), ainsi que les infanticides (parfois suivis de cannibalisme) effectués par les mâles ou les femelles (Cuauhtémoc Chávez Tovar, 2005 ; Lukas et Huchard, 2014 ; Seymour, 1989 ; Soares *et al.*, 2006). Il arrive aussi qu'un petit de la portée accapare toute la production lactée de la mère et conduise ainsi ses frères et sœurs au trépas par famine. La part exacte des maladies dans la mortalité est peu connue (Cuauhtémoc Chávez Tovar, 2005).

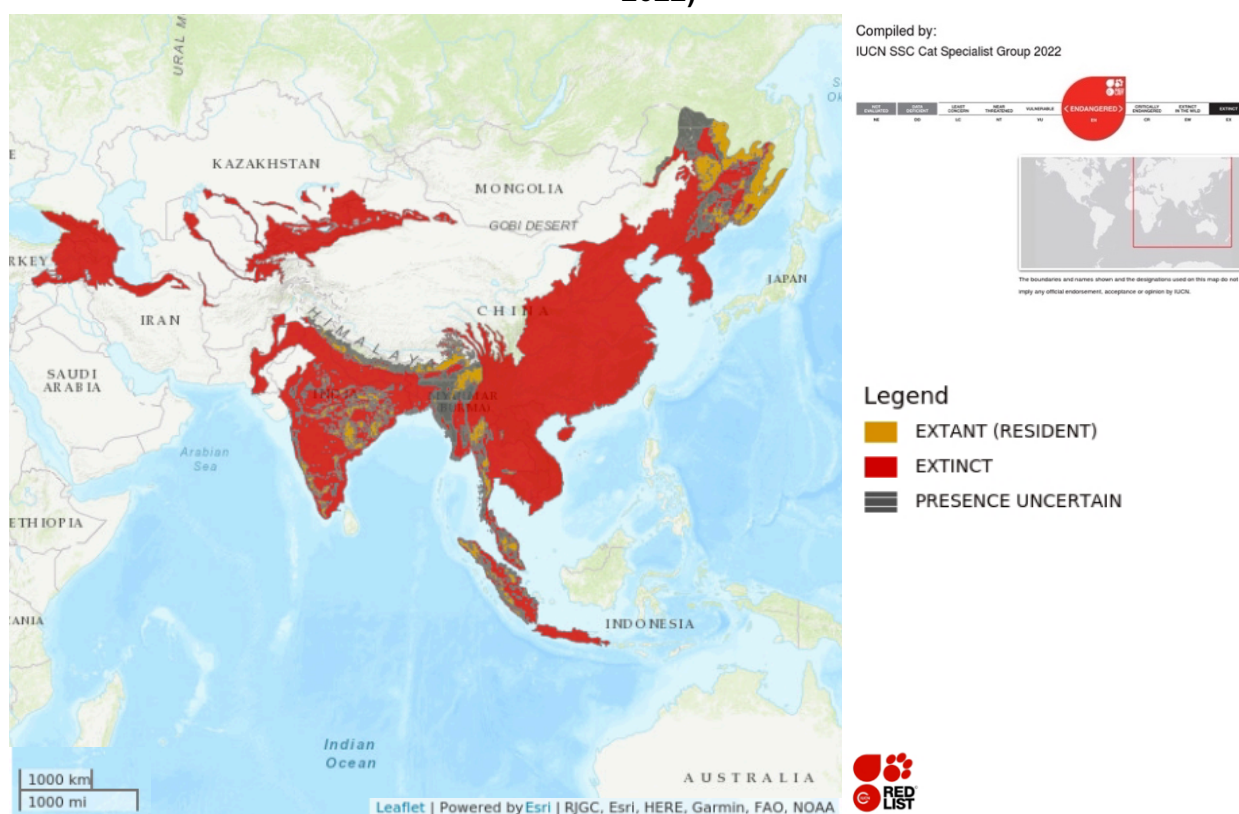
2.5. Le tigre (*Panthera tigris*)

2.5.1. Taxonomie et écologie générale

Le nombre de sous-espèces de tigres est très controversé et nécessite des études complémentaires. Certains auteurs en définissent actuellement six d'après une analyse pangénomique (Goodrich *et al.*, 2022 ; Liu *et al.*, 2018) mais d'autres n'en définissent que deux (Kitchener *et al.*, 2017). L'estimation la plus précise et la plus récente de la population vivant à l'état sauvage est de 3726 à 5578 individus dont 3140 [2608-3905] capables de se reproduire. Une diminution de plus de 50 % de la population durant les 25 dernières années est estimée, du fait de la diminution de plus de 50 % de son aire de distribution, et le déclin se poursuit. Les causes de sa raréfaction sont principalement la perte d'habitat, la déprédation des proies et le braconnage pour le marché noir (peaux, os, dents, griffes, viande, organes, moustaches, urines, déjections, boissons toniques, etc.), mais aussi la fragmentation de l'habitat (urbanisation, etc.) et l'abattage en représailles des attaques sur le bétail et l'humain. À l'heure actuelle, les tigres n'occupent plus que 7 % de leur périmètre de distribution historique (Goodrich *et al.*, 2022) (Figure 14).

Les tigres sont classés comme « en danger » depuis 1986 dans la liste rouge de l'IUCN (Goodrich *et al.*, 2022), avec quelques sous-espèces au bord de l'extinction (Brown 2011). Ils sont dans l'Appendix I du CITES (CITES, 2023), depuis 1987 pour le tigre de Sibérie et 1975 pour les autres, ce qui implique que le commerce international des tigres, de leurs parties, produits ou dérivés (peaux, griffes, canines, viande, os, organes, vin, gel, ...) est interdit (Goodrich *et al.*, 2022). Parmi les sous-espèces, le tigre de Sumatra (*P. t. sumatrae*), et celui de Malaisie (*P. t. jacksoni*) entrent dans la catégorie « en danger critique d'extinction ». Le tigre de Chine méridionale (*P. t. amoyensis*) est supposé éteint mais reste encore classé « en danger critique d'extinction » car aucune nouvelle évaluation n'a été effectuée depuis 2008 (Kawanishi, 2015 ; Linkie *et al.*, 2008 ; Nyhus, 2008).

Figure 14 : Carte de distribution du tigre : Carte de distribution du tigre (Goodrich *et al.*, 2022)



2.5.2. Écologie de reproduction

2.5.2.1. Comportement

Les tigres sont des animaux solitaires, les mâles et les femelles ne se côtoient que pendant la saison de reproduction et se séparent avant la naissance des petits (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Hampson et Schwitzer, 2016 ; Nigam *et al.*, 2016 ; Sankhala, 1967). Les deux sexes sont territoriaux sur leurs congénères de même sexe, le territoire d'un mâle englobant celui de une à trois femelles (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Goodrich *et al.*, 2022). Un grand nombre de mâles sont cependant nomades (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Seidensticker *et al.*, 2010).

C'est une espèce non saisonnière dont le cycle est polyœstrien (Byers *et al.*, 1990 ; Gu *et al.*, 2016 ; Kumar et Luna, 2004 ; Miquelle *et al.*, 2010) à ovulation induite (Graham *et al.*, 1995 ; Seal *et al.*, 1985). Les ovulations spontanées sont rares (Andrews *et al.*, 2019 ; AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Brown, 2011 ; Seal *et al.*, 1987).

2.5.2.2. Œstrus

L'œstrus dure en moyenne 4,3 jours [2-10] (Andrews *et al.*, 2019 ; Palita *et al.*, 1996 ; Raju *et al.*, 1997), complété par un interœstrus de 20,5 jours en moyenne [1-145] (Andrews *et al.*, 2019 ; Seal *et al.*, 1987), pour former un cycle œstral de 24,9 jours en moyenne [6-148] (Andrews *et al.*, 2019 ; Graham *et al.*, 1995 ; Seal *et al.*, 1987) (Figure 15).

Les chaleurs d'une femelle induisent celles des autres femelles en contact tactile, visuel, olfactif et potentiellement auditif (Eaton, 1978). Parfois, plusieurs mâles (deux à six) peuvent être attirés par la même femelle et la suivre un certain temps. Dans ce cas uniquement, seul le vainqueur d'un combat acharné pourra s'accoupler avec elle (Heptner et Sludskii, 1992 ; Sankhala, 1967 ; Schaller, 1967).

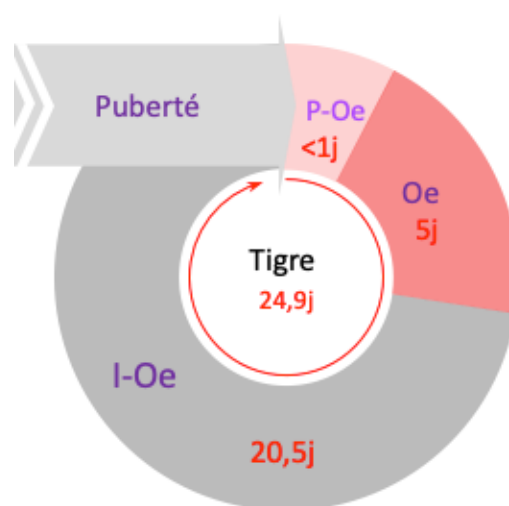
2.5.2.3. Accouplement

Les accouplements s'observent le plus souvent à la mi-journée, moins fréquemment le matin ou en fin d'après-midi. Ils peuvent néanmoins survenir tout au long de la journée. Ils sont souvent précédés d'une phase de séduction par la femelle (Liu *et al.*, 2003 ; Palita *et al.*, 1996 ; Sankhala, 1967 ; Zhong *et al.*, 2006). Le mâle initie l'accouplement dans 25 % des cas (Lanier et Dewsbury, 1976).

2.5.2.3.1. Occurrence

Durant les 6,53 jours de cour [5-7] (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Gu *et al.*, 2016 ; Liu *et al.*, 2003 ; Zhong *et al.*, 2006), de multiples accouplements ont lieu, toutes les 12 minutes en moyenne [1-90] (Das, 1980 ; Lanier et Dewsbury, 1976 ; Palita *et al.*, 1996 ; Zhong *et al.*, 2006). Jusqu'à 22,2 [2-52] rapports par jour peuvent survenir, le maximum étant atteint deux jours avant la fin de l'œstrus (Sankhala, 1967 ; Radju *et al.*, 1997 ; Liu *et al.*, 2003), soit 100 à 247 rapports sur toute la durée (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Das, 1980).

Figure 15 : Cycle œstral du tigre



2.5.2.3.2. *Caractéristiques*

L'accouplement complet dure en moyenne $25,57 \pm 12,14$ secondes avec un minimum de sept secondes et un maximum de trois minutes (Mazak, 1981 ; Palita *et al.*, 1996 ; Sankhala, 1967 ; Zhong *et al.*, 2006). En moyenne, entre 30,6 % [3,8-53,93] des accouplements ne sont pas complets, c'est-à-dire ne vont pas jusqu'à l'intromission (Lanier et Dewsbury, 1976 ; Liu *et al.*, 2003 ; Zhong *et al.*, 2006). Une diminution de leur fréquence est observée à partir du 3^e ou 5^e jour (Liu *et al.*, 2003). Tigres et tigresses peuvent s'accoupler avec plusieurs partenaires à plusieurs heures d'intervalle. En effet, si un mâle s'accouple avec une femelle puis la quitte pour aller s'accoupler avec une autre, la femelle pourra s'accoupler avec un autre mâle sans qu'il n'y ait de combat entre les deux mâles (Eaton, 1978 ; Singh, 1973 ; Smith et McDougal, 1991).

2.5.2.3.3. *Ovulation*

L'ovulation a lieu dans les 43 à 46 h après la copulation (1996, 1993). Les accouplements n'aboutissent à une conception que dans 45,8 % des cas (Das, 1980).

2.5.2.4. *Gestation et parturition*

2.5.2.4.1. *Pseudogestation*

La durée de pseudogestation du tigre est de $34,5 \pm 0,57$ jours en moyenne (Andrews *et al.*, 2019 ; Brown, 2011 ; Seal *et al.*, 1987), ce qui représente un tiers de la gestation (Brown, 2011 ; Dehnhard *et al.*, 2012).

2.5.2.4.2. *Gestation*

La gestation dure 107,6 jours en moyenne [93-114] (Andrews *et al.*, 2019 ; Chundawat *et al.*, 2005 ; Sankhala, 1967).

2.5.2.4.3. *Parturition*

La femelle met bas dans un endroit abrité (hautes herbes, buissons denses, arbres tombés, rochers, fissures, grottes) à l'abri de l'eau et dans une zone abondante en proies (Heptner et Sludskii, 1992 ; Smith, 1993). Parfois, elle peut faire un nid avec des feuilles sèches, de l'herbe et des poils (Heptner et Sludskii, 1992). Le part dure environ une à deux heures avec 20-35 minutes entre chaque petit et a souvent lieu à l'aube (Raju *et al.*, 1997 ; Sankhala, 1967).

La première mise-bas s'effectue en moyenne à l'âge de quatre ans [31-62 mois] (Gu *et al.*, 2016 ; Majumder *et al.*, 2012). Elle met au monde 2,6 petits en moyenne, les portées pouvant aller de un à cinq petits dans la nature (Andrews *et al.*, 2019 ; Kumar et Luna, 2004 ; von Schmalz-Peixoto, 2003) et exceptionnellement sept en captivité (von Schmalz-Peixoto, 2003). En milieu naturel, des pics de naissances adviennent après la saison des pluies car les proies sont encore jeunes mais assez grosses pour subvenir aux besoins d'une tigresse avec des petits de 15 à 18 mois (Miquelle *et al.*, 2010 ; Singh *et al.*, 2014).

2.5.2.4.4. *Intervalle inter-parturition*

En milieu naturel, si la portée survit, les tigresses reviennent en œstrus quand leurs petits ont en moyenne 18,1 [16,5-19,5] mois (Smith, 1993), ce qui donne un intervalle entre deux mises-bas de 25,6 mois [19-65] en moyenne (Chundawat *et al.*, 2005 ; Kerley *et al.*, 2003 ; 2014, 2013). Il sera cependant plus court si un seul des petits survit : $15,5 \pm 4,9$ mois (Kerley *et al.*, 2003). La survenue d'un œstrus durant la lactation n'est pas décrite hormis lors de la prise de possession du territoire

par un nouveau mâle, cependant aucun article n'a prouvé avec certitude l'existence d'un œstrus de lactation.

Si la portée décède à moins de deux mois, les tigresses reviennent en chaleurs dans le mois suivant (une semaine à trois mois) (Sankhala, 1967 ; Singh, 1973 ; Sunquist, 1981) et mettent bas dans les trois à huit mois qui suivent (Kerley *et al.*, 2003 ; Majumder *et al.*, 2012 ; Singh *et al.*, 2013 ; Smith et McDougal, 1991). Si le décès de la portée survient après deux mois elles mettent bas dans les $21,4 \pm 4,4$ [13-26] mois (Kerley *et al.*, 2003). Parfois, quand un nouveau mâle prend possession du territoire, un retour en œstrus avant le décès de la portée est observé (Chundawat *et al.*, 2005).

En captivité l'intervalle inter-parturition est de $12,6 \pm 6,5$ mois, lorsque les petits sont retirés à la mère à six mois (Gu *et al.*, 2016).

2.5.2.5. Post-partum

2.5.2.5.1. Développement

Les petits pèsent en moyenne 1265 g [750-1610] à la naissance puis ont un taux de croissance de 86 g/jour jusqu'au sevrage (Acharjyo et Mishra, 1985 ; Oftedal et Gittleman, 1989 ; Veselovsky, 1967 ; Volf, 1972), pour atteindre 65 à 177 kg pour les femelles (Hunter, 2015 ; Mazak, 1981) et 194 kg en moyenne [90-268] voire 325 kg en captivité pour les mâles, selon la sous-espèce (Hunter, 2015 ; Schaller, 1967 ; Veselovsky, 1967). Les mâles peuvent peser jusqu'à deux fois plus que les femelles dans une même population (Hunter, 2015). Ils ouvrent les yeux entre 5 et 12 jours après la naissance mais peuvent parfois naître les yeux ouverts (Acharjyo et Mishra, 1985 ; Heptner et Sludskii, 1992 ; Veselovsky, 1967). Ils commencent à entendre entre 9 et 15 jours (Heptner et Sludskii, 1992 ; Mazak, 1981 ; Veselovsky, 1967).

2.5.2.5.2. Comportement

Les petits restent dans la tanière pendant deux mois environ. La tigresse limite ses activités à proximité et ne laisse ses petits seuls que pour de courtes périodes de 30 minutes environ (Heptner et Sludskii, 1992 ; Sankhala, 1967 ; Smith, 1993). La première semaine, elle passe 83 % de son temps dans le nid, dont 50 % à allaiter ses petits et 10 % à les toiletter. À un mois elle n'y est plus que 22 % du temps dont 17 % à allaiter (Berry, 2011). Les petits marchent et montent aux arbres entre 20 et 30 jours (Heptner et Sludskii, 1992 ; Veselovsky, 1967), et suivent leur mère à partir de deux à trois mois (Smith, 1993). Au fur et à mesure que les petits grandissent, la mère les laisse de plus en plus longtemps seuls (Heptner et Sludskii, 1992).

2.5.2.5.3. Allaitement

Le sevrage débute entre 1,5 et trois mois par la prise des premiers solides et se termine à six mois en synchronisation avec l'arrêt de la lactation (Heptner et Sludskii, 1992 ; Oftedal et Gittleman, 1989 ; Sankhala, 1967 ; Veselovsky, 1967). Les petits commencent à apprendre à chasser à partir de cinq à six mois (Mazak, 1981).

2.5.2.5.4. Indépendance et dispersion

Afin de bénéficier de la protection de leur mère et d'améliorer leurs aptitudes de chasse et de nage (Sankhala, 1967), les petits restent avec elle jusqu'à 21,6 mois en moyenne [17-28] et se dispersent dans la foulée, pouvant parfois rester en coalition plusieurs mois (Chundawat *et al.*, 2005 ; Kerley *et al.*, 2003 ; Schaller, 1967 ; Smith, 1993). En moyenne, 36 % des femelles et 81 %

des mâles se dispersent, les autres restant dans leur région natale (Goodrich *et al.*, 2008 ; Smith, 1993). En général la dispersion s'effectue $1,6 \pm 1,4$ mois après la naissance de la portée suivante (Smith, 1993).

2.5.2.5.5. *Maturité sexuelle*

Les mâles atteignent leur maturité sexuelle en moyenne à 53,3 mois [18-60] (4,6 ans) (Acharjyo et Misra, 1975 ; AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Sankhala, 1967), mais ne produisent une portée que vers 4,8 ans en moyenne [3,4-6,8] avec une période de reproduction de seulement 2,8 ans [7 mois-6,3 ans] (Smith et Mcdougal, 1991).

Les femelles atteignent leur maturité sexuelle en moyenne à 49,7 mois [33-72] (4,1 ans) (Sankhala, 1967 ; Acharjyo et Mishra, 1985 ; Singh *et al.*, 2014b). En captivité, la fécondité augmente progressivement avec l'âge pour atteindre son maximum à $6,2 \pm 2,96$ ans (von Schmalz-Peixoto, 2003), puis diminue progressivement avant de décroître brusquement vers 10 à 14 ans (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016). En moyenne la période de reproduction effective se situe entre 4 et 14 ans (Kerley *et al.*, 2003 ; von Schmalz-Peixoto, 2003), les femelles cessant de se reproduire vers 17 ans environ (van Bemmelen, 1975).

2.5.2.5.6. *Mortalité*

Dans la nature, en moyenne, 41 % [25 - 45,2] des jeunes ne survivent pas à leurs deux premières années (Chundawat *et al.*, 2005 ; Singh *et al.*, 2014 ; Smith et Mcdougal, 1991). Entre 43 % et 53 % meurent de cause anthropique, qu'ils soient abattus (12,5 %) ou que leur mère soit braconnée (38 %) (Chundawat *et al.*, 2005 ; Goodrich *et al.*, 2008 ; Kerley *et al.*, 2003 ; Schaller, 1967). Les maladies représentent 12,5 % des causes de mortalité (Chundawat *et al.*, 2005).

Parmi eux, 35 % [6-50] trépassent la première année (Kerley *et al.*, 2003 ; Singh *et al.*, 2014 ; Smith et Mcdougal, 1991 ; Sunquist, 1981), dont 73 % de décès de portée entière, notamment à cause des incendies (38 %), des infanticides par les autres mâles (11,3 % - 25 %) et des crues (Chundawat *et al.*, 2005 ; Goodrich *et al.*, 2008 ; Smith et Mcdougal, 1991 ; Sunquist, 1981). Les autres causes de décès, sont les accidents, les blessures par les proies (porc-épic, buffle..., 12,5 %), la malnutrition et la prédation (ours bruns, chacals...) (Nigam *et al.*, 2016 ; Schaller, 1967 ; Singh *et al.*, 2014 ; Smith et Mcdougal, 1991).

Durant la deuxième année 18 % [17-21] des survivants décèdent (Singh *et al.*, 2014 ; Smith et Mcdougal, 1991), dont 29 % de portées complètes, la cause principale étant l'infanticide (Goodrich *et al.*, 2008 ; Smith et Mcdougal, 1991). En effet, pour accélérer le retour en chaleurs des femelles, les mâles ont souvent recours à l'infanticide lors de la prise d'un nouveau territoire (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

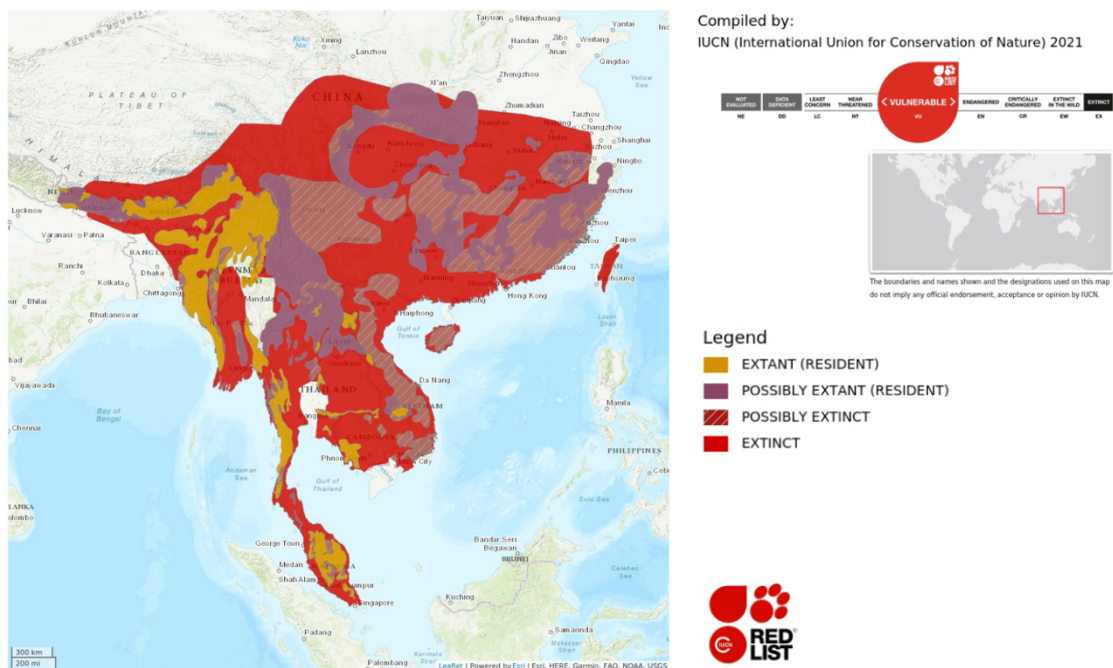
2.6. La panthère nébuleuse (*Neofelis spp.*)

2.6.1. Taxonomie et écologie générale

Historiquement considérée comme espèce unique, la panthère nébuleuse a été scindée en deux espèces récemment par certains auteurs, d'après la morphologie, l'ADN mitochondrial et les microsatellites (Buckley-Beason *et al.*, 2006 ; Christiansen, 2008 ; Kitchener *et al.*, 2006 ; Wilting *et al.*, 2007):

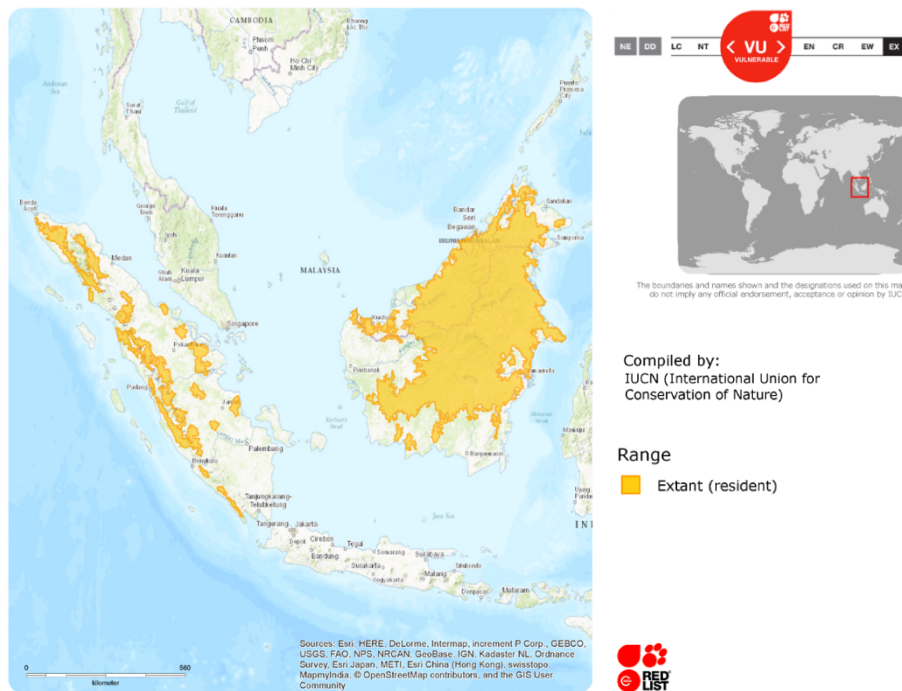
- *Neofelis nebulosa* : panthère nébuleuse (continentale), présente en Asie du Sud-Est continentale. La classification en deux sous-espèces (*N. n. macroceloides* et *N. n. nebulosa*) (Christiansen, 2008) n'est pas supportée par des preuves suffisantes et nécessite de plus amples recherches. En attendant, *N. nebulosa* devrait être considérée comme monotypique (Kitchener *et al.*, 2017).

Figure 16 : Carte de distribution de la panthère nébuleuse continentale (Gray *et al.*, 2021)



- *Neofelis diardi* : panthère nébuleuse des îles de la Sonde, présente seulement dans les îles de Sumatra et Bornéo, et potentiellement de Batu (Hearn *et al.*, 2015), divisée elle-même en deux sous-espèces : *N. d. diardi* = panthère nébuleuse de Sumatra (Sumatra et Batu) et *N. d. borneensis* = panthère nébuleuse de Bornéo (Bornéo) (Wilting *et al.*, 2011).

Figure 17 : Carte de distribution de la panthère nébuleuse des îles de la Sonde (Hearn *et al.*, 2015)



Pour la panthère nébuleuse continentale, une estimation exacte de la population est difficile à établir du fait du peu d'informations concordantes sur toute son aire de distribution, mais il est probable qu'il reste entre 3700 et 5600 individus matures. La taille de la population de panthères nébuleuses ainsi que son aire de distribution ont subi un déclin de 32,5 % en 21 ans (1999-2019, soit trois générations), principalement à cause de la perte d'habitat : -34 % des bastions, c'est-à-dire des grandes zones continues de haute qualité pour la survie de l'espèce à moyen et long termes, depuis 2000 (Gray *et al.*, 2021 ; Petersen *et al.*, 2020) (Figure 16). On peut aussi incriminer les infrastructures humaines (exploitation des ressources), la mortalité accidentelle (pièges destinés à d'autres espèces), et le braconnage pour le commerce (peaux, crânes, os, dents, viande, etc.). D'autres menaces possibles, dont l'impact est à quantifier, sont la raréfaction des proies et les changements climatiques (Can *et al.*, 2020 ; Gray *et al.*, 2021). La population est toujours en déclin à l'heure actuelle (Gray *et al.*, 2021).

Pour la panthère nébuleuse des îles de la Sonde, la population est estimée à 4500 individus matures dont environ 3800 sur Bornéo et 730 sur Sumatra, soit très probablement moins de 10000 en totalité. Le déclin actuel de la population est majoritairement dû à la déforestation. En effet, les îles de Bornéo et de Sumatra possèdent le plus haut taux de déforestation du monde, notamment pour la conversion en plantations de palmiers à huile. Ainsi, l'aire de distribution a diminué de 33,1 % entre 2000 et 2010 (Figure 17). Ceci combiné à la dégradation d'habitat, au braconnage, et au piégeage accidentel, a causé une diminution de la population de plus de 30 % pendant les 21 dernières années (Hearn *et al.*, 2015).

Les panthères nébuleuses (*N. nebulosa* et *diardi*) sont classées comme « vulnérables » depuis 2021 dans la liste rouge de l'IUCN (Gray *et al.*, 2021 ; Hearn *et al.*, 2015) et se trouvent dans l'Appendix I du CITES depuis 1975 (ce qui implique que le commerce international des panthères nébuleuses ou de leurs dérivés (fourrure, dents, ...) est interdit (CITES, 2023 ; Ross *et al.*, 2010).

2.6.2. Écologie de reproduction

2.6.2.1. Comportement

Les panthères nébuleuses sont des animaux majoritairement solitaires (Hampson et Schwitzer, 2016). Leur espèce est non saisonnière dans les latitudes inférieures à 30° (tropiques). Cependant une saisonnalité (novembre-juillet) peut être observée dans les latitudes supérieures à 30°, sans pour autant pouvoir observer d'œstrus saisonnier à proprement parler (Andrews *et al.*, 2019 ; Grassman *et al.*, 2005 ; Sethi *et al.*, 2022 ; Wildt *et al.*, 1986b ; Zainuddin *et al.*, 2020). Leur cycle est polyœstrien (Andrews *et al.*, 2019 ; Ewer, 1973) à ovulation induite ou spontanée (Howard *et al.*, 1996 ; Pelican *et al.*, 2006). Les ovulations spontanées sont habituelles (Andrews *et al.*, 2019 ; Brown, 2011 ; Howard *et al.*, 1997) et concernent 20 à 43 % des femelles, qu'elles soient logées seules (20 % n=5) ou par paire (100 % n=2) (Brown *et al.*, 1995 ; Howard *et al.*, 1996 ; Pelican *et al.*, 2006).

Très peu de connaissances sont tirées d'observations dans la nature, notamment sur leur comportement sexuel et leur accouplement, car elles sont furtives et de tempérament secret (DeCaluwe *et al.*, 2013 ; Tipkantha *et al.*, 2017). La majorité des informations provient donc d'individus captifs (Nowak, 2005).

2.6.2.2. Œstrus

Le premier œstrus s'observe à l'âge de $21,8 \pm 2,9$ mois [17-28] (Yamada et Durrant, 1989).

Les durées d'œstrus sont très variables (Sethi *et al.*, 2022). Il dure en moyenne 5,2 jours [1-17] (Andrews *et al.*, 2019 ; Brown, 2011 ; Pelican *et al.*, 2006) avec un interœstrus moyen de 22,8 jours [1-54] (Andrews *et al.*, 2019). Par conséquent, la durée du cycle œstral est de $28 \pm 11,4$ jours en moyenne [10-55] (Andrews *et al.*, 2019 ; Brown, 2011 ; Pelican *et al.*, 2006) (Figure 18).

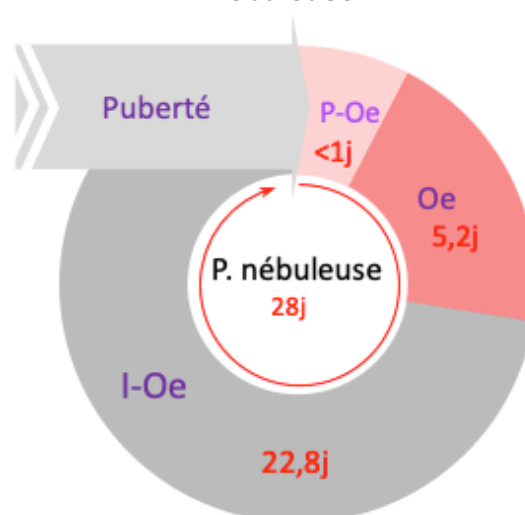
2.6.2.3. Accouplement

Du fait du manque d'informations, il est estimé qu'il se déroule dans les grandes lignes comme chez les autres grands félins : présence d'une phase de cour et de multiples accouplements de courte durée, où la femelle se présente au mâle en lordose avant la monte (Fletcher, 2000). Mâles et femelles peuvent s'accoupler avec plusieurs femelles et mâles (Grzimek, 2004). L'ovulation a lieu dans les 37,5 à 39h après (Howard *et al.*, 1996). Une tendance à la saisonnalité est observée en captivité dans les latitudes élevées (36-55°N) avec 70 % des accouplements se déroulant en automne-hiver. Ceux-ci sont réussis dans 74,5 % des cas en captivité (Yamada et Durrant, 1989).

2.6.2.4. Gestation et parturition

La durée de pseudogestation de la panthère nébuleuse est de $47,3 \pm 2,4$ [35-58] jours en moyenne (Andrews *et al.*, 2019 ; Brown, 2011 ; Brown *et al.*, 1993 ; Pelican *et al.*, 2006), soit la moitié de la gestation (Brown, 2011 ; 1995, 1994, 1993). La gestation dure $93 \pm 5,5$ [85-121] jours en moyenne (Andrews *et al.*, 2019 ; Brown *et al.*, 1993 ; Tipkantha *et al.*, 2017).

Figure 18 : Cycle œstral de la panthère nébuleuse



La première mise-bas s'effectue en moyenne à l'âge de $26,3 \pm 7,9$ mois [13-38] en captivité (Yamada et Durrant, 1989). La femelle met bas dans une forêt fermée (taux de couvert des arbres ≥ 40 % sur une surface de plus de cinq ares) (Grassman et al., 2005), supposément dans le creux d'un arbre (Prater, 1990). En moyenne, elle met au monde 1,9 petits, les portées pouvant aller de un à cinq petits en captivité (Fletcher, 2000 ; Hampson et Schwitzer, 2016 ; Nájera *et al.*, 2015 ; Sethi *et al.*, 2022 ; Wielebnowski, 1996 ; Wildt *et al.*, 1986b). Dans la nature, les portées contiennent majoritairement deux à trois petits, rarement plus (Hunter, 2015 ; Prater, 1990).

L'intervalle entre deux mise-bas est de un an environ dans la nature et en captivité (neuf mois d'œstrus lactationnel puis trois mois de gestation) (Brown *et al.*, 1995 ; Coquempot *et al.*, 2014 ; Fellner, 1965). En cas de perte de la portée, les femelles reviennent en œstrus en moyenne un mois après (Brown et al., 1995). Très peu d'informations existent néanmoins dans la littérature quant à la présence d'un œstrus lactationnel. Seul un article décrit son existence (Coquempot *et al.*, 2014) mais aucun autre auteur ne confirme ou n'infirme cette information.

2.6.2.5. Post-partum

2.6.2.5.1. Développement

Les petits pèsent, en moyenne, à la naissance, $259,8 \pm 31,2$ g [190-349,7] pour les mâles et $232,6 \pm 33$ g [142-288,4] pour les femelles soit 11,2 % de moins (Fletcher, 2000 ; Murphy, 1976 ; Nájera *et al.*, 2015). En cas de biberonnage en captivité, le taux de croissance moyen respectif est de $34,6 \pm 1,4$ g/jour et $30 \pm 1,2$ g/jour pendant les trois premiers mois pour atteindre $3298 \pm 567,1$ g (n=17) et $2931,4 \pm 436,5$ g (n=7) (Nájera *et al.*, 2015). En cas d'allaitement maternel, les petits pèsent 2,47 kg [2,1-2,6] à trois mois (Fletcher, 2000). Le poids adulte en captivité est de $20,6 \pm 1,6$ kg en moyenne pour les mâles [16-23] (François, 2008 ; Howard *et al.*, 1996 ; Nájera *et al.*, 2015 ; Sethi *et al.*, 2022), presque deux fois plus gros que les femelles dont le poids est de $13,7 \pm 1,8$ kg en moyenne [10,5-17,5] (Howard et al., 1996 ; Nájera et al., 2015). Les panthères nébuleuses des îles de la Sonde pourraient être un peu plus grosses et atteindre les 30 kg pour certains individus (Lamberski, 2015). Les petits ouvrent les yeux entre le 10^e et le 14^e jour (Fletcher, 2000).

Pendant les cinq premiers jours la femelle ne sort pas du nid, puis pendant les trois semaines suivantes elle ne chasse et ne se nourrit que la nuit (Fellner, 1965). Une réduction considérable du périmètre parcouru par la mère est observable durant les premiers mois (Grassman et al., 2005). À partir d'un mois, les petits se déplacent incessamment sur leurs quatre pattes et sortent du nid. Vers cinq à six semaines ils sautent, courent et commencent à grimper. Entre deux et trois mois il est habituel d'observer de l'agressivité entre les membres d'une même fratrie (Fellner, 1965 ; Fletcher, 2000 ; Geidel et Gensch, 1976).

2.6.2.5.2. Allaitement et sevrage

Les petits s'intéressent à la viande à six semaines et en mangent vers sept semaines (Fellner, 1965 ; Geidel et Gensch, 1976). En captivité, le sevrage commence à environ neuf semaines pour se terminer entre 90 et 100 jours (Fellner, 1965 ; Fletcher, 2000 ; Geidel et Gensch, 1976) Dans la nature, il s'achèverait plutôt vers cinq mois (Coquempot et al., 2014). Les petits restent avec leur mère jusqu'à environ neuf mois à un an, avant de prendre leur indépendance (Fletcher, 2000 ; Grzimek, 2004).

2.6.2.5.3. *Maturité sexuelle*

Les mâles atteignent leur maturité sexuelle en moyenne vers $25,5 \pm 6,6$ mois [16-38] (Yamada et Durrant, 1989) avec une médiane de première reproduction en captivité de 35 mois (Fletcher, 2000). En captivité, 36 % des mâles ont une descendance avant quatre ans et 50 % des portées sont obtenues entre deux et quatre ans, puis, après six ans, la reproduction diminue (Yamada et Durrant, 1989).

Les femelles atteignent leur maturité sexuelle à 21,9 mois [17-28] (Andrews *et al.*, 2019 ; Fontaine, 1965 ; Howard *et al.*, 1996) avec en captivité une médiane de première reproduction à 38 mois (Fletcher 2000). En captivité, 75 % des portées proviennent de femelles âgées de un à cinq ans avec le maximum entre deux et quatre ans (47 %). La cessation de la reproduction s'observe à partir de 12 ans (Yamada et Durrant, 1989).

2.6.2.5.4. *Mortalité*

Les causes de mortalité sont principalement liées à l'humain, les autres causes sont inconnues. Il est probable que la prédation par les grands carnivores existe mais aucun cas n'a été rapporté (Hunter, 2015). Le taux de mortalité infantile ou adulte est inconnu en milieu naturel.

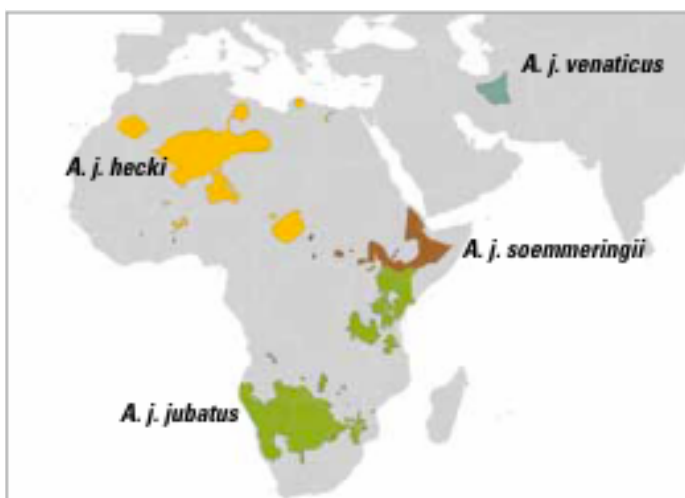
2.7. Le guépard (*Acinonyx jubatus*)

2.7.1. Taxonomie et écologie générale

Quatre sous-espèces sont définies par Kitchener *et al.* (Kitchener *et al.*, 2017), mais des analyses génétiques supplémentaires sont nécessaires pour le confirmer définitivement (Figure 19).

La tentative d'estimation la plus précise et la plus récente aboutit à 7100 individus (dont 6517 capables de se reproduire) irrégulièrement répartis en 33 sous-populations (Durant *et al.*, 2022). Plus de 91 % de ces sous-populations comptent moins de 200 individus (Durant *et al.*, 2017), cependant une diminution de 37 % [21-51], dans les trois générations à venir (15 ans), est estimée compte tenu de l'augmentation des menaces qui pèsent sur eux (Figure 20). Celles-ci sont la perte et la fragmentation d'habitat, le conflit répandu avec l'humain (persécution, abattage, empoisonnement et pièges), la déplétion des proies, le commerce illégal notamment des

Figure 19 : Répartition géographique des sous-espèces de guépards (Kitchener *et al.*, 2017)

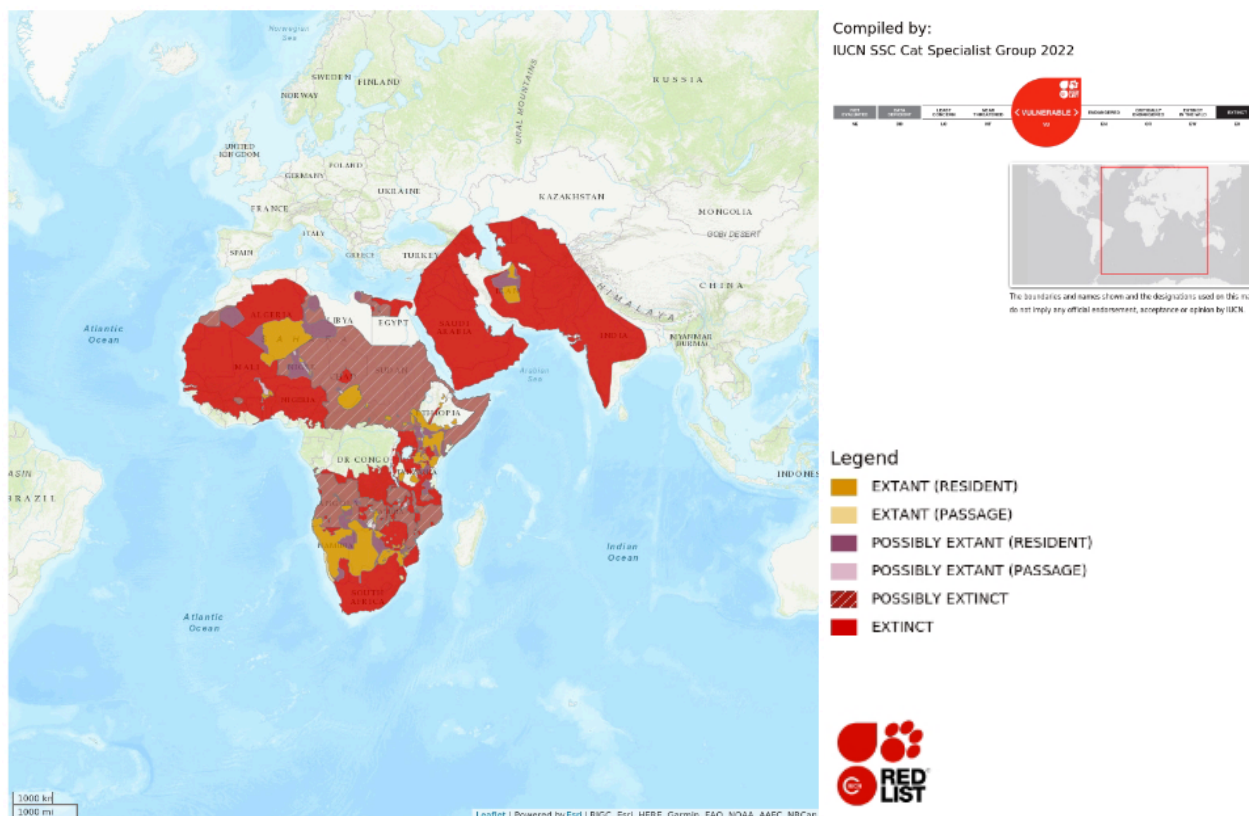


individus vivants (87 %), essentiellement des petits dont 70 % décèdent une fois retirés de la nature. La médecine chinoise constitue également une part importante du commerce illégal. Interviennent aussi le tourisme non régulé, l'extraction des ressources associée au développement de larges infrastructures, et le changement climatique. Les maladies infectieuses comme la gale au Serengeti ou la fièvre charbonneuse en Etosha sont un danger supplémentaire (Durant *et al.*,

2022). Aujourd'hui, les guépards n'occupent plus que 9 % de leur périmètre historique total, soit 13 % [14-16] en Afrique et 2 % en Asie (Durant et al., 2017).

Les guépards sont classés comme « vulnérables » en 2021, et ce depuis 1986, dans la liste rouge de l'IUCN (Durant et al., 2022) et sont dans l'Appendix I du CITES, ce qui implique que le commerce des guépards ou de leurs dérivés (fourrure, dents, ...) est interdit. Mais, malgré cette interdiction, des quotas sont autorisés pour la chasse à trophée et l'export d'animaux vivants (CITES, 2023).

Figure 20 : Carte de distribution du guépard (Durant et al., 2022)



2.7.2. Écologie de reproduction

2.7.2.1. Comportement

Les guépards sont des animaux avec un certain degré de sociabilité (Brown, 2011 ; Hampson et Schwitzer, 2016 ; Schaller, 1972a ; Wrogemann, 1975), mais les mâles et les femelles ne se côtoient qu'au moment de la reproduction (Hoat, 2003 ; Kuenkel, 1978 ; Schaller, 1970). Leur espèce est non saisonnière avec un cycle polyœstrien (Andrews *et al.*, 2019 ; Crosier *et al.*, 2017 ; Koester, 2014) à ovulation induite (Bertschinger *et al.*, 2008b ; Czekala *et al.*, 1994 ; Graham *et al.*, 1995 ; Kinoshita *et al.*, 2011b). Les ovulations spontanées sont très rares (Adachi *et al.*, 2011 ; Brown, 2011 ; Wildt *et al.*, 1993), et se font en général en présence de mâles à proximité (Asa *et al.*, 1992 ; Brown *et al.*, 1996 ; Terio *et al.*, 2003).

Les guépards ont un système social assez unique parmi les félins, à mi-chemin entre celui du lion et celui des autres félins. Les femelles sont solitaires, non territoriales et tolérantes envers

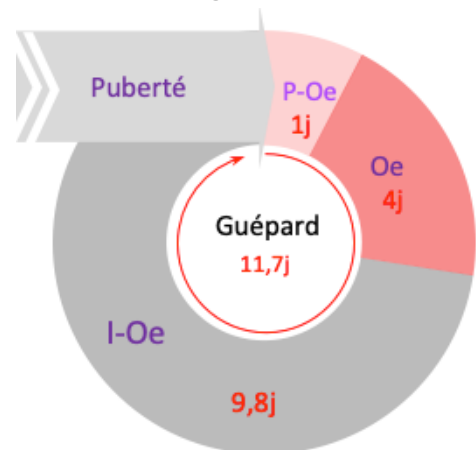
les autres femelles (Durant *et al.*, 2010 ; von Schmalz-Peixoto, 2003), alors que les mâles sont, soit solitaires, soit en coalitions de deux à trois (Caro, 1994 ; Debelmas *et al.*, 2011 ; D. W. Macdonald *et al.*, 2010). En moyenne 94,1 % des coalitions contiennent des frères et 78,4 % sont exclusivement composés d'une fratrie (Caro, 1994 ; Marker *et al.*, 2008). En moyenne, 4 % des mâles solitaires sont territoriaux, et conservent leur territoire pendant quatre mois, alors que 100 % des coalitions sont territoriales et le conservent en moyenne pendant 7,5 mois dans le cas d'une paire et 22 mois dans le cas d'un trio (Caro et Collins, 1987).

2.7.2.2. Œstrus

Le proœstrus dure 24h environ chez le guépard (Maly, 2015).

Les durées d'œstrus sont très variables, que ce soit entre individus ou entre cycles d'un même individu (Borque *et al.*, 2005 ; Brown *et al.*, 1996). En moyenne, il dure 4 jours [1-18] (Andrews *et al.*, 2019 ; Wielebnowski *et al.*, 2002b), complété par un interœstrus de 9,8 jours [3-29] (Andrews *et al.*, 2019), pour former un cycle œstral complet de 11,7 jours [3-30] (Andrews *et al.*, 2019 ; Crosier *et al.*, 2017 ; Koester *et al.*, 2017a ; Wielebnowski *et al.*, 2002b) (Figure 21). Les chaleurs sont très peu expressives dans cette espèce (*cf* 3.3.1.1.7).

Figure 21 : Cycle œstral du guépard



2.7.2.3. Accouplement

Il s'observe très rarement car il se déroule souvent la nuit, à l'abri d'un couvert dense, parfois très tôt le matin ou en fin d'après-midi (Eaton, 1974 ; Hunter, 2015). Chez le mâle, une augmentation de la production de testostérone a lieu en hiver (décembre-février), coïncidant avec le pic de reproduction (Wildt *et al.*, 1986a).

2.7.2.3.1. Séduction et initiation

Le déroulement de la phase de cour dépend du nombre de mâles impliqués. Dans le cadre d'un groupe de mâles, la phase de cour est initiée soit par un mâle courtisant une femelle et attirant les autres mâles, soit par une femelle en chaleurs courant avec la queue en l'air près d'eux et les attirant (Eaton, 1974 ; Eaton et Craig, 1973 ; Frame et Frame, 1981).

Une agressivité modérée entre deux mâles ou entre mâle et femelle est nécessaire pour une cour réussie (Wrogemann, 1975), cependant parfois il n'y a pas vraiment de « cour » à proprement parler, notamment lorsque les partenaires sont déjà familiers l'un de l'autre, ils sont prêts à s'accoupler directement (Frame et Frame, 1981).

2.7.2.3.2. Occurrence

Durant les deux à trois jours de cour, peu de copulations ont lieu, minimum à 1h d'intervalle mais souvent une demi-journée, jusqu'à un à trois rapports/jour, voire sur toute la durée (Eaton, 1974, 1973). (Eaton, 1978 ; Lindburg *et al.*, 1993 ; Louwman et Louwman, 2005). Entre deux accouplements, le mâle suit et « surveille » la femelle en permanence de très près (Frame et Frame, 1981). Dans le cas d'un accouplement de groupe lorsqu'un mâle copule avec la femelle, les autres attendent à côté à 0,9-1,2m (Eaton, 1974 ; Eaton et Craig, 1973).

2.7.2.3.3. *Accouplements partiels*

Un accouplement est considéré comme complet lorsque la femelle se roule directement après et que le mâle la suit de manière agitée en grognant et feulant (Louwman et Louwman, 2005 ; Ziegler–Meeks, 2009). S'il a toujours une érection et court après la femelle en émettant un bêgaiement caractéristique décrit plus loin (*cf.* 3.3.1), il n'y a pas eu d'intromission (Ziegler–Meeks, 2009).

2.7.2.3.4. *Ovulation*

L'ovulation a lieu dans les 39h et 47h après l'accouplement (Howard et al., 1992).

2.7.2.3.5. *Multiplicité de partenaires*

La femelle peut s'accoupler avec plusieurs mâles ou groupes de mâles durant la même période d'œstrus, avec, dans 43 % des cas, des petits de différents pères dans une même portée (Eaton, 1971 ; Gottelli *et al.*, 2007 ; Wrogemann, 1975). En revanche, une femelle ne se reproduit pas avec un mâle dont elle a déjà eu une portée (Gottelli *et al.*, 2007). Il n'y a pas de compétition entre les femelles pour un mâle, en revanche les mâles sont en compétition pour une femelle et chasseront les autres prétendants (Eaton, 1974).

2.7.2.4. *Gestation et parturition*

2.7.2.4.1. *Pseudogestation*

La durée de pseudogestation du guépard est de 53,5 [38-62] jours en moyenne (Andrews *et al.*, 2019 ; Byron *et al.*, 2020 ; Koester *et al.*, 2022 ; Wielebnowski *et al.*, 2002b), soit 1/2 à 2/3 de la gestation (Brown *et al.*, 1996, 1994 ; Graham *et al.*, 1995). La durée est identique, qu'elle suive une ovulation spontanée ou un accouplement infructueux (Brown *et al.*, 1996). Une augmentation du poids jusqu'à 60 jours, suivie d'une diminution, peut être observée (Saffoe, 2005).

2.7.2.4.2. *Gestation*

La gestation dure 93 jours en moyenne [85-98] dans la nature (Andrews *et al.*, 2019 ; Beekman *et al.*, 1999 ; Czekala *et al.*, 1994 ; Dehnhard *et al.*, 2012 ; Koester *et al.*, 2022).

2.7.2.4.3. *Parturition*

En milieu naturel, la femelle utilise quatre types de tanières : 34,9 % de marais, 35 % de végétation, 15 % de ravines et 6,7 % de kopje (Caro et Laurenson, 1990 ; Laurenson, 1993). La première mise-bas s'effectue à l'âge moyen de 29,1 mois [23,8-36] (Bissett et Bernard, 2011 ; Kelly *et al.*, 1998 ; Laurenson *et al.*, 1992). En moyenne, elle met au monde 3,3 petits, les portées pouvant aller de un à huit petits dans la nature comme en captivité (Andrews *et al.*, 2019 ; Bissett et Bernard, 2011 ; Ziegler–Meeks, 2009).

En moyenne la parturition dure 3 à 5h, mais peut parfois aller jusqu'à 14h, avec en général 30 à 60 minutes entre chaque petit, parfois 2h voire 7h (Florio et Spinelli, 1967 ; Marker et Schumann, 1998 ; Ziegler–Meeks, 2009). Dès la naissance d'un petit, la femelle tourne en rond autour, retire le sac amniotique et coupe le cordon ombilical (Thomas, 1965). Elle mange toutes les membranes fœtales ainsi que le placenta. Ensuite, elle lèche le petit pendant 15-20 minutes (Florio et Spinelli, 1967 ; Thomas, 1965). Le cordon sèche et tombe en trois jours (Florio et Spinelli, 1967).

Dans la nature, un pic de naissances est observé au moment de la saison humide avec 40 % des portées entre mars et juillet en Asie, et 80 % des portées en juillet-août en Afrique (Bissett et Bernard, 2011 ; Caro, 1994 ; Crosier *et al.*, 2007 ; Laurenson *et al.*, 1992 ; Marker *et al.*, 2003a). En captivité, dans l'hémisphère nord, deux pics sont présents au printemps et à l'automne (36 %) (Augustus *et al.*, 2006).

2.7.2.4.4. *Intervalle inter-parturition*

Entre 44 et 70 % des femelles reviennent en chaleurs, s'accouplent et sont gestantes alors que les petits ont entre 10 et 14 mois (non indépendants) (Eaton, 1970 ; Kelly *et al.*, 1998 ; Laurenson *et al.*, 1992), ce qui donne un intervalle entre deux mise-bas de 20,8 mois [17-28] dans la nature (Bissett et Bernard, 2011 ; Kelly *et al.*, 1998 ; Marker, 2002a). Si la portée décède, elles reviennent en œstrus entre une et trois semaines après (Berry *et al.*, 1997 ; Brown *et al.*, 1996 ; 1971, 1970), ce qui donne une parturition dans les 4,1 mois [3,1-8] qui suivent la perte d'une portée, l'intervalle étant plus long chez les jeunes femelles (Berry *et al.*, 1997 ; Bissett et Bernard, 2011 ; Laurenson *et al.*, 1992). En captivité, l'intervalle inter-parturition est plutôt de $14 \pm 0,4$ mois [6-60] (Ziegler-Meeks, 2009). La littérature ne décrit pas de retour en œstrus avant la fin de la lactation, ce qui est en faveur de la présence d'un anœstrus lactationnel.

Les femelles qui perdent leur portée en saison sèche mettent plus de temps pour concevoir à nouveau que celles qui la perdent en saison humide (Caro, 1994). Le retour en œstrus en présence des petits de la portée précédente et le fait que les femelles guépards ne détiennent pas de territoire peuvent expliquer que les mâles ne commettent pas d'infanticides contrairement aux autres félins (Hunter et Skinner, 2003).

2.7.2.5. *Post-partum*

2.7.2.5.1. *Développement*

Les petits pèsent en moyenne 489g [296-700] à la naissance, sans dimorphisme sexuel (Beekman *et al.*, 1999 ; Lombardi *et al.*, 2009 ; Wack *et al.*, 1991 ; Ziegler-Meeks, 2009). Ils ont un taux de croissance de 44,4 g/jour jusqu'à 45 jours (Beekman *et al.*, 1999 ; Laurenson, 1995a ; Lombardi *et al.*, 2009), pour ensuite atteindre à 21 mois en moyenne, 36 kg [21-51] pour les femelles, et 43,7 kg [27,9-64] pour les mâles (Caro, 1994 ; Maly, 2015 ; Maly *et al.*, 2018 ; Marker et Dickman, 2003 ; Wildt *et al.*, 1993). Ils ouvrent les yeux entre 5 et 10 jours post-naissance (Florio et Spinelli, 1968 ; Manton, 1970 ; Tong, 1974).

Pendant la première semaine de vie des petits, la mère passe presque tout son temps dans la tanière pour les protéger et les allaiter (Frame et Frame, 1981 ; Labuschagne, 1979). Elle ne s'absente que pendant 1h environ les deux premiers jours et 2h le troisième (Laurenson, 1993). Au cours des trois ou quatre premières semaines de vie, elle les déplace souvent, en les portant par la peau du cou, puis ceux-ci changent de cachette en marchant, accompagnés de la mère (Frame et Frame, 1981 ; Labuschagne, 1979 ; Laurenson, 1993 ; Schaller, 1970). Les petits restent en général dans le premier nid pendant 10 à 14 jours, puis sont déplacés plus fréquemment après, environ tous les 5,6 jours (Laurenson, 1993), mais les déplacements peuvent aller jusqu'à 10 nids en 15 jours (Frame et Frame, 1981). Les petits restent dans la tanière jusqu'à ce qu'ils aient environ 8,2 semaines [6-9,4] et la mère ne sort que pour de brèves périodes de chasse ($9,6 \pm 0,67$ heures [3,8-27,8]), tout en s'assurant de laisser le moins de traces possibles (Laurenson, 1993 ; Marker et Dickman, 2003 ; Ziegler-Meeks, 2009). Ils rampent à deux ou trois jours, se tiennent

debout en titubant entre 7 et 11 jours et marchent à partir de 12 à 28 jours (1968, 1967 ; Frame et Frame, 1981 ; Manton, 1971 ; Schaller, 1970).

2.7.2.5.2. *Allaitement et sevrage*

Le sevrage débute avec la prise des premiers repas à un mois (Ofstedal et Gittleman, 1989) et se termine entre trois et cinq mois (Caro, 1994 ; Frame, 1984 ; Ziegler–Meeks, 2009), mais les petits peuvent continuer à téter occasionnellement jusqu'à six mois (Beekman *et al.*, 1997 ; Florio et Spinelli, 1967 ; Wrogemann, 1975). Ils commencent à initier les attaques à partir d'un an (Schaller, 1970) et parviennent à tuer leur première proie seuls entre 10 et 14 mois (Eaton, 1969 ; Kingdon, 1977).

2.7.2.5.3. *Indépendance et dispersion*

Les petits restent avec leur mère jusqu'à 17,1 mois [12-22] (Laurenson *et al.*, 1992 ; Kelly *et al.*, 1998 ; Ziegler–Meeks, 2009 ; Bissett et Bernard, 2011) et se séparent d'elle de façon abrupte (Schaller, 1970). Après séparation, ils restent ensemble en tant que fratrie (Eaton, 1971 ; Frame et Frame, 1981 ; Schaller, 1970) pendant 6,1 mois en moyenne (Frame, 1984 ; Hoat, 2003 ; Laurenson *et al.*, 1992). Les femelles quittent la fratrie vers deux ans [1,77-2,08] (Frame, 1984 ; Kuenkel, 1978 ; Laurenson *et al.*, 1992). Les mâles quittent ensuite leur région natale dans 46 % des cas (Durant, 2004 ; Frame et Frame, 1981 ; Hunter, 2015), alors que les femelles y restent dans 72 % des cas (Caro, 1994 ; Durant, 2004 ; Kelly *et al.*, 1998). Les mâles vivent alors seuls (41 %) ou en coalitions de 2,3 [2-4] mâles dans 55 % des cas (dont 76,2 % de paires, 16,7 % de trios et 7,1 % de quatuors) (Caro et Collins, 1986 ; Marker *et al.*, 2003a). Un fort attachement est présent au sein des membres de la coalition (Ruiz-Miranda *et al.*, 1998). En cas de décès de la mère avant que les petits aient atteint l'indépendance, des « adoptions » par d'autres femelles gestantes sont possibles (Caro, 1994).

2.7.2.5.4. *Maturité sexuelle*

Les mâles commencent leur puberté entre 18 et 24 mois, d'après l'augmentation des concentrations en testostérone (Maly, 2015 ; Maly *et al.*, 2018). Ils sont sexuellement matures vers 24 à 36 mois, mais ne se reproduisent que vers cinq ans dans la nature (Berry *et al.*, 1997). En moyenne, la fertilité (motilité + concentration spermatique) augmente progressivement avec l'âge pour atteindre son maximum à huit ans, puis diminue. Le volume de sperme produit augmente progressivement durant les 10 à 12 premières années du mâle. La spermatogénèse débute dès 15 mois (Durrant *et al.*, 2001 ; Debelmas *et al.*, 2011) et n'est pas influencée par les saisons (Crosier *et al.*, 2007). La qualité séminale s'améliore entre 4,5 et 5,5 ans, cependant, du point de vue comportemental, l'âge optimal de reproduction est six ans. Les mâles ne se reproduisent plus à partir de 11 à 13,2 ans environ (Augustus *et al.*, 2006 ; Bertschinger *et al.*, 2008b ; Ziegler–Meeks, 2009).

Les femelles sont sexuellement matures au plus tôt à 19 mois, et en moyenne entre 24 et 30 mois (Bissett et Bernard, 2011 ; Kelly *et al.*, 1998 ; Maly, 2015 ; Marker *et al.*, 2003b). Elles atteignent leur capacité reproductive maximale à six ans et la maintiennent jusqu'à huit ans (Augustus *et al.*, 2006 ; Bertschinger *et al.*, 2008b ; Pettorelli et Durant, 2007). Dans la nature, la production maximale se situe entre quatre et huit ans (53,5 %) et la sénescence survient vers 10 à 12 ans (Augustus *et al.*, 2006 ; Marker *et al.*, 2003a ; Pettorelli et Durant, 2007 ; Ziegler–Meeks, 2009). Ce qui donne une période de reproduction maximale de 10 ans et demi (Marker, 2002a).

2.7.2.5.5. Mortalité

Dans le Serengeti, la mortalité des guépards est de 70 % en moyenne avant la sortie de la tanière (Caro et Laurenson, 1990 ; Laurenson *et al.*, 1992 ; Laurenson, 1994 ; 1995b). Ensuite, pendant les deux semaines postémersion les petits sont sujets au plus fort taux de mortalité avec 48,6 à 61,7 % de décès puis 23,6 à 29,8 % d'entre eux n'atteignent pas 3,5 mois (Schaller, 1972 ; Caro et Laurenson, 1990 ; Laurenson, 1994) soit 52,8 % de décès entre l'émergence et 3,5 mois (Laurenson *et al.*, 1992). Puis la mortalité diminue drastiquement. Finalement, seulement 4 % à 5,6 % des petits survivent jusqu'à l'indépendance (Laurenson, 1994 ; Laurenson *et al.*, 1992 ; 1995b).

En Namibie, 25 % des petits guépards décèdent entre l'émergence et un an, puis 20 % lors de leur 2^e année de vie, ce qui donne moins de 50 % de survie à l'indépendance (Berry *et al.*, 1997 ; Kelly *et al.*, 1998 ; Marker, 2002b ; Marker *et al.*, 2003a). Une étude plus récente, montre qu'en l'absence de grands prédateurs (lions, hyènes), 79 % des petits atteignent l'indépendance avec une mortalité maximale entre deux et quatre mois (Wachter *et al.*, 2011). Dans ce cas, la majorité des décès sont attribuables à l'humain (Marker, 2002a).

Au Kalahari, 46,4 % des petits décèdent avant émergence et le taux de survie à l'indépendance est de 35,7 % (Mills et Mills, 2014). La cause principale de mortalité dans le nid est la prédation (66,7 %), notamment par les lions (88,8 %), et les hyènes, léopards, oiseaux de proie. Ensuite vient l'abandon (16,7 %), rare et uniquement en cas de manque de ressources, et enfin les facteurs environnementaux (8,3 %) (incendies, crues ...) (Caro et Laurenson, 1990 ; 1994, 1993 ; Laurenson *et al.*, 1992 ; Mills et Mills, 2014). Les anomalies congénitales comptent pour 4,9 % de la mortalité (Laurenson, 1995b). .Aucun cas d'infanticide n'a été rapporté chez les guépards (Lukas et Huchard, 2014).

Après l'émergence, la prédation constitue toujours un facteur important de décès (90 %) avec les hyènes (41,7 %), les lions (33,3 %), les léopards (8,3 %), et les chiens (16,7 %). Les blessures ou maladies (rachitisme, parasites intestinaux, charbon, parvovirose féline, rage, gale...) sont également à incriminer (10 %) (Laurenson, 1994 ; 1995b ; Mills et Mills, 2014 ; Schaller, 1970 ; Wrogemann, 1975).

Au total, 73,2 % des petits décèdent par prédation entre la naissance et l'indépendance, 14,4 % par causes environnementales, 8,2 % par abandon et famine et 4,1 % d'anomalies congénitales. Les lions représentent 78,2 % de la prédation et les hyènes 12,5 % (Bissett et Bernard, 2011 ; Laurenson, 1994 ; 1995b).

2.8. Le puma (*Puma concolor*)

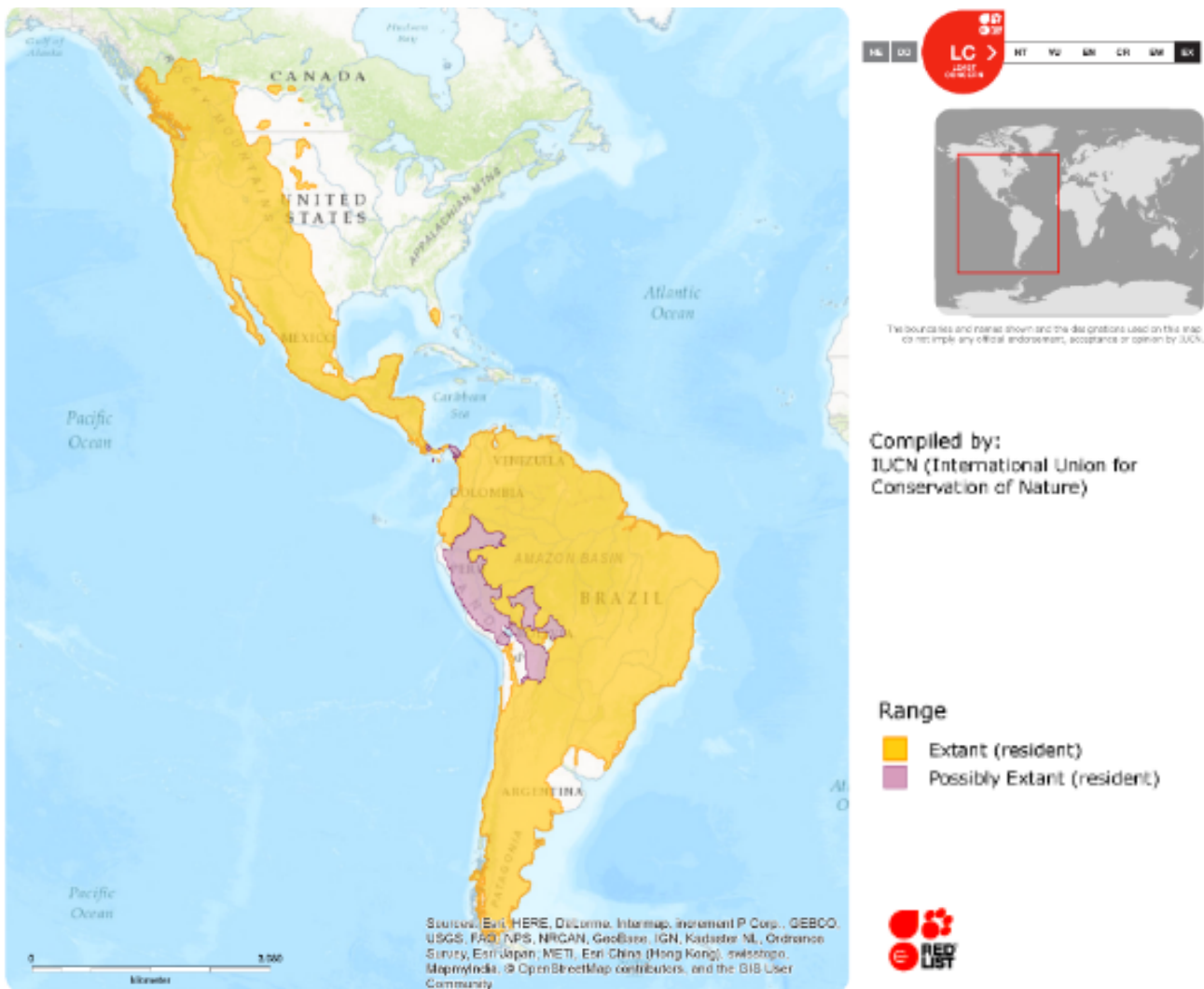
2.8.1. Taxonomie et écologie générale

Il existe six sous-espèces reconnues de puma sur la base des analyses génétiques (Culver, 2000).

La taille de l'ensemble des populations à l'heure actuelle n'est pas connue mais, en 1990, elle était probablement supérieure à 25000 individus toutes populations confondues (Nielsen *et al.*, 2015 ; Nowell et Jackson, 1996) (Figure 22). Les menaces principales sont la fragmentation et la perte de l'habitat ainsi que le braconnage de ses proies. Les pumas sont également persécutés en représailles des attaques sur le bétail et en raison de la peur qu'ils provoquent chez les humains (Nielsen *et al.*, 2015).

Toutes populations confondues, ils sont classés comme « préoccupation mineure » en 2015 dans la liste rouge de l'IUCN, mais comme « Quasi menacés » au Brésil (où les sous-espèces vivant en dehors du bassin Amazonien sont considérées « Vulnérables »), au Pérou, en Argentine et en Colombie, et « Données insuffisantes » au Chili (Nielsen et al., 2015). Ils sont également dans l'Appendix I du CITES pour la population costaricaine et panaméenne et dans l'Appendix II pour les autres (CITES, 2023). Ils sont chassés légalement dans de nombreux pays d'Amérique du nord (Nielsen et al., 2015), mais la chasse est prohibée sur une grande partie de leur aire de distribution (Nowell et Jackson, 1996).

Figure 22 : Carte de distribution du puma (Nielsen et al., 2015)



2.8.2. Écologie de reproduction

2.8.2.1. Comportement

Les pumas sont des animaux solitaires (Cassaro et Oliveira, 1999 ; Pierce et Bleich, 2003) et seuls les mâles sont territoriaux (Logan et Swenor, 2010). Bien que de rares interactions sociales non violentes puissent être observées en dehors de la reproduction (partage des carcasses ...) (Hunter, 2015 ; Seidensticker *et al.*, 1973), 75,3 % des contacts ont lieu pendant les chaleurs des

femelles (Logan et Sweanor, 2001). Ils ont un rythme crépusculaire (Cassaro et Oliveira, 1999 ; Maehr *et al.*, 1990).

C'est une espèce non saisonnière (Andrews *et al.*, 2019 ; Bartareau, 2020 ; DeSimone et Robinson, 2011 ; Logan et Sweanor, 2001), dont le cycle est polyœstrien (Andrews *et al.*, 2019 ; Ewer, 1973) à ovulation induite. Les ovulations spontanées seraient inexistantes (Andrews *et al.*, 2019 ; Brown, 2011 ; Fontbonne *et al.*, 2007).

2.8.2.2. Œstrus

L'œstrus dure en moyenne 7,7 jours [1-11] (Logan et Sweanor, 2001 ; Mehrer, 1975 ; Rabb, 1959 ; Sadlier, 1966), complété d'un interœstrus de 13 jours [9-17] (Andrews *et al.*, 2019 ; Rabb, 1959) pour former un cycle œstral de 22,9 jours [14-35] (Andrews *et al.*, 2019 ; Logan et Sweanor, 2001 ; Rabb, 1959) (Figure 23).

Les chaleurs d'une femelle induisent les chaleurs des autres femelles par contact tactile, visuel, olfactif et potentiellement auditif (Eaton, 1978).

2.8.2.3. Accouplement

2.8.2.3.1. Préférence de partenaires

La femelle choisit en moyenne parmi 1,7 [1-3] mâles celui avec lequel elle s'accouplera, le choix se faisant en fonction du poids, de l'âge et du nombre de marquages (grattage du sol pour former un monticule de terre). Une femelle choisira de préférence les mâles les plus gros et les plus âgés (> 3 ans), qui marquent régulièrement et en grande quantité. En effet, les mâles qui possèdent un territoire (résidents) marquent leurs limites fréquemment pour éloigner les autres mâles. Ceux-ci peuvent donc protéger la portée d'un éventuel infanticide contrairement aux mâles nomades qui ne resteront pas dans la région après l'accouplement (Allen *et al.*, 2015 ; Johansson *et al.*, 2018).

2.8.2.3.2. Occurrence

Durant les un à cinq jours de cour (Logan et Sweanor, 2001 ; Maehr *et al.*, 1989), entre deux et 70 rapports/jour ont lieu (Currier, 1983 ; Eaton, 1978 ; Mehrer, 1975).

2.8.2.3.3. Multiplicité de partenaires

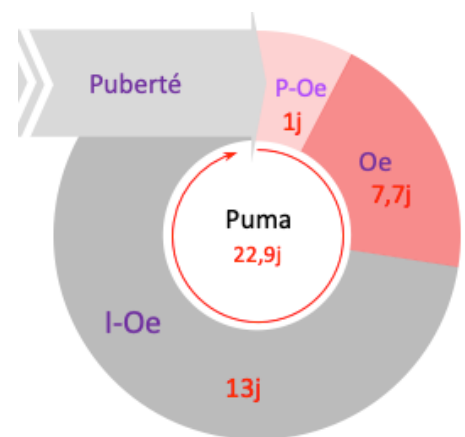
Dans 14,2 % des cas (n=17), la femelle peut s'accoupler avec plusieurs mâles durant la même période d'œstrus, et engendrer des petits de différents pères (12,5 %). Ce fait, ajouté à la préférence pour les mâles résidents, peut permettre à la femelle de diminuer les risques d'infanticide tout en maximisant la diversité génétique de sa portée (Allen *et al.*, 2015 ; Logan et Sweanor, 2001).

Les mâles peuvent aussi s'accoupler avec plusieurs femelles (Bartareau, 2020 ; Pierce et Bleich, 2003). Il n'existe aucune évidence de monopolisation des femelles par les mâles ou d'essais de conservation d'un accès exclusif aux femelles (Johansson *et al.*, 2018).

2.8.2.3.4. Ovulation

L'ovulation a lieu en moyenne 41h après l'accouplement, le plus tôt pouvant être 33,5h (Barone *et al.*, 1994 ; Bonney *et al.*, 1981).

Figure 23 : Cycle œstral du puma



2.8.2.3.5. *Conception*

Les accouplements ne sont réussis que dans 67 % des cas (Eaton, 1978). Jusqu'à cinq jours après l'œstrus, la femelle conserve les mêmes comportements qu'en œstrus, mais elle n'accepte plus la pénétration. Elle attend rarement plus de cinq jours avant de refuser le chevauchement (Mehrer, 1975).

2.8.2.4. *Gestation et parturition*

2.8.2.4.1. *Pseudogestation*

La durée de pseudogestation du puma est de 45 à 50 jours (Andrews et al 2019), soit la moitié de la gestation (Bonney et al., 1981 ; Brown, 2011).

2.8.2.4.2. *Gestation*

La gestation dure 91,7 jours en moyenne [81-104] (Andrews *et al.*, 2019 ; Brand, 1963 ; Logan et Sweanor, 2001).

2.8.2.4.3. *Parturition*

La femelle met bas dans de la végétation très dense, voire impénétrable (palmiers nains, broussailles, lianes), dans des espaces entre des rochers, ou sous des corniches abritées (Benson *et al.*, 2008 ; Logan et Sweanor, 2001 ; Maehr *et al.*, 1990). La première mise-bas s'effectue en moyenne à l'âge de 30,1 mois [18-82,5] (DeSimone et Robinson, 2011 ; Hostetler *et al.*, 2012 ; Lindzey *et al.*, 1994 ; Logan et Sweanor, 2001).

En moyenne, la femelle met au monde 2,6 petits, les portées pouvant aller de un à cinq petits, dans la nature comme en captivité (Bartareau, 2020 ; Hostetler *et al.*, 2012 ; Laundré et Hernández, 2007 ; Logan et Sweanor, 2001). Les portées sont plus grandes en saison sèche en Floride et quand les femelles sont jeunes (Hostetler *et al.*, 2012). Un pic de naissances coïncide avec le début de la saison des pluies et la naissance des proies (mai - juin en hémisphère Sud, juillet - septembre en hémisphère Nord) (Bartareau, 2020 ; Jansen *et al.*, 2005 ; Logan et Sweanor, 2001). En captivité, le pic est présent entre juin et septembre avec 60 % des portées (Mehrer, 1975).

Dans la littérature consultée, aucune information n'est fournie quant à la durée de la mise-bas ni quant aux intervalles entre deux petits.

2.8.2.4.4. *Intervalle inter-parturition*

En moyenne, 63 % des femelles reviennent en chaleurs $7,8 \pm 3,8$ jours [0-15] avant le départ de la portée (Maehr *et al.*, 2002), ce qui donne un intervalle inter-parturition moyen de 23,9 mois [12-59,5] (Bartareau, 2020 ; Logan et Sweanor, 2001 ; Ross et Jalkotzy, 1992). En cas de décès de la portée, les femelles reviennent en œstrus en moyenne $40,3 \pm 15,8$ jours [23-54] après (Jansen *et al.*, 2005 ; Logan et Sweanor, 2001), ce qui donne un intervalle moyen de 11,3 mois [7,3-16] (Bartareau, 2020 ; Lindzey *et al.*, 1994). En cas de décès par infanticide, les femelles reviennent en œstrus au bout de $190,5 \pm 16,5$ jours [74-304], soit un délai moyen de cinq mois supplémentaires (Logan et Sweanor, 2001). En captivité, celui-ci est plutôt de 16,75 mois (Robinette *et al.*, 1961). La durée de retour en œstrus des femelles est en faveur d'un anœstrus lactationnel mais peu d'informations sont disponibles à ce sujet dans la littérature.

2.8.2.5. *Post-partum*

2.8.2.5.1. *Développement*

Les petits pèsent en moyenne 226 à 453 g, avec un dimorphisme visible dès le 20^e jour (Logan et Sweanor, 2001 ; Nowak, 2005 ; Oftedal et Gittleman, 1989 ; Volf, 1972). Ils ont un taux de croissance de 32 g/j jusqu'au sevrage (Oftedal et Gittleman, 1989) et atteignent ensuite en moyenne $39,4 \pm 2$ kg [36-42] pour les femelles et $51,8 \pm 5,2$ kg [50-72,5] pour les mâles (Laundré, 2005 ; Logan et Sweanor, 2001 ; Wilson *et al.*, 2004). Une grande variation existe en fonction des régions : les pumas vivant sous des latitudes proches de l'équateur sont plus légers que ceux vivant sous des latitudes éloignées (Iriarte *et al.*, 1990). En moyenne, les mâles sont 1,4 fois plus gros que les femelles (Johansson *et al.*, 2018 ; Logan et Sweanor, 2001). Le poids à la naissance diminue lorsque la taille de la portée augmente et les petits nés au printemps sont plus légers que ceux nés en automne (Jansen et Jenks, 2012). Ils ouvrent les yeux entre le 7^e et le 14^e jour (Logan et Sweanor, 2001 ; Pfeifer, 1980) et commencent à entendre à environ 10 à 15 jours (Logan et Sweanor, 2010 ; Towell, 1986). Les taches noires sur le pelage disparaissent à l'âge de un an environ (Logan et Sweanor, 2010).

Pendant les deux à trois semaines *post-partum*, les femelles passent presque tout leur temps dans la tanière et réduisent leur territoire de plus de 80 % durant cinq à sept semaines (Beier et Barrett, 1993 ; Jansen *et al.*, 2013 ; Logan et Sweanor, 2001 ; Maehr *et al.*, 1989). La mère déplace rarement ses petits pendant les deux premiers mois de vie, sauf si elle est dérangée. Elle le fait alors dans un rayon de 200m (Jansen *et al.*, 2013 ; Logan et Sweanor, 2001). Les petits sortent de la tanière lorsqu'ils ont six à huit semaines (Beier et Barrett, 1993) et commencent à suivre leur mère jusqu'aux carcasses pour se nourrir (Logan et Sweanor, 2010).

2.8.2.5.2. *Allaitement et sevrage*

L'allaitement exclusif dure six à huit semaines (Logan et Sweanor, 2001). Le sevrage complet a lieu à trois mois [2-4] (Ackerman, 1982 ; Logan et Sweanor, 2010 ; Pierce et Bleich, 2003). Les petits commencent à accompagner la mère à la chasse à partir de six mois (Nowak, 2005) et peuvent encore ne pas savoir chasser seuls à 12 voire 15 mois (Bartnick *et al.*, 2014 ; Elbroch et Quigley, 2013 ; Logan et Sweanor, 2010).

2.8.2.5.3. *Indépendance et dispersion*

Les petits restent avec leur mère jusqu'à 15,3 mois [9-21] (Bartnick *et al.*, 2014 ; Laundré et Hernández, 2007 ; Logan et Sweanor, 2001 ; Thompson et Jenks, 2010) et la séparation est initiée, dans 71,4 % des cas, par la mère qui les abandonne (Beier, 1995 ; Logan et Sweanor, 2001). Après l'indépendance, ils restent ensemble en tant que fratrie pendant 58 jours en moyenne [0-90] (Bartnick *et al.*, 2014 ; Logan et Sweanor, 2001 ; Thompson et Jenks, 2010). Les femelles sont philopatriques *ie* restent dans la région où elles sont nées, dans 51,5 % des cas, alors que 100 % des mâles se dispersent (DeSimone et Robinson, 2011 ; Lindzey *et al.*, 1994 ; Thompson et Jenks, 2010). La dispersion peut se produire jusqu'à huit mois après l'indépendance et a lieu en moyenne à 14,9 mois [9-22] . En cas de décès de la mère peu avant l'indépendance, une adoption est possible par une femelle ayant également des petits (Bartnick *et al.*, 2014).

2.8.2.5.4. *Maturité sexuelle*

Les mâles atteignent leur maturité sexuelle en moyenne à $24,3 \pm 2,5$ mois [15-27] (DeSimone et Robinson, 2011 ; Logan et Sweanor, 2001), mais ne se reproduisent que lorsqu'un territoire est

acquis, en moyenne à $3,32 \pm 0,62$ ans [1,64-5,83] (Bartareau, 2020 ; Onorato *et al.*, 2011). L'âge de première reproduction est revu à la baisse dans les populations soumises à une chasse intense, avec 60 % des portées engendrées par des mâles de moins de 37 mois (Onorato *et al.*, 2011). Les mâles ne se reproduisent plus à partir d'environ 20 ans (Currier, 1983).

Les femelles atteignent leur maturité sexuelle à 25,2 mois [15-47,5] (Bartareau, 2020 ; Lindzey *et al.*, 1994 ; Logan et Sweenor, 2001 ; Ross et Jalkotzy, 1992). La taille des portées produites diminue avec l'âge de la femelle (Bartareau, 2020). Elles cessent de se reproduire après 12 ans (Hostetler *et al.*, 2012).

2.8.2.5.5. Mortalité

En moyenne 20 % des petits décèdent avant la sortie de la tanière (DeSimone et Robinson, 2011), et 27 % avant le sevrage (Logan et Sweenor, 2001) ce qui donne un taux de survie de 84 % à un an (Maehr et Caddick, 1995). Selon les régions, 45 à 72 % des petits survivent jusqu'à l'indépendance (Cooley *et al.*, 2009 ; Laundré et Hernández, 2007 ; Robinson *et al.*, 2008). Cependant, seulement 16 à 20 % des petits nés, survivent à l'âge adulte, les femelles ayant un meilleur taux de survie que les mâles (Beier et Barrett, 1993 ; Robinson *et al.*, 2008 ; Bartareau, 2020). Les causes naturelles comptent pour 34,2 % dont 44 % d'infanticide avec 92 % de cannibalisme, 37 % de décès des parents et famine, 4 % de prédation, 4 % d'accidents et 11 % de maladies (n=61) (Cooley *et al.*, 2009). L'infanticide n'a lieu que sur des petits âgés de un à cinq mois. Les mort-nés et avortements surviennent dans 3 % des cas (Logan et Sweenor, 2001). Les causes anthropiques (chasse légale, braconnage, légitime défense, déprédation sur le bétail, accidents de la route) expliquent 40 % à 60 % de la mortalité (Cooley *et al.*, 2009 ; DeSimone et Robinson, 2011).

La synthèse développée au chapitre précédent illustre la complexité de la reproduction des grands félins en conditions naturelles, tout en soulignant les menaces auxquelles ils sont exposés et les enjeux importants qui sont associés au maintien de ces espèces. La reproduction en captivité revêt donc un intérêt évident, mais se heurte toutefois à de nombreuses contraintes (déficit d'espace, maintien de la diversité génétique, diminution ou absence de l'expression des comportements reproductifs normaux, agressivité, échecs de gestation ...), qui seront présentées ci-après. Certaines limites et difficultés rencontrées sont communes aux différentes espèces étudiées (stress, tératospermie, contraception...) tandis que d'autres touchent plus particulièrement une espèce (incompatibilité sexuelle très marquée chez les panthères des neiges, détection de l'œstrus particulièrement difficile chez les guépards ...).

3. Conditions et limites de la reproduction en captivité

3.1. Espèces se reproduisant en captivité

Contrairement aux conditions naturelles, la captivité soulève des défis pour la reproduction. En effet, certaines espèces ne montrent pas de signes évidents d'œstrus, d'autres présentent des incompatibilités sexuelles (attaques fatales fréquentes chez les panthères nébuleuses, agressivité

marquée chez les tigres...) et d'autres, ayant des préférences de partenaire sexuel, peuvent dédaigner le partenaire proposé (Wildt et Roth, 1997).

En captivité comme en milieu naturel, on va retrouver trois facteurs principaux autres que ceux qui semblent évidents (immaturité sexuelle, vieillesse, maladies et anomalies congénitales), qui influent sur la fertilité : l'environnement (variations climatiques, durée du jour, pluviométrie), la lactation (inhibition de l'ovulation par inhibition des gonadotrophines) et la vie sociale (dominance).

En captivité, on sait que, au moins chez les petits félins, d'autres facteurs s'ajoutent : les traitements médicaux, la latitude de distribution de l'espèce, la taille du groupe, le stress et le type d'élevage (von Schmalz-Peixoto, 2003).

Tous mammifères confondus, seulement 23 % des populations captives gérées par les Species Survival Plan (SSP) nord-américains sont viables du point de vue du renouvellement génétique de l'espèce, à cause principalement de dysfonctionnements dans la reproduction (Asa *et al.*, 2011 ; Wielebnowski et Brown, 1998). Parmi les grands félins, les populations de lions, de jaguars, de tigres de Sumatra et de panthères nébuleuses ne sont pas viables à long terme en 1994, à cause d'incompatibilités de partenaires, de défauts de soins parentaux ou de mauvaises performances reproductives (Wielebnowski, 1998).

3.1.1. Léopard

Les léopards se reproduisent plutôt facilement en captivité (Crandall, 1964), c'est pourquoi il n'existe aucun programme de reproduction en captivité au sein de l'espèce entière. Cependant au niveau des sous-espèces, de nombreux programmes sont en cours.

Un Programme d'Élevage Européen (EEP) existe pour les léopards de l'Amour, de Perse, du Sri-Lanka et de Chine du nord (EAZA, 2017).

Un Global Species Management Plan (GSMP) est présent pour le léopard de l'Amour depuis 2013.

Des studbooks sont tenus également pour le léopard du Sri-Lanka depuis 1971, de Java depuis 1975, d'Arabie depuis 2014, de l'Amour et de Perse depuis 1975 (Animal program database, 2023 ; WAZA, 2023a). Ce sont des registres contenant toutes les informations sur les naissances, les décès, la filiation, les individus acquis à l'état sauvage, l'emplacement de chaque individu et les transferts entre institutions.

3.1.2. Lion

En général, la reproduction en captivité est facile (Asa *et al.*, 2012 ; Fontbonne *et al.*, 2007 ; von Schmalz-Peixoto, 2003 ; Wildt *et al.*, 2010) cependant, pour certaines sous-espèces comme le lion asiatique, les essais de reproduction réussis sont limités (Göritz *et al.*, 2012).

De plus, le moratoire de reproduction, actif pendant huit ans en Amérique du Nord, peut expliquer une perte de connaissances sur la reproduction des lions et certaines difficultés rencontrées à l'heure actuelle. Il avait été mis en place pour éviter un surpeuplement en captivité et pour éliminer les hybrides Africano-Asiatiques ainsi que les individus dont le pedigree était inconnu de la population. Tous les efforts de reproduction ont alors été interrompus jusqu'à ce que l'origine génétique de chaque individu soit référencée (Daigle *et al.*, 2015).

À l'échelle de l'espèce un SSP et un studbook existent (Animal program database, 2023). Au niveau des sous-espèces, un EEP existe pour le lion asiatique (EAZA, 2017) ainsi qu'un studbook international depuis 1967 (WAZA, 2023b)

3.1.3. Panthère des neiges

Cette espèce est présente en captivité depuis 1851 (Blomqvist, 2008 ; Central Zoo Authority, 2022), mais aucune reproduction n'a eu lieu avant 1910 (Central Zoo Authority, 2022). En 1971 est créé le premier studbook international, ce qui augmente l'intérêt porté à cette espèce (WAZA, 2023b). Puis le premier programme régional de reproduction apparaît en 1984 en Amérique du Nord (SSP) et un programme d'élevage européen (EEP) est créé en 1987 (Animal program database, 2023 ; EAZA, 2017 ; Wharton et Mainka, 1997). Des programmes régionaux de reproduction existent également au Japon (SSCJ), en Océanie (ASMP) et en Russie (Blomqvist, 1995). Les premières recommandations spécifiques de reproduction sont effectuées en 1985 en Amérique du Nord (Wharton et Freeman, 1988).

La préoccupation a augmenté pour cette espèce à partir des années 1970 à cause des mauvais résultats de reproduction et de la forte mortalité néonatale. Cependant en 1979 seulement 21 % de la population captive s'était reproduite et la mortalité néonatale était de 36 %. Une grande avancée a eu lieu dans les années 1980 en Europe grâce aux studbooks et aux EEP avec, pour la première fois, les naissances excédant les décès. Un fort taux de croissance a été observable jusqu'à un pic en 1996 (218 animaux dans 75 institutions) où la capacité d'hébergement maximale fut atteinte. Des restrictions ont alors été mises en place et la population a diminué jusqu'en 2006. Depuis, les EEP gèrent la reproduction afin que le taux de croissance annuel soit nul avec une population captive de 220 individus. Parmi la population de 2014, 44 % des individus étaient des reproducteurs et 95,5 % de la diversité génétique a été conservée (Blomqvist et Sliwa, 2016).

3.1.4. Jaguar

De mauvais résultats reproductifs ont été observés dans les zoos brésiliens entre 1994 et 2004 (Morato et al., 2004) et de manière générale de faibles résultats sont obtenus dans les zoos par rapport à leurs congénères sauvages (Spindler et Johnson, 2003).

En effet seulement 33 % des individus captifs se sont déjà reproduits (Swanson et al., 2003). À l'heure actuelle, il existe un EEP (EAZA, 2017), un SSP et un studbook pour les jaguars (Animal program database, 2023), mais aucun studbook international (WAZA, 2023b). Un faible nombre de jaguars sont recommandés à la reproduction par l'EEP car l'objectif d'une population stable et autonome de 100 individus est atteint. Parmi les animaux captifs, nombreux sont ceux dont on ne connaît pas le pedigree, rendant impossible la réalisation d'une analyse génétique approfondie des appariements par un logiciel de gestion des pedigree (PMx). Les paires sont donc choisies parmi les individus dont le pedigree est connu, ce qui limite les possibilités de diversité génétique (Biddle, 2022).

3.1.5. Tigre

La reproduction est plutôt facile en captivité et nécessite une contraception (Asa *et al.*, 2012 ; Brown, 2011 ; Wildt *et al.*, 2010). Les efforts de conservation internationaux ont commencé en 1994 (von Schmalz-Peixoto, 2003). À l'heure actuelle, un Studbook est tenu pour l'espèce globale.

Au sein des sous espèces, il existe un SSP pour le tigre de l'Amour, de Malaisie, et de Sumatra (Animal program database, 2023). Les tigres de l'Amour et de Sumatra disposent d'un EEP (EAZA, 2017). En 2008, un GSMP a été créé pour le tigre de Sumatra, et en 2012 pour le tigre de l'Amour (WAZA, 2023c). Des studbooks internationaux sont tenus pour les tigres de Sumatra, de Malaisie, du Bengale, d'Indochine, et de Chine du sud depuis 1967 et pour le tigre de l'Amour depuis 1975 (WAZA, 2023b).

3.1.6. Panthère nébuleuse

Les panthères nébuleuses sont présentes en captivité depuis le début des années 1900 (Wildlife Institute of India, 2014). En 1989 est formé le plan de survie de l'espèce (SSP), afin de résoudre les problèmes de stabilisation de la population et de développer les efforts de conservation. Le premier studbook est, quant à lui, créé dans les années 1970 ((Animal program database, 2023 ; WAZA, 2023b ; Wildlife Institute of India, 2014). Plus récemment, un EEP a également été mis en place (EAZA, 2017)

La reproduction en captivité des panthères nébuleuse est difficile, notamment par manque d'information sur les conditions naturelles pour faciliter l'adaptation à l'environnement captif (Tipkantha et al., 2017). En 2016 la population captive mondiale était constituée de 87 individus dont 51 pouvant convenir génétiquement pour la reproduction (Whiles, 2016). Dans la population captive indienne aucun mâle né en captivité ne s'est reproduit avec succès, entre 1995 et 2018. Les décès dépassent les naissances et seulement 67 % des mâles (n=3) et 25 % des femelles (n=8) se reproduisent avec succès (Sethi et al., 2022). Ainsi, en 2018 seulement 16,9 % des individus captifs se sont reproduits (n=59) (Wildlife Institute of India, 2018).

Dans le monde depuis 1975, sur 1036 animaux captifs, seulement 17 % des mâles et 21 % des femelles se sont reproduits avec succès (Wielebnowski et al., 2002a). Seulement 6 % des femelles qui se sont reproduites l'ont fait avec plusieurs mâles (n=91) et seulement 11 % des mâles qui se sont reproduits l'ont fait avec plusieurs femelles. Parmi ceux qui se reproduisent avec succès, 23,1 % ne produisent qu'une seule portée durant toute leur vie (Fletcher, 2000). Dans la population captive nord-américaine, la reproduction est également mauvaise avec moins de 25 % des mâles et 37 % des femelles ayant produit une descendance en 1995 (98m.80f) (Brown et al., 1995 ; Howard et al., 1996).

En conséquence, en 2010, seulement 78,2 % de la diversité génétique initiale avaient été maintenus dans la population nord-américaine (Fazio, 2010). Au niveau des sous-espèces, la panthère nébuleuse des îles de la Sonde compte moins de 20 individus en captivité et le succès reproducteur est nul (Zainuddin et al., 2020). C'est un des félins les plus difficiles à reproduire en captivité et il n'y a que 230 individus captifs dans le monde (Yamada et Durrant, 1989).

3.1.7. Guépard

La première reproduction en captivité a eu lieu en 1956 (Crandall, 1964). Depuis 1987, l'espèce dispose d'un SSP et d'un studbook international (Animal program database, 2023 ; WAZA, 2023b). Un EEP existe également pour *A. j. jubatus* (du sud) et *A. j. soemmerringi* (du nord) (EAZA, 2017).

La reproduction est loin d'être aisée (Koester et al., 2015a ; Marker et Schumann, 1998 ; von Schmalz-Peixoto, 2003) et ne s'effectue pas avec constance (McKay, 2003 ; Wildt et al., 2010). Les premières naissances en captivité s'observent en 1956 mais ce n'est qu'en 1966 que la

première portée est élevée par la mère avec succès (Marker et Schumann, 1998). La population actuelle n'est pas viable et repose toujours sur l'importation de spécimens sauvages (McKay 2003). En 1989, une étude sur l'efficacité de la reproduction en zoo depuis 30 ans montre que seulement 15 % des guépards se reproduisent avec succès (Marker et O'Brien, 1989). Seulement 26 % des institutions ont rapporté une reproduction réussie jusqu'à 1994 (n=373) dont 15 % ont des succès constants et 45 % ont des succès de reproduction intermittents sur de brèves périodes (Marker-Kraus, 1997). Parfois l'insémination artificielle a été utilisée avec des succès mitigés (Pelican *et al.*, 2006).

Parmi la population captive Nord-Américaine seulement 19 % des mâles et 28 % des femelles se sont reproduits (Howard *et al.*, 1997). Une étude sur 35 ans, au zoo de San Diego a montré que 28 % des femelles ayant eu l'opportunité de se reproduire n'ont pas réussi, 17 % se sont accouplées mais n'ont pas produit de portée et 55 % ont produit une descendance (n=29). Pour les mâles, 38 % ayant eu la possibilité de se reproduire n'ont pas réussi, 54 % se sont reproduits avec succès et 8 % sont potentiellement des pères (n=24). De plus les femelles ne produisent en moyenne que $2,3 \pm 1,0$ portées chacune durant toute leur vie en captivité (Augustus *et al.*, 2006). En 2004 seulement 5,6 % (n=1387) des guépards se sont reproduits (Ziegler–Meeks, 2009).

Environ 80 % des guépards en zoo ne se reproduisent jamais (Koester *et al.*, 2017b). Seulement 44 % des zoos qui ont tenté une reproduction l'ont fait avec succès (Marker et Schumann, 1998). Le succès est notamment dépendant des conditions d'hébergement, de la gestion quotidienne et d'une gestion correcte de la reproduction (Bertschinger *et al.*, 2008b ; Koester, 2014). Ces facteurs influencent significativement les fonctions reproductives physiologiques et le comportement des guépards (Koester, 2014 ; Koester *et al.*, 2015a). Les succès de reproduction varient dramatiquement entre les institutions (McKay, 2003) et la plupart des échecs sont liés à une gestion inadéquate (Chadwick, 2014 ; Marker et Schumann, 1998).

En effet, beaucoup des effets phénotypiques attribués de prime-abord à la dépression consanguine, comme l'infertilité, la diminution de la taille des portées ou l'augmentation de la susceptibilité aux maladies sont limités aux individus captifs et pourraient être expliqués par des artéfacts physiologiques ou comportementaux de la captivité (Merola, 1994). La cause des difficultés de la reproduction est probablement comportementale ou liée à un dysfonctionnement de la libido, ce qui peut dans les deux cas, être associé à des pratiques de gestions inappropriées, un déséquilibre endocrinien ou d'autres problèmes d'origine inconnue (Wildt *et al.*, 1993). Les pratiques de gestion jouent un rôle important dans la reproduction en captivité, notamment sur les opportunités de choix de partenaires, l'exposition au public, l'espace disponible et l'exercice (Crosier *et al.*, 2018).

3.1.8. Puma

La reproduction est plutôt facile en captivité et nécessite même d'être freinée par une contraception (Crandall, 1964 ; Currier, 1983). Cependant certaines régions rencontrent des difficultés. Par exemple, seulement 26 % des pumas se sont déjà reproduits en captivité en Amérique latine (Swanson *et al.*, 2003), alors que 55-86 % des femelles se reproduisent avec succès dans la nature (Logan *et al.*, 1986). Le puma dispose d'un Studbook en Amérique, cependant aucun studbook international, de SSP ou d'EEP n'existe (Animal program database, 2023 ; EAZA, 2017 ; WAZA, 2023b).

3.2. Problèmes généraux liés à la reproduction en captivité

3.2.1. Stress

Un organisme réagit au stress en trois étapes : reconnaissance du stress par le système nerveux central (SNC), création d'une réponse défensive biologique, et conséquences de cette réponse (Edwards *et al.*, 2019). Le stress induit par les conditions de captivité agit sur les fonctions reproductives à plusieurs niveaux.

Les corticoïdes surrénaliens, les peptides apparentés à la pro-opiomélanocortine (POMC) et le facteur de libération de la corticotropine (CRF) interfèrent avec l'action des gonadotrophines au niveau des gonades, inhibant la production de stéroïdes sexuels (Rivier et Rivest, 1991). Les effets du stress chronique, marqués par des taux élevés de cortisol, se manifestent par une diminution de la taille des testicules, un retard du développement embryonnaire et une diminution de la lactation en cas de stress intense (Mackinnon, 2008).

Le processus de réponse au stress, bien qu'initialement adaptatif, peut perturber les processus reproductifs si l'animal y est confronté de manière chronique. L'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HHS) induit des perturbations dans l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique (HHG) (Edwards *et al.*, 2019). Les conséquences sont multimodales.

La période **préovulatoire** est particulièrement à risque. En effet l'inhibition de la sécrétion de GnRH par l'hypothalamus, influençant à la fois la fréquence et l'amplitude de la sécrétion de LH, peut perturber ou interrompre l'ovulation. De plus, les effets inhibiteurs du stress sur l'hypophyse la rendent moins réactive à la GnRH ce qui impacte également l'ovulation. Une fréquence de GnRH/LH insuffisante peut aussi empêcher le développement folliculaire et induire un anœstrus. Enfin, les glucocorticoïdes agissent sur les ovaires en diminuant leur sensibilité à la LH par réduction de la disponibilité des récepteurs (Edwards *et al.*, 2019 ; Rivier et Rivest, 1991).

Pendant la phase **lutéale**, une exposition au stress peut perturber la lutéolyse par inhibition des prostaglandines, causant des cycles anormalement longs. Cela peut aussi interférer avec la croissance utérine et le succès d'implantation. En cas de conception, une augmentation du stress en début de gestation a été associée avec des avortements (Edwards *et al.*, 2019).

Enfin l'insuffisance en GnRH et en gonadotrophines induite par le stress peut causer la diminution de la synthèse des stéroïdes sexuels ce qui impacte l'expression des comportements de réceptivité/proceptivité importants pour la reproduction (Edwards *et al.*, 2019).

Cependant, il est à noter que le stress aigu peut paradoxalement stimuler certains aspects de la reproduction, tels que la décharge de FSH et LH, la fertilité, la maturation sexuelle, l'ovulation, et les comportements sexuels (Edwards *et al.*, 2019). Typiquement, chez le **guépard**, un stress court (changement d'environnement ou introduction de nouvelles personnes par exemple) peut avoir un effet bénéfique sur l'induction de l'excitation, et l'enrichissement de l'environnement peut moduler cet effet. En revanche un stress prolongé peut avoir un effet négatif significatif sur les fonctions reproductrices. Un changement dans les hormones de stress de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HHS) peut causer une réduction du taux de stéroïdes circulants, qui se traduit par une réduction de la libido et/ou de l'activité sexuelle, ou par la suppression des fonctions physiologiques de reproduction (Carlstead et Sliepherdson, 1994).

Même les individus n'exprimant pas de signes évidents de stress, et apparaissant compatibles, ne réussissent pas nécessairement à se reproduire (Kleiman, 1994).

Chez les **guépards** mâles, tout comme chez les **pumas**, l'effet de l'augmentation de l'activité surrénalienne sur la testostérone serait cependant négligeable (Wildt *et al.*, 1988). Chez les **panthères des neiges**, les femelles faisant uniquement des pseudogestations ont une cortisolémie plus élevée que celles ayant fait au moins une gestation (Kinoshita *et al.*, 2011a). Chez les mâles **léopards**, une augmentation de l'activité surrénalienne a un effet inhibiteur sur la production de testostérone (Wildt *et al.*, 1988). Chez les **panthères nébuleuses**, un stress prolongé cause un anœstrus chez les femelles et diminue le taux de testostérone chez les mâles (Brown *et al.*, 1994).

Les facteurs de stress en captivité sont nombreux, et listés ci-après.

3.2.1.1. Présence de public

L'activité générale (sexuelle ou autre) de certains félins tels que les lions, léopards, tigres, panthères des neiges et panthères nébuleuses ne semble pas influencée par la présence ou non de visiteurs (Margulis *et al.*, 2003). Chez les **panthères nébuleuses**, des études contradictoires mettent néanmoins en évidence un taux de corticoïdes plus élevé chez les animaux en contact visuel avec le public (Wielebnowski *et al.*, 2002a).

Chez les **guépards**, même si le nombre de visiteurs ne semble pas avoir d'influence sur leur activité (Chadwick, 2014 ; O'Donovan *et al.*, 1993), la présence de public est un facteur de stress, ce qui incite à recommander un logement hors-public pour les animaux destinés à la reproduction (Ziegler–Meeks, 2009). Chez les **léopards**, une influence de la présence de visiteur, avec diminution de l'activité et de la visibilité, ainsi que celle du type d'enclos, avec une augmentation des stéréotypies dans les enclos hors public moins enrichis, est cependant décrite dans certaines études (Mallapur et Chellam, 2002). Chez les **pumas**, le bruit (particulièrement le matin), et dans une moindre mesure le nombre de visiteurs sont sources de stress (Maia *et al.*, 2012).

3.2.1.2. Conditions de logement et socialisation

Chez les **lions** une étude sur les différences entre les femelles s'étant reproduites et celles n'ayant pas réussi leur reproduction, montre que les femelles non reproductrices sont logées avec un nombre de congénères plus faible, souvent seules. Elles sont aussi quantitativement moins nourries, ont moins de temps d'exposition au public et moins de séances d'entraînement médical par semaine (Daigle *et al.*, 2015).

Chez les **panthères des neiges**, la cortisolémie est plus élevée en dehors de la saison de reproduction chez les animaux logés ensemble toute l'année que chez ceux mis en contact seulement pendant la saison de reproduction (Kinoshita *et al.*, 2011a). Le succès reproductif est inversement corrélé à la taille des groupes et aucune inhibition n'a été mise en évidence en cas de vis-à-vis avec d'autres félins (Rieger, 1978). La présence de plateformes et de troncs permettant aux animaux de grimper et de se reposer en hauteur diminue le stress et favorise la reproduction (Wharton et Mainka, 1997). Le taux de reproduction est corrélé significativement et positivement avec la fréquence d'entrée des soigneurs dans les enclos et la régularité du nettoyage et des repas (McKay, 2003). Cela semble contre-intuitif mais ce sont les informations trouvées dans la littérature consultée.

Chez les **jaguars**, les mâles logés seuls ou appariés avec une seule femelle produisent plus de spermatozoïdes que ceux logés avec plusieurs femelles ou d'autres mâles (Swanson et al., 1995).

Chez les **tigres**, un déficit d'enrichissements environnementaux peut favoriser les stéréotypies et par conséquent les échecs de reproduction par déficit d'expression des comportements normaux au profit de comportements stéréotypés. L'augmentation de la taille des enclos, l'installation de piscines et de pierres, la présence de congénères et les interactions positives avec les soigneurs peuvent permettre d'y remédier (Narayan et al., 2017). Aucune différence dans le succès de la reproduction n'a été observée entre des individus logés continuellement ensemble et des introductions discontinues. Cependant, le tigre a un fort potentiel pour des agressions létales et intenses entre adultes lorsqu'il est logé continuellement avec un congénère (d'autant plus s'il ne lui est pas apparenté) (Saunders et al., 2014). Certaines études montrent également que la présence de congénères dans les enclos avoisinant peut être stressante (De Rouck et al., 2005).

Chez les **guépards**, un contact visuel avec des ongulés ainsi qu'une grande visibilité sur les zones alentours contribue au succès reproducteur (Marker et Schumann, 1998). Afin d'encourager l'expression des comportements naturels et de diminuer le stress, il est conseillé d'éviter la présence de prédateurs à proximité (lions, hyènes...) (Woc Colburn *et al.*, 2018). Les individus (mâle ou femelle) logés en groupe présentent plus « d'allogrooming » (toiletage partenaires) que d'agressivité, d'autant plus si les membres sont apparentés (Caro, 1993 ; Chadwick, 2014). Toutefois, les femelles logées seules ont de bien meilleures chances de reproduction réussie (100 %) que celles logées avec d'autres femelles (0 %) (Ludwig *et al.*, 2019 ; Ziegler–Meeks, 2009). Des taux de cortisol fécaux élevés traduisent un stress chronique chez les femelles hébergées en groupe, et sont corrélés avec une absence de cycle et un comportement anxieux. Lorsque ce taux diminue la cyclicité reprend (Jurke *et al.*, 1997 ; Wielebnowski *et al.*, 2002b). Le surpeuplement et les groupements sociaux non naturels sont stressants (Crosier *et al.*, 2018). Ainsi, on constate que les institutions logeant leurs guépards en respectant la socialité naturelle (femelles seules et mâles en coalition) produisent plus de portées par an (Chadwick, 2014). Pour les mâles, le maintien en coalitions toute l'année permet de conserver un lien fort entre les partenaires, donc d'optimiser le bien-être animal ce qui pourrait améliorer le succès reproducteur (meilleure qualité séminale, testostéronémie plus élevée) (Koester *et al.*, 2015b). Cependant, les scissions s'avérant extrêmement stressantes, le maintien des membres de la coalition en contact visuel, lorsqu'un mâle est présenté à une femelle en chaleurs permet d'éviter le stress et la distraction du reproducteur par les vocalisations de ses congénères (Caro, 1993 ; Chadwick *et al.*, 2013 ; Woc Colburn *et al.*, 2018 ; Ziegler–Meeks, 2009).

Les **panthères nébuleuses** en contact visuel avec d'autres grands carnivores ont un taux de corticoïdes plus élevé tandis que la présence de dispositifs pour grimper est associée à un faible taux (Wielebnowski *et al.*, 2002a).

3.2.1.3. Déplacements et changements d'environnement

À la suite d'un déplacement ou d'un changement d'environnement, 80 % des **guépards** présentent une concentration élevée de corticoïdes à court, moyen, ou long termes. Parmi eux (n=8), la hausse du taux de corticoïdes est maintenue pendant moins de 15 jours (12,5 %) ou au moins 15 jours (87,5 %). L'augmentation peut persister plus de 90 jours chez 37,5 % d'entre eux. En outre,

un déplacement dans un enclos avec exposition au public augmente le risque de stress prolongé, ce d'autant plus lorsque l'animal vient d'un enclos hors-public. Les animaux avec un taux de corticoïdes basal faible sont plus facilement sujets à une augmentation de ce taux après déplacement (Wells et al., 2004).

Une seconde étude aboutit à une conclusion similaire grâce à la mise en évidence d'une hypercortisolémie, d'une diminution de la quantité de testostérone et d'une hypertrophie corticosurrénalienne chez les individus captifs par rapport à leurs congénères libres. Ceci démontre que les guépards en captivité sont chroniquement stressés expliquant probablement en partie le mauvais succès reproductif et la prévalence de maladies inhabituelles (Terio et al., 2004).

De même, chez les **pumas**, les déplacements sont facteurs de stress, avec une augmentation du taux de cortisol urinaire le jour du déplacement, maintenue pendant cinq à sept jours (Carlstead et al., 1992). La mesure des glucocorticoïdes fécaux permet également de déterminer efficacement les facteurs de stress chez 66,7 % (n=9) des individus, 24h après l'évènement (Bonier et al., 2004). Les panthères nébuleuses sont lentes à s'adapter aux changements environnementaux donc les conditions de captivité sont forcément stressantes pour elles (Fletcher, 2000 ; Guerrero, 1997).

En conclusion, il faut améliorer les conditions environnementales et diminuer le stress si on veut que ces espèces se reproduisent en captivité.

3.2.1.4. Relation avec les soigneurs et « personnalité »

Chez les **lions** une étude sur les différences entre les femelles s'étant reproduites et celles n'ayant pas réussi montre que les femelles non reproductrices sont plus timides, peureuses ou indifférentes que les reproductrices. Un taux de renouvellement des soigneurs plus élevé est aussi constaté chez les non reproductrices (Daigle et al., 2015).

Les **panthères nébuleuses** sont timides, nerveuses et recluses, caractères difficilement compatibles avec les conditions de captivité (Fletcher, 2000 ; Guerrero, 1997) De plus, 86 % d'entre elles (n=29) établissent un lien fort avec leurs soigneurs rendant l'introduction de nouveaux soigneurs compliquée. Cela s'exprime par exemple, par de l'agressivité chez les mâles pouvant subsister jusqu'à six mois après l'évènement (Fletcher, 2000). Les animaux entretenus par un plus grand nombre de soigneurs ont un taux de corticoïdes plus élevé. À l'inverse le temps passé avec les soigneurs est corrélé négativement avec le taux de corticoïdes. Un taux de corticoïdes élevé est associé à une augmentation du temps passé à dormir ou caché, du « pacing » (faire les cent pas), du « cloudie stare » et de l'automutilation, majoritairement chez les femelles (63 % n=72). (Wielebnowski *et al.*, 2002a). Le « cloudie stare » est un comportement anormal où l'animal se tapit de manière tendue avec un regard direct et très en alerte qui ne semble pas focalisé sur quelque chose en particulier (Mackinnon, 2008). De manière générale, le taux de cortisol des panthères nébuleuses en captivité est deux fois plus élevé que chez les autres félins (Wildt *et al.*, 1986a).

Chez le **guépard**, un petit nombre de soigneurs attitrés favorise une connaissance intime du tempérament et du comportement de chaque individu (Ziegler-Meeks, 2009). Une relation positive et prévisible avec les soigneurs est une des clefs du succès reproductif (McKay, 2003). La personnalité des guépards est également corrélée avec celui-ci selon 95 % des soigneurs, ainsi qu'avec leur gestion du stress (Chadwick, 2014). Elle peut être séparée en trois ou six

composantes principales selon les études : tendu-peureux, excitable-vocal et agressif (Wielebnowski, 1999) ou excitable, actif, amical avec les soigneurs, amical avec les congénères, peureux-insécuritaire et peureux envers les congénères (Chadwick, 2014). Les femelles sont plus tendues-peureuses ou peureuses-insécuritaires que les mâles, de même que les individus qui n'ont pas réussi à se reproduire par rapport à ceux qui ont réussi (Chadwick, 2014 ; Wielebnowski, 1999). Cependant la thèse de Chadwick (2014) n'a pas permis de montrer une différence significative, tout comme McKay (2003) avait échoué faute d'un échantillon de taille suffisante. En revanche, il a été démontré que les partenaires dans les paires qui échouent ont des personnalités plus similaires que dans celles qui réussissent (Chadwick, 2014). En outre, la méthode d'allaitement n'a pas d'impact sur la personnalité future de l'animal, si ce n'est une meilleure amicalité avec l'humain (Chadwick, 2014 ; Wielebnowski, 1999). Ainsi, la détermination de la personnalité des guépards pourrait permettre de prédire les futurs échecs de reproduction (Wielebnowski, 1999).

L'impact de la personnalité des individus nécessite des études complémentaires chez les grands félins et sa prise en compte pourrait permettre d'adapter les protocoles de reproduction en fonction de chaque paire.

3.2.1.5. Condition physique

Chez les lions une étude sur les différences entre les femelles s'étant reproduites et celles ne n'ayant pas réussi leur reproduction montre que les femelles non reproductrices ont une note d'état corporel supérieure aux reproductrices (Daigle et al., 2015). Le surpoids semble donc nuire à la reproduction.

3.2.2. Contraception

Certaines espèces présentent des difficultés pour se reproduire en captivité et d'autres nécessitent l'utilisation de contraceptifs pour freiner la reproduction et maintenir une diversité génétique adéquate dans un espace réduit. Les méthodes de contraception ne sont pas sans effets secondaires et peuvent participer aux difficultés reproductrices rencontrées ultérieurement.

3.2.2.1. Séparation des individus

Le meilleur moyen de contraception reste la séparation des individus, cependant cela pose, premièrement, des problèmes logistiques de place. Deuxièmement, ceci implique la réalisation d'introductions répétées pouvant être risquées chez certaines espèces telles que la **panthère nébuleuse** (Fletcher, 2000). Chez les **guépards**, la séparation est préconisée par rapport à tout autre moyen de contraception (Sengenberger et al., 2018). Chez le **jaguar**, les conséquences de la séparation sur le tractus génital n'ont pas encore été étudiées. Il est toutefois suspecté que celle-ci pourrait favoriser les échecs de reproduction et les pathologies utérines comme chez les canidés (Biddle, 2022).

3.2.2.2. Contraception définitive

Les méthodes de contraception définitive (vasectomie, ovariectomie, castration, ovariohystérectomie ...) sont évitées sauf pour les individus ayant déjà produit suffisamment de descendance ou pour lesquels la reproduction est à risque pour leur santé (malformations par exemple) (AZA Lion Species Survival Plan, 2012). La vasectomie est rarement recommandée car elle n'empêche pas les ovulations subséquentes aux accouplements chez les femelles ce qui

favorise les pyomètres. Pour les mêmes raisons, la ligature des trompes chez les femelles n'est pas recommandée (Biddle, 2022). La castration définitive induit également une perte de la crinière chez les lions, qui deviennent dès lors moins spectaculaires pour le public (AZA Lion Species Survival Plan, 2012)

3.2.2.3. Progestagènes

Ils peuvent être administrés sous forme de pilules (acétate de mégésterol (MA), ND : Ovaban®), d'injections (médroxyprogestérone (MPA), ND : Depo-Provera®) ou d'implants (acétate de mélangestrol (MGA)) GnRH (Asa *et al.*, 2012 ; AZA Lion Species Survival Plan, 2012). L'implant est la forme la plus courante. Il fut longtemps l'implant contraceptif le plus utilisé, mais est désormais délaissé au profit des agonistes de la Gonadotropin releasing hormone (GnRH) (AZA Lion Species Survival Plan, 2012) à cause de ses effets secondaires.

Les félins femelles fréquemment exposés aux progestagènes peuvent développer une hyperplasie de l'endomètre sévère (85 % chez les traités (n=99), contre 61 % dans le groupe de contrôle (n=212), ce qui peut provoquer une infertilité ou des infections. Indépendamment de la dose administrée, ils présentent également plus de risques de développer des tumeurs mammaires ou utérines (Fletcher, 2000 ; Lamberski, 2015 ; Munson, 2006 ; Munson *et al.*, 2002). Les risques augmentent avec la durée du traitement, notamment lorsqu'il dépasse 72 mois dans le cas du MGA (Munson *et al.*, 2002). Afin de limiter les effets secondaires des progestagènes, il est conseillé d'en faire une utilisation à court terme, de commencer avant tout signe de proœstrus, et de ne pas les utiliser chez les femelles gestantes (Lamberski, 2015).

Certaines publications récentes montrent cependant que le taux de tumeurs mammaires chez les *Pantherinae* est élevé même chez les animaux n'ayant jamais reçu de contraception. Cela signifierait que d'autres facteurs peuvent être impliqués dans la prévalence de ces tumeurs et que les résultats des autres études seraient probablement biaisés par le fait qu'une majorité de la population captive a été exposée au moins une fois dans sa vie au MGA (Kloft *et al.*, 2019).

Parmi les *Pantherinae*, les **jaguars** sont particulièrement prédisposés aux carcinomes ovariens (40 %) et mammaires (25,5 %), cependant aucun lien avec l'utilisation de progestagènes n'a été mis en évidence. La cause serait d'origine génétique avec une mutation héréditaire qui, de plus, en cas d'homozygotie est à l'origine d'une mortalité embryonnaire délétère pour la reproduction en captivité (Corner *et al.*, 2015 ; Munson, 2003). Les progestagènes sont néanmoins fortement déconseillés chez cette espèce (Biddle, 2022) car certaines études montrent une prévalence multipliée par deux des tumeurs chez les individus exposés au MGA (Hope *et al.*, 2006).

Chez les **lionnes**, en cas d'utilisation d'implants de MGA, le retour de la cyclicité s'observe 28,3 jours après le retrait (n=3), et l'activité sexuelle post-retrait est significativement augmentée (Orford *et al.*, 1988).

3.2.2.4. Agonistes de la GnRH.

La contraception par le biais des implants aux agonistes de la GnRH (desloréline, ND : Suprélorin®) est contraignante à cause de la phase de « flare up » exprimée juste après la pose chez les mâles et les femelles. Le « flare up » correspond au risque d'entrée en chaleurs et d'ovulation après la pose chez les femelles et à une augmentation de courte durée de la testostéronémie, du marquage, et/ou de l'agressivité chez les mâles (AZA Lion Species Survival

Plan, 2012). Chez les femelles cette phase peut être évitée par l'administration de pilules d'acétate de mégestrol (MA) pendant une semaine avant et après la pose de l'implant (Wright et al., 2001). D'autres inconvénients sont également présents comme une durée d'action extrêmement variable individuellement et un retrait de l'implant parfois difficile, ne permettant pas de prédire la réversibilité exacte. Chez les canidés, il a été prouvé que le traitement au Suprélorin® est à l'origine d'un taux plus élevé de pyomètres et d'hyperplasie glandulokystique de l'endomètre en l'absence de traitement complémentaire avec l'acétate de mégestrol (Asa et al., 2012). Chez les félidés aucune étude n'a été effectuée mais par précaution, il est recommandé de ne pas poser d'implant sans traitement MA en parallèle (Asa et al., 2012 ; AZA Lion Species Survival Plan, 2012).

Chez les **léopards** la desloréline est efficace et réversible pour les femelles. Les résultats semblent également en faveur d'une conclusion similaire chez les mâles, cependant la durée de l'étude (quatre mois) est trop courte pour en avoir la certitude. Chez les **lionnes** l'efficacité a été prouvée, mais son utilisation est associée à la perte de crinière chez le mâle. Cette dernière est réversible, cependant le retour à la fertilité n'est pas prouvé (Bertschinger et al., 2002). Le retour de la cyclicité est sujet à une très forte variabilité et s'observe en moyenne 48 [42,2-54,4] mois après la pose de Suprélorin® (n=3) (Putman et al., 2015). Chez les **guépards** l'efficacité a été prouvée pour les deux sexes sans effets secondaires ou prise de poids. Chez ces trois espèces, son utilisation diminue les risques à long terme d'hyperplasie glandulokystique et de pyomètre en protégeant les individus d'une exposition cyclique aux variations hormonales (2006, 2002).

Chez les **jaguars** les implants sont recommandés pour les deux sexes avec l'utilisation de progestagènes chez la femelle durant la semaine précédant et suivant la pose. L'utilisation chez les femelles gestantes est interdite, car elle peut provoquer un avortement spontané ou empêcher le développement mammaire ainsi que la lactation. Ils peuvent être utilisés sur les femelles en lactation et aucun effet sur la reproduction ultérieure n'a été observé si l'utilisation est démarrée avant le début de la puberté (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Biddle, 2022). La durée de réversibilité reste cependant très variable (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016).

Les durées d'action des implants à la desloréline sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Durées d'action du Suprélorin® chez les grands félins.

	Femelles				Mâles			Sources
	Durée d'action	Dose	Moment d'implantation	n	Durée d'action	Dose	n	
Léopard	≥ 12 mois (max 18)	6 mg		3	≥ 4 mois	6 mg	1	(Bertschinger <i>et al.</i> , 2002)
	12-36 mois	4,7 mg			≥ 6 mois (Plusieurs cas ≥ 12 mois)	4,7 mg	*	(EAZA RMG, 2024a)
Lion	12 mois 18 mois	12 mg	Diœstrus Anœstrus	2 2	Données manquantes			(Bertschinger <i>et al.</i> , 2002)
	48 mois [42,2-54,4] max 78,5 mois			8				(Putman <i>et al.</i> , 2015)
	30,1 mois	3 x 4,7 mg (14,1 mg)		30				(Bertschinger <i>et al.</i> , 2008a)
Panthère des neiges	Environ 12 mois	4,7 mg	Anœstrus		Données manquantes			(Cowl et Bertschinger, 2019)
	Environ 24 mois	9,4 mg	Anœstrus					
Jaguar	≥ 6 mois	2 x 4,7 mg		*	≥ 6 mois	4,7 mg	*	(EAZA RMG, 2024b)
	≥ 12 mois	2 x 9,4 mg			≥ 12 mois	9,4 mg		
Tigre	≥ 33 mois	9,4 mg		1				(Bertschinger <i>et al.</i> , 2008a)
	≥ 6 mois (environ 12) Conception 50,7 mois	2-3 x 4,7 mg			≥ 6 mois	4 x 4,7 mg	*	(EAZA RMG, 2024c)
	≥ 12 mois (environ 24) Conception 51,9 mois	2-3 x 9,4 mg			≥ 12 mois	4 x 9,4 mg		
Panthère nébuleuse	Absence de données				Absence de données			
Guépard					≥ 12 mois	6 mg	17	(Bertschinger <i>et al.</i> , 2006)
	≥ 16 mois (max 21)	6 mg		13	≥ 12 mois (max 24)	6 mg	6	(Bertschinger <i>et al.</i> , 2002)
Puma	Absence de données				Absence de données			

* Données sur la durée d'action exacte manquantes

3.2.3. Tératospermie

Un autre facteur pouvant entraver la reproduction est la fréquente tératospermie des félidés (>60 % de spermatozoïdes anormaux) (Pukazhenth et al., 2006). Elle est principalement rencontrée chez les populations isolées, parfois accompagnée d'oligozoospermie (faible nombre de spermatozoïdes) ou d'asthénospermie (faible motilité des spermatozoïdes). Cependant l'impact exact sur le déclin de la fertilité est peu clair à l'heure actuelle (Fontbonne et al., 2007). Il a été prouvé que les spermatozoïdes normaux et anormaux des individus tératospermiques ont de moins bonnes aptitudes à féconder les ovules (Wildt, 1994).

L'anomalie la plus fréquemment rencontrée chez les félins est l'existence d'une pièce intermédiaire coudée. Les anomalies de la tête, de l'acrosome ou des flagelles et la persistance de gouttelettes cytoplasmiques (corps résiduels) sont également fréquentes (Fontbonne et al., 2007). En captivité, le stress et une alimentation inadaptée pourraient aggraver ces phénomènes. Ainsi, une supplémentation vitaminique peut parfois augmenter la quantité de spermatozoïdes éjaculés, mais pas leur qualité morphologique (Pukazhenth et al., 2006) Néanmoins chez le jaguar une diminution de plus de 50 % des anomalies primaires est observée lors de complémentation vitaminique et minérale (Paz et al., 2006).

Un mécanisme adaptatif semble s'être mis en place chez les félins : ceux-ci produisent plus de spermatozoïdes que la plupart des autres mammifères par gramme de tissu testiculaire, et les pertes en cellules germinales au cours de la spermatogenèse sont réduites. Selon certains auteurs, le mécanisme d'adaptation des éjaculats à cette tératospermie expliquerait que des accouplements répétés soient nécessaires chez les félins, afin que davantage de sperme soit déposé dans les voies génitales femelles (Fontbonne et al., 2007).

Les caractéristiques de la qualité spermatique de chaque espèce sont présentées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Qualité spermatique des grands félins

	Indice de motilité spermatique (SMI)	Concentration spermatique ($\times 10^6/\text{mL}$)	Spermatozoïdes anormaux (%)	Anomalies primaires (%)	Anomalies secondaires (%)	Acrosomes intacts (%)	Source
Léopard	56,7 (n=20)	54,1 \pm 31,6 (n=158)	52,8 \pm 18,2 % (n=158)	29,2 % (n=140)	23,4 % (n=140)	83,5 \pm 7,8 % (n=146)	(Andrews <i>et al.</i> , 2019)
Lion	61,1 (n=40)	21,3 \pm 17,3 (n=55)	49 \pm 20 % (n=72)	15 % (n=48)	27,1 % (n=48)	96,3 \pm 3,5 % (n=41)	(Andrews <i>et al.</i> , 2019)
Panthère des neiges	77,1 (n=61)	39,1 \pm 34,5 (n=44)	55,2 \pm 13 % (n=61)	23,9 % (n=44)	32,1 % (n=44)	91,1 \pm 2,4 % (n=44)	(Andrews <i>et al.</i> , 2019)
	75,1 \pm 2,3 [40-90] (n=41)	41,1 (n=41)	71,4 % [51,5-94] (n=41)	7 % (n=41)	62,3 % (n=41)	100 % (n=41)	(Herrick <i>et al.</i> , 2020)
Jaguar	59 (n=194)	9,1 \pm 7,9 (n=194)	53,1 \pm 10,2 % (n=194)	36,6 % (n=176)	17,3 % (n=176)	96,2 \pm 5 % (n=136)	(Andrews <i>et al.</i> , 2019)
Tigre	76,8 (n=33)	45,3 \pm 20,5 (n=147)	24,3 \pm 10,6 % (n=131)	11,6 % (n=67)	13,2 % (n=67)	94,7 \pm 1,41 % (n=45)	(Andrews <i>et al.</i> , 2019)
Panthère nébuleuse	69,4 (n=226)	33,2 \pm 46,6 (n=235)	66,9 \pm 19,2 % (n=235)	21,5 % (n=75)	27,7 % (n=75)	68,4 \pm 17,9 % (n=231)	(Andrews <i>et al.</i> , 2019)
Guépard	67,4 (n=694)	26,9 \pm 12 (n=634)	74,5 % (n=890)	34,2 % (n=275)	48,3 % (n=374)	81,3 \pm 9,6 % (n=356)	(Andrews <i>et al.</i> , 2019)
Puma	57,6 (n=147)	16,4 \pm 9 (n=147)	84,2 \pm 8,6 % (n=131)	33,9 % (n=10)	45,5 % (n=10)	69,5 \pm 12,7 % (n=49)	(Andrews <i>et al.</i> , 2019)

3.3. Gestion des étapes du cycle reproducteur

3.3.1. Détection de l'œstrus

Il existe de nombreuses méthodes pour détecter l'œstrus chez les félins, cependant aucune ne présente une fiabilité à 100 %.

3.3.1.1. Détection comportementale

La détection comportementale n'est pas toujours fiable si elle est utilisée seule. En effet, une forte variabilité à cause d'un environnement inadéquat, ainsi qu'une fluctuation dans la longueur des cycles entre les individus et les espèces, rend la tâche difficile (Gonçalves, 2019). La plupart des femelles, quelle que soit l'espèce, expriment rarement des signes évidents de chaleurs (Brown, 2006). Les signes physiques extérieurs d'œstrus comme l'œdème et les écoulements vulvaires sont discrets, difficiles à identifier, voire inexistantes (Gonçalves, 2019).

3.3.1.1.1. Léopard

L'œstrus est identifiable par des changements comportementaux, dont les deux principaux sont une augmentation du marquage olfactif (frottement des joues, marquage urinaire, dépôt d'excréments et grattage du sol avec les postérieurs) et l'émission de vocalisations (Allwin et Pa, 2016 ; Hunter, 2015 ; Hunter *et al.*, 2013 ; Zhang *et al.*, 1999). Les vocalisations, habituellement entendues au crépuscule, sont alors audibles en milieu de journée, pendant plusieurs heures (Muckenhirn et Eisenberg, 1973).

Les vocalisations, essentiellement émises par la femelle, sont de trois types :

- Le cri d'appel, est fort, dure plus de cinq minutes, a souvent lieu en série de plus de cinq émissions, ressemble au son d'une scie, et sert de communication longue distance
- Le prusten est une sorte de renâchement par les narines faisant office de salutations entre les partenaires
- Le gémissement est de faible puissance mais de longue durée, et peut aussi s'entendre lors des salutations (Allwin et Pa, 2016).

Chez la femelle, il est possible d'observer les comportements suivants : multiples roulades sur le dos, parfois incomplètes (quart ou demi), presque toujours accompagnées du gémissement, présentation de la zone ano-génitale en arquant la queue sur le côté et/ou lordose et fouettements de queue en présence du mâle (Allwin et Pa, 2016 ; de Haas van Dorsser *et al.*, 2007 ; Heptner et Sludskii, 1992 ; Zhang *et al.*, 1999). Une augmentation relative de la fréquence de marquage urinaire peut également survenir (Allwin et Pa, 2016 ; Schmidt *et al.*, 1988 ; Zhang *et al.*, 1999).

En captivité, on observe aussi une augmentation de l'activité, de l'affectivité, des frottements de la tête et des flancs (contre les murs et les barreaux des cages) notamment en présence d'un mâle à proximité (Allwin et Pa, 2016 ; de Haas van Dorsser *et al.*, 2007 ; Sadlier, 1966 ; Schmidt *et al.*, 1988). Pendant le premier jour une sorte de ronronnement continu et profond envers les soigneurs ou le mâle est également émis (de Haas van Dorsser *et al.*, 2007). En cas de logement collectif, des frottements de la tête et de la zone périnéale sur un autre léopard, des chevauchements (produits ou subits) ainsi que des soulèvements de l'abdomen d'une femelle par une autre peuvent avoir lieu (Schmidt *et al.*, 1988).

Le mâle, quant à lui, manifeste du flehmen après avoir reniflé les murs, le sol, et les barreaux dans 44 % des cas (Allwin et Pa, 2016). Il répond aux avances de la femelle et devient très actif (Zhang et al., 1999). Une nette augmentation du marquage olfactif (urinaire, griffades) est également constatable (Bothma et Coertze, 2004 ; Bothma et Le Riche, 1995). Dans la nature, plusieurs mâles peuvent suivre une même femelle en chaleurs ce qui donne lieu à de sévères combats (Heptner et Sludskii, 1992).

Les deux sexes manifestent une agitation avec augmentation de l'activité soit, en captivité, en faisant plus souvent du « pacing » ou « arpentage » (faire les cent pas) (Allwin et Pa, 2016 ; de Haas van Dorsser *et al.*, 2007 ; Schmidt *et al.*, 1988) soit, en milieu naturel, par un vagabondage hors des limites du territoire (Hunter et al., 2013). Ceci concerne 59 % des femelles sauvages (Owen et al., 2010). Une dysorexie voire une anorexie peut aussi survenir (Allwin et Pa, 2016 ; Heptner et Sludskii, 1992 ; Zhang *et al.*, 1999). En captivité une préférence pour une zone sombre de l'enclos peut aussi être remarquée (Allwin et Pa, 2016).

En théorie, une combinaison de tout ou partie de ces comportements donne une bonne indication de l'œstrus mais 51 % des chaleurs sont silencieuses. De plus les jeunes sont souvent trop timorées pour exprimer des signes clairs de chaleurs avant deux ans (Schmidt et al., 1988 ; Zhang et al., 1999).

3.3.1.1.2. *Lion*

L'œstrus s'exprime par une augmentation des vocalisations (Graham *et al.*, 1995 ; Meena, 2010 ; Silva *et al.*, 2006), qui constituent plus de 60 % de l'activité de la femelle et dont la fréquence est la plus élevée au 3^e jour (Schramm et al., 1994 ; Umapathy et al., 2007). Les vocalisations sont souvent suivies de roulades sur le dos qui durent entre 10 et 30 secondes, dont la fréquence augmente au 2^e jour et diminue à partir du 6^e (Callealta *et al.*, 2018 ; Graham *et al.*, 1995 ; Schramm *et al.*, 1994 ; Silva *et al.*, 2006 ; Umapathy *et al.*, 2007).

Une augmentation, moins flagrante, du marquage urinaire est observée, ce tout au long de l'œstrus (Meena, 2010 ; Rosevear, 1974 ; Umapathy *et al.*, 2007). Les frottements des joues contre les surfaces et la lordose sont également manifestés tout au long de l'œstrus mais moins fréquents (Schramm et al., 1994 ; Silva et al., 2006 ; Umapathy et al., 2007). La femelle affiche aussi une certaine agitation avec des changements de position, des déplacements continus ainsi que la queue dressée et remuante, voire enroulée autour de sa croupe (Kingdon, 1977 ; Packer et Pusey, 1983a ; Schaller, 1972a). Le léchage anogénital est intensifié et, en cas de présence d'un mâle, elle le sollicite en se frottant contre lui (Callealta *et al.*, 2018 ; Tefera, 2003). En captivité, la femelle peut en sus démontrer de l'agressivité envers les autres lions et les soigneurs, (AZA Lion Species Survival Plan, 2012) ou au contraire de l'affectivité pour les soigneurs (Daigle *et al.*, 2015 ; Sadlier, 1966).

Le mâle, quant à lui, manifeste les comportements suivants : proximité avec la femelle (rarement à plus de trois mètres) (Packer et Pusey, 1983a) ; dysorexie parfois ; intolérance envers les autres lions et les soigneurs (AZA Lion Species Survival Plan, 2012) ; marquage olfactif (Lehmann *et al.*, 2008b ; Schaller, 1972a) ; flehmen après reniflement de l'urine d'une femelle (Tefera, 2003) ; reniflement de la vulve ; léchage de la nuque, du dos ou de la croupe de la femelle parfois ; érection quelquefois ; tentative de monte occasionnelle (Kingdon, 1977 ; Schaller, 1972a).

Néanmoins, 73 % des femelles présentent des chaleurs silencieuses (n=11) (Putman et al., 2015). En pratique, 53 % des femelles (n=40) sont logées continuellement avec un mâle qui effectue aisément la détection alors que 28 % sont séparées pendant l'œstrus et nécessitent une détection humaine (Daigle et al., 2015). Lorsqu'elles sont exprimées la détection par le biais des vocalisations est plutôt aisée (Umapathy et al., 2007).

3.3.1.1.3. *Panthère des neiges*

L'œstrus s'exprime par une augmentation de la fréquence des vocalisations (miaulement aigu prolongé et perçant, émis par le mâle en premier) surtout au crépuscule ainsi que du marquage (Graham *et al.*, 1995 ; Koivisto *et al.*, 1977 ; Rai et Jha, 2013 ; Schmidt *et al.*, 1993). Le marquage comprenant tous les comportements suivants : grattage du sol avec les postérieurs, dépôt de selles, marquage urinaire et olfactif (glandes annales, glandes sébacées des joues...) et griffades sur les arbres (Ahlborn et Jackson, 1988 ; Mccarthy et Chapron, 2003). Il est principalement effectué le long des voies de passage (Fox et al., 1991 ; Mccarthy et Chapron, 2003). Dans la nature, les vocalisations sont fréquemment émises le soir, depuis des rochers proéminents et peuvent être audibles jusqu'à 300 à 400m à la ronde (Heptner et Sludskii, 1992 ; Jackson, 1996). De même en captivité, l'animal aura tendance à les émettre depuis un endroit surplombant le reste de l'enclos (rocher, plateforme, ...).

Au sein du couple reproducteur, on observe également une augmentation du reniflement de la zone ano-génitale, des frottements de la tête et du corps, des déplacements à proximité et enfin un comportement joueur de chasse à l'affut (Freeman, 1983 ; Kinoshita *et al.*, 2009 ; Reichert-Stewart *et al.*, 2014 ; Wemmer et Scow, 1977). Ces comportements augmentent plus chez le mâle que chez la femelle (Freeman, 1983). Contrairement à d'autres espèces, on n'observe pas de comportement agressif (Koivisto et al., 1977).

La femelle fait plus de roulades sur le dos, d'auto-grooming (faire sa toilette), de prusten (sorte de renâchement amical), de déplacements et peut présenter du flehmen (1983, 1975 ; Kinoshita *et al.*, 2009 ; Rai et Jha, 2013). À l'inverse, elle arpente beaucoup moins l'enclos de manière stéréotypée (« pacing ») marque moins et perd l'appétit (Freeman, 1983 ; Kinoshita *et al.*, 2009 ; Marma et Yunchis, 1968). L'adoption d'une position de lordose est également caractéristique (Kinoshita et al., 2009). En captivité, elle peut également se laisser caresser par les soigneurs (Sadlier, 1966).

Le mâle présente du flehmen et une augmentation de « l'allogrooming » (toilette du partenaire) (Freeman, 1983 ; Wemmer et Scow, 1977).

3.3.1.1.4. *Jaguar*

L'œstrus s'exprime par une augmentation de la fréquence et du volume des vocalisations décrites comme la répétition d'une toux aboyante et rauque (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Baker JR., 2003a ; Quigley et Crawshaw JR., 2002 ; Stehlik, 1971). Celles de la femelle comportent cinq à sept répétitions, alors que celles du mâle en comportent 17 à 22, beaucoup plus rauques et gutturales que lors du cri habituel. Elles sont principalement entendues tard le soir ou avant le lever du soleil (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Baker JR., 2003a).

Une augmentation du marquage olfactif est également observable (marquage urinaire et grattage postérieur formant des monticules avec dépôt de fèces éventuel) (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Baker JR., 2003a ; Biddle, 2022 ; Harmsen *et al.*, 2010). Le mâle et la femelle

passent leur temps à se chercher l'un et l'autre, parfois jusqu'à l'épuisement de la femelle, ce qui oblige à les séparer en captivité (Leal, 1979).

L'entrée en œstrus chez la femelle se manifeste également par une agitation qui l'entraîne parfois bien en dehors de son territoire habituel pour trouver un partenaire (Baker JR., 2003a ; Quigley et Crawshaw JR., 2002). En captivité, cette agitation se traduit par du « pacing » (Sadler, 1966 ; Stehlik, 1971 ; Wildt et al., 1979). Elle se frotte contre les surfaces à sa disposition et fait de nombreuses roulades sur le sol (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Stehlik, 1971 ; Wildt et al., 1979). Elle peut éventuellement présenter une dysorexie voire une anorexie (Leal, 1979 ; Stehlik, 1971). Un autre signe caractéristique est l'adoption d'une position de lordose (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Baker JR., 2003a ; Biddle, 2022). Néanmoins, il peut arriver que la femelle soit hormonalement en œstrus sans présenter de modification comportementale (Barnes et al., 2016).

Les mâles, eux, vont suivre les femelles, manifester du flehmen et présenter une dysorexie pouvant aller jusqu'à l'anorexie pour se consacrer uniquement à la reproduction (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Munson, 2003).

3.3.1.1.5. Tigre

Lors du proœstrus, on peut observer, chez la femelle, une augmentation de 42 % de l'activité (« pacing », changements de position incessants) et une diminution du temps passé à se reposer de 36 % par rapport à l'anœstrus (Das, 1980 ; Groot et al., 2013 ; Palita et al., 1996 ; Sankhala, 1967 ; Seal et al., 1987). En cas d'absence de mâle, une augmentation du marquage urinaire est également notable (Khan, 2004 ; Schaller, 1967 ; Smith et al., 1989). Dans le cas contraire, la femelle n'ayant pas besoin d'attirer de mâle, ce sera une diminution de 58,9 %. La femelle montre aussi un intérêt accru pour le mâle (prusten, frottements de tête) (Groot et al., 2013).

L'œstrus s'exprime premièrement par une augmentation de la fréquence des vocalisations (grognement caractéristique et gémissements), des reniflements ainsi que du marquage (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Das, 1980 ; Palita et al., 1996 ; Pitsko, 2016 ; Schaller, 1967). Le marquage comprend tous les comportements suivants : grattage du sol avec les postérieurs, dépôt de selles, marquage olfactif (glandes sébacées des joues, glandes anales ...) et griffades sur les arbres (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Das, 1980).

Au sein du couple reproducteur, on observe une augmentation des interactions positives (prusten et frottement de la tête et du corps) (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Groot et al., 2013 ; Seal et al., 1987). En cas d'accouplement, il y a présence également de nombreuses interactions négatives avec le mâle (Groot et al., 2013).

Pour la femelle, on peut constater une augmentation de 60 % du temps de repos et une diminution de 72 % du « pacing », ainsi qu'une diminution de la fréquence de marquage urinaire par rapport au proœstrus (Groot et al., 2013 ; Smith et al., 1989). Elle fait également de nombreuses roulades ou demi-roulades et se présente au mâle en position de lordose (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Raju et al., 1997 ; Sankhala, 1967 ; Seal et al., 1987). Elle pourra aussi présenter un comportement joueur de chasse à l'affût, et parfois de la dysorexie voire de l'anorexie (Das, 1980 ; Heptner et Sludskii, 1992 ; Sankhala, 1967).

En captivité, on observe des frottements contre des objets et des assises fréquentes devant la porte de la cage du mâle (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Das, 1980 ; Graham

et al., 1995). Tous ces comportements s'opposent à l'interœstrus, qui lui, est caractérisé par un repos silencieux de la tigresse (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

Le mâle devient moins méfiant vis-à-vis de l'homme pendant la période de rut (Heptner et Sludskii, 1992). Il manifeste également du prusten et une augmentation du marquage urinaire (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Khan, 2004 ; Pitsko, 2016 ; Smith *et al.*, 1989).

Néanmoins, certaines femelles n'expriment pas de comportement évident d'œstrus (Wildt *et al.*, 1987) et les tigresses biberonnées ont tendance à toujours réagir positivement au contact des soigneurs ce qui rend difficile la détection de l'œstrus (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016). A ceci s'additionne, la présence d'un anœstrus de 1,5 à 8 mois chez certains animaux, plus ou moins corrélé avec les saisons, potentiellement influencé par la photopériode, cependant sans schéma systématique selon les individus (Graham *et al.*, 2006 ; Seal *et al.*, 1987).

3.3.1.1.6. *Panthère nébuleuse*

Si la femelle est en proœstrus et par conséquent pas encore réceptive, elle feule, grogne et donne des coups de pattes. Le mâle cède et se remet à l'observer pour réessayer plus tard (Fletcher 2000)

L'œstrus s'exprime notamment par des vocalisations (miaulement prolongé et fort), ainsi que du marquage (Fletcher, 2000 ; Tipkantha *et al.*, 2017). Le marquage comprenant tous les comportements suivants : grattage du sol avec les postérieurs, dépôt de selles, marquage urinaire et olfactif (frottement des joues, griffades, roulades, enroulage de la queue autour des arbres), en général précédés d'une phase d'investigation avec reniflements et flehmen (Allen *et al.*, 2016 ; Fletcher, 2000). Les vocalisations peuvent être audibles jusqu'à 100 m à la ronde (Fletcher, 2000).

La femelle devient agitée, fait des roulades et se frotte (Tipkantha *et al.*, 2017). On observe également une dysorexie, une augmentation des comportements affectifs et l'adoption d'une position de lordose (Yamada et Durrant, 1989).

Le mâle présente également une modification de comportement. Il surveille attentivement la femelle à distance, sans la fixer agressivement et augmente sa fréquence de marquage, que ce soit urinaire ou olfactif (frottement des joues, griffades...). En parallèle, il présente un comportement investigateur, reniflant les objets marqués par la femelle, et y répondant par du flehmen et des vocalisations. Le mâle et la femelle en étroite proximité émettent un miaulement court et aigu ainsi que du prusten (Fletcher, 2000)

Cependant, de nombreuses femelles n'ont pas de changement marqué de comportement alors que d'autres présentent lordose, roulades, et déambulation (Fazio, 2010 ; Mackinnon, 2008). Les indices comportementaux sont subtils et difficiles à détecter car c'est une espèce timorée et nocturne mais sont fiables lorsqu'ils sont observés (Brown *et al.*, 1995 ; Wildt *et al.*, 1986c ; Yamada et Durrant, 1989). De plus, une grande variabilité dans la longueur des cycles est observable, et la haute fréquence d'ovulation spontanées compliquent la chose (Howard *et al.*, 1996). En captivité la cyclicité est continue toute l'année lorsque les animaux sont maintenus à l'intérieur avec un éclairage long (Brown, 2011)

3.3.1.1.7. *Guépard*

Il existe une très grande variabilité individuelle, ce qui ne permet pas de définir de comportement type d'œstrus qui puisse être valable pour tous les individus (Bircher et Noble, 1997 ;

Wielebnowski et Brown, 1998). L'œstrus se manifestera par l'expression répétée d'au moins un des divers comportements décrits ci-après mais reste très difficile à repérer en pratique.

Pour les deux sexes :

- Augmentation de la fréquence des vocalisations : gazouillements/ piaulements pour la femelle; jacassement grave/bégaiement (quatre à six courtes notes de succession rapide ressemblant à un ronronnement saccadé), gazouillements et jappements pour le mâle (Bertschinger *et al.*, 2008b ; Debelmas *et al.*, 2011 ; Wielebnowski et Brown, 1998 ; Ziegler–Meeks, 2009).
- Augmentation du marquage : grattage postérieur formant un monticule de terre, miction, dépôt de selles, marquage urinaire et olfactif et griffades sur les arbres (Bertschinger *et al.*, 2008b ; Marnewick *et al.*, 2006 ; Wielebnowski et Brown, 1998 ; Ziegler–Meeks, 2009).
- Augmentation des comportements d'investigation (reniflements, flehmen, léchage d'une zone marquée par la femelle, etc.) des mâles et des femelles (57 %) (Bircher et Noble, 1997 ; Jurke *et al.*, 1997 ; Wielebnowski et Brown, 1998 ; Ziegler–Meeks, 2009).
- Augmentation de la fréquence du toilettage entre partenaires (« allogrooming »), peut également augmenter (Bircher et Noble, 1997 ; Eaton et Craig, 1973 ; Foster, 1977).

Chez la femelle :

- Augmentation de l'activité : jeux et interactions avec le mâle ; roulades (50 % des femelles) ; toilettage personnel (« autogrooming »), dont le léchage anogénital (Benzon et Smith, 1977 ; Bertschinger *et al.*, 2008b ; Bircher et Noble, 1997 ; Kinoshita *et al.*, 2009 ; Wielebnowski et Brown, 1998 ; Ziegler–Meeks, 2009).
- Prise d'une position de lordose et parfois anorexie ou dysorexie (Frank et Saffoe, 2005 ; Jurke *et al.*, 1997 ; Ziegler–Meeks, 2009).
- Possible augmentation de l'affectivité, avec notamment cambrement du dos lors de caresses (Florio et Spinelli, 1967).

Chez le mâle (signes plus caractéristiques d'intérêt pour la femelle) :

- Nombreuses tentatives d'approche, sous forme de poursuites, de regards et de courses (Brown *et al.*, 1996 ; Debelmas *et al.*, 2011 ; Ziegler–Meeks, 2009).
- Inspection de la zone anogénitale de la femelle, comportement pouvant donner lieu à une marche en cercle, avec les deux partenaires reniflant leurs zone ano-génitales réciproques (Bircher et Noble, 1997 ; Eaton, 1974 ; Eaton et Craig, 1973).
- Érections et parfois anorexie (Bircher et Noble, 1997 ; Debelmas *et al.*, 2011 ; Louwman et Louwman, 2005 ; Ziegler–Meeks, 2009)..

Ces signes sont cependant souvent très discrets. L'identification des chaleurs de manière sûre est donc un des problèmes majeurs en zoos (Brown, 2011 ; Koester *et al.*, 2017a ; Sengenberger *et al.*, 2018). Le problème est d'autant plus important chez les jeunes femelles, car l'expression de certains comportements d'œstrus (frottements, roulades, marquage urinaire) s'intensifie avec l'âge (Wielebnowski et Brown, 1998 ; Ziegler–Meeks, 2009). Une solution pourrait être la prédiction du prochain œstrus grâce aux cycles pendant leur durée (intra et

interindividuelle) très variable rend cette prévision impossible (Crosier et al., 2018). Une autre solution possible serait être la mise en place d'interactions mâles-femelles car elles entraînent l'expression de signes manifestes d'œstrus (Bertschinger et al., 2008b). L'utilisation d'une coalition de mâles, introduite dans l'enclos vide d'une femelle, peut s'avérer utile pour détecter l'œstrus car les coalitions ont de meilleures capacités d'investigation des signes d'œstrus et ont un comportement plus confiant que les mâles seuls (Ziegler–Meeks, 2009).

En outre, plus de 25 à 50 % des femelles en captivité ont des ovaires inactifs en permanence alors que 100 % des femelles sauvages sont en phase active du cycle (proœstrus, œstrus, diœstrus, gestation, lactation) et fertiles (Brown et al., 1996 ; Crosier et al., 2017 ; Wachter et al., 2011 ; Wildt et al., 1993). De nombreuses femelles captives présentent également une phase d'anœstrus de 1 à 5,5 mois, non synchrone, sans schéma systématique selon les individus et sans lien avec la saison ou des causes environnementales évidentes (Brown et al., 1996 ; Koester et al., 2017a ; Terio et al., 2003 ; Wielebnowski et al., 2002b). Les causes sont controversées selon les études : certaines démontrent que c'est principalement le cas des femelles logées par paires et d'autres que c'est le cas de celles logées seules (Koester et al., 2017a ; Ludwig et al., 2019 ; Wielebnowski et al., 2002b).

L'interruption de la cyclicité est imprévisible, inexplicable et s'effectue soit en séquence soit en tant qu'évènement isolé (Crosier et al., 2017 ; Wildt et al., 2010). Celle-ci n'est probablement pas due à un stress chronique car les concentrations en glucocorticoïdes sont les mêmes chez les individus libres et captifs (Wachter et al., 2011). La cause la plus probable serait une suppression de l'activité ovarienne par la présence d'une autre femelle. La séparation des individus permet alors la réversibilité rapide du phénomène (Wielebnowski et al., 2002b). La présence d'œstrogènes alimentaires dans la ration, comme le soja, pourrait également être à l'origine de cette interruption de la cyclicité. En effet, ils agissent comme contraceptifs par rétrocontrôle négatif sur l'axe HHG et peuvent être à l'origine de lésions utérines (fibrose, kystes) entraînant une infertilité parfois irréversible (Setchell et al., 1987 ; Thompson, 1990).

Il a également été mis en évidence un vieillissement asymétrique des organes reproducteurs chez le guépard : les femelles ne se reproduisant pas ont plus de troubles de la fertilité du fait de la fluctuation hormonale incessante ce qui réduit les chances d'établir une gestation (Ludwig et al., 2019 ; Wachter et al., 2011). Pour y remédier et maintenir la fertilité, les femelles doivent se reproduire avant cinq ou six ans, ce qui est le cas de 87,5 % des femelles captives (Ludwig et al., 2019).

Afin de remédier à cette acyclicité, il est possible de tenter de stimuler comportementalement la survenue d'un œstrus. Une première méthode consiste à placer deux mâles dans deux cages adjacentes, en contact visuel et olfactif avec les femelles. Ceci a pour effet d'induire une chasse le long du grillage entre les mâles, ce qui peut déclencher l'œstrus des femelles. Une fois la femelle en œstrus, le mâle désigné pour l'accouplement pourra alors lui être présenté (Bircher et Noble, 1997 ; Ziegler–Meeks, 2009). Une deuxième méthode consiste à changer l'environnement de la femelle pour créer un stress de courte durée et tenter d'induire ainsi l'œstrus (Ziegler–Meeks, 2009).

3.3.1.1.8. *Puma*

La chronologie des évènements n'est pas encore élucidée, mais il est fort possible que la femelle commence à rechercher la présence d'un potentiel partenaire en proœstrus, puis, une fois le choix

effectué, signale sa réceptivité par des vocalisations ou en grattant et/ou urinant par-dessus les marques du mâle. L'accouplement peut ensuite avoir lieu (Allen et al., 2014). Proœstrus et œstrus s'expriment, chez la femelle, par une augmentation marquée de la fréquence des vocalisations (cri distinctif ressemblant au hurlement d'une femme), afin de se signaler aux mâles (Allen *et al.*, 2015 ; Beier et Barrett, 1993 ; Bonney *et al.*, 1981 ; Logan et Sweanor, 2010). Les vocalisations sont souvent émises dans une position accroupie et peuvent atteindre les cinq cents par jour (Rabb, 1959 ; Smith et al., 1986). La femelle va également investiguer les marques laissées par les mâles, afin d'évaluer les partenaires potentiels, en présentant du flehmen dans 30,6 % des cas, suivi de l'émission du hurlement typique dans 9,3 % des cas (Allen et al., 2014).

En cas de présence à proximité d'autres grands prédateurs comme le jaguar, la communication se fait essentiellement par le marquage et les vocalisations ne sont pas utilisées, probablement pour éviter de se faire repérer (Harmsen et al., 2010). Cependant, la fréquence générale de marquage ne semble pas augmenter en présence de femelles donc celui-ci est principalement effectué par les mâles. Celles-ci évaluent les traces laissées par ceux-ci pour choisir leur partenaire et le retrouver sans forcément marquer à leur tour (Harmsen *et al.*, 2010 ; Logan et Sweanor, 2010 ; Mehrer, 1975). Le marquage comprend tous les comportements suivants : grattage (grattage du sol avec les postérieurs pour former un monticule, souvent accompagné d'un dépôt d'urine et/ou de fèces), griffades et frottement des joues (Harmsen et al., 2010 ; McBride et McBride, 2011 ; McBride et Sensor, 2012).

En proœstrus comme en œstrus, la femelle présente également une augmentation de l'activité locomotrice, devient plus affective et montre des signes de réceptivité comme le tortillement (allongée sur le dos, elle tourne alternativement les postérieurs et les antérieurs de chaque côté), le « trémoussement » (en sternal, le ventre collé contre le sol, les membres repliés de chaque côté, avec déplacement court et rapide des moitiés postérieures et antérieures du corps en alternance), les étirements, roulades et pétrissage (« pawing ») (Mehrer, 1975). Cependant, contrairement aux autres félins, il n'y a pas d'encerclement du mâle ni de battements de queue.

Le passage en œstrus se caractérise essentiellement par une diminution de l'agressivité envers le mâle, du prusten et l'adoption d'une position de lordose (Brown, 2011 ; Mehrer, 1975).

En captivité, d'autres comportements comme le frottement de la zone périnéale sur le sol, des flancs et du dos contre les barreaux de la cage, une augmentation de l'affectivité envers les soigneurs, notamment par la réceptivité aux caresses, et une dysorexie peuvent être observés (Rabb, 1959).

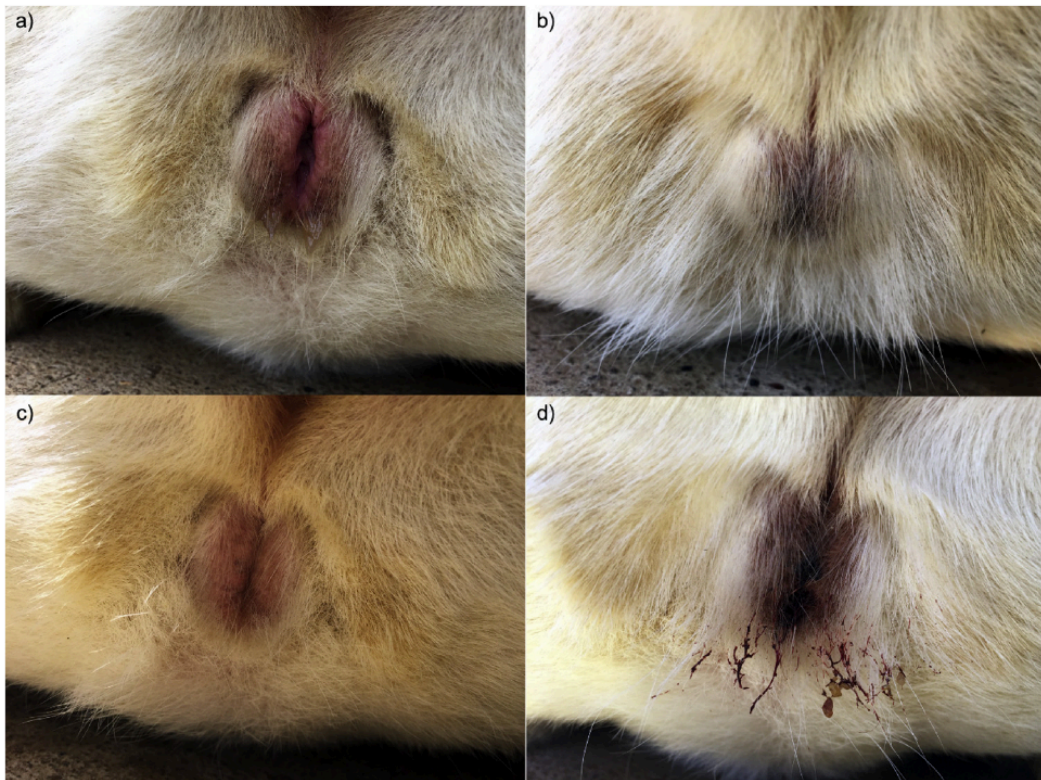
En résumé, chez les grands félins, l'**œstrus** se détermine par l'observation de comportements tels que les vocalisations, le marquage, les roulades et une position de lordose chez une femelle, associés à la manifestation d'un intérêt par le mâle. Une affectivité envers les soigneurs est également fréquemment observée.

3.3.1.2. Détection physiologique

Chez 27,77 % des femelles du **léopard**, des sécrétions vaginales blanches discrètes ainsi qu'un léchage intermittent de la zone génitale peuvent être observés. Un gonflement de la vulve est présent chez 83,33 % des femelles (Allwin et Pa, 2016).

Chez le **lion**, 81,6 % des femelles en œstrus ont une vulve exposée et œdématisée, 66,3 % des pertes vaginales claires et 79,1 % des replis de muqueuse proéminents avec une surface rugueuse à la palpation. Ces modifications sont à comparer avec l'interœstrus, où les tissus vulvaires sont exposés dans 60,9 % des cas, des sécrétions vaginales jaunes et épaisses sont présentes dans 43,1 % des cas et les replis de la muqueuse vaginale ne sont pas proéminents et sont doux à la palpation dans 71,2 % des cas (Callealta et al., 2020) (Figure 24).

Figure 24 : Morphologie de la vulve d'une lionne Africaine adulte en décubitus sternal pendant l'œstrus (a), le dicœstrus (b), l'interœstrus (c) et *post-partum* (d) (Callealta et al., 2020)



Chez le **guépard**, pendant le proœstrus, certaines femelles présentent de légers saignements vaginaux (Wrogemann, 1975). En œstrus, un discret gonflement de la vulve, dont la visibilité devient possible malgré la fourrure, peut éventuellement être remarqué, parfois associé à une décoloration (Florio et Spinelli, 1967 ; Louwman et Louwman, 2005 ; Wrogemann, 1975). Des sécrétions vaginales visqueuses, parfois hémorragiques, sont potentiellement présentes (Florio et Spinelli, 1967 ; Wrogemann, 1975).

Chez le **puma**, la vulve est humide avec absence de décharge vaginale (Rabb, 1959).

3.3.1.3. Détection hormonale

Le dosage des hormones dans le sang est fiable mais implique des mesures fréquentes et invasives (Gonçalves, 2019).

Le dosage des œstrogènes dans les fèces a été validé pour déterminer l'œstrus chez les tigres, les guépards, les panthères nébuleuses, les panthères des neiges, les lions et les léopards. Son augmentation est, soit associée avec un comportement d'œstrus, soit avec le développement

folliculaire à la suite d'une injection d'eCG (Brown et Wildt, 1997). Le problème principal du dosage fécal est qu'il nécessite la collection d'échantillons qui devront ensuite être envoyés dans des établissements spécialisés en vue d'analyses immuno-enzymatiques (EIA), ce qui peut prendre jusqu'à plusieurs semaines pour obtenir un résultat. Le cycle ne peut donc être décrit qu'a *posteriori* (Gonçalves, 2019).

Chez le **léopard**, il existe un décalage entre l'expression comportementale et le pic d'œstrogènes de -2 jours à +4 jours (de Haas van Dorsser et al., 2007).

Chez les **panthères des neiges** qui sont hébergées seules en dehors de la saison de reproduction, la concentration en œstrogènes est plus élevée pendant la saison de reproduction que chez celles appariées toute l'année (Kinoshita et al., 2011a).

Chez les **jaguars**, la détection est facile en combinant le comportement et le dosage des hormones fécales (Spindler et Johnson, 2003)..

Chez les **tigres**, le logement exerce également une influence. Les femelles logées avec un mâle expriment des pics d'œstrogènes plus importants que celles logées seules. Les concentrations basales et de pics d'œstrogènes varient entre les études et les individus ce qui ne rend pas toujours évident la comparaison et la détermination de l'œstrus (Groot et al., 2013).

Chez le **guépard**, les pics d'œstrogènes, détectés fécalement, ne sont pas toujours corrélés avec la période de réceptivité à l'accouplement (Crosier et al., 2018).

3.3.1.4. Détection échographique

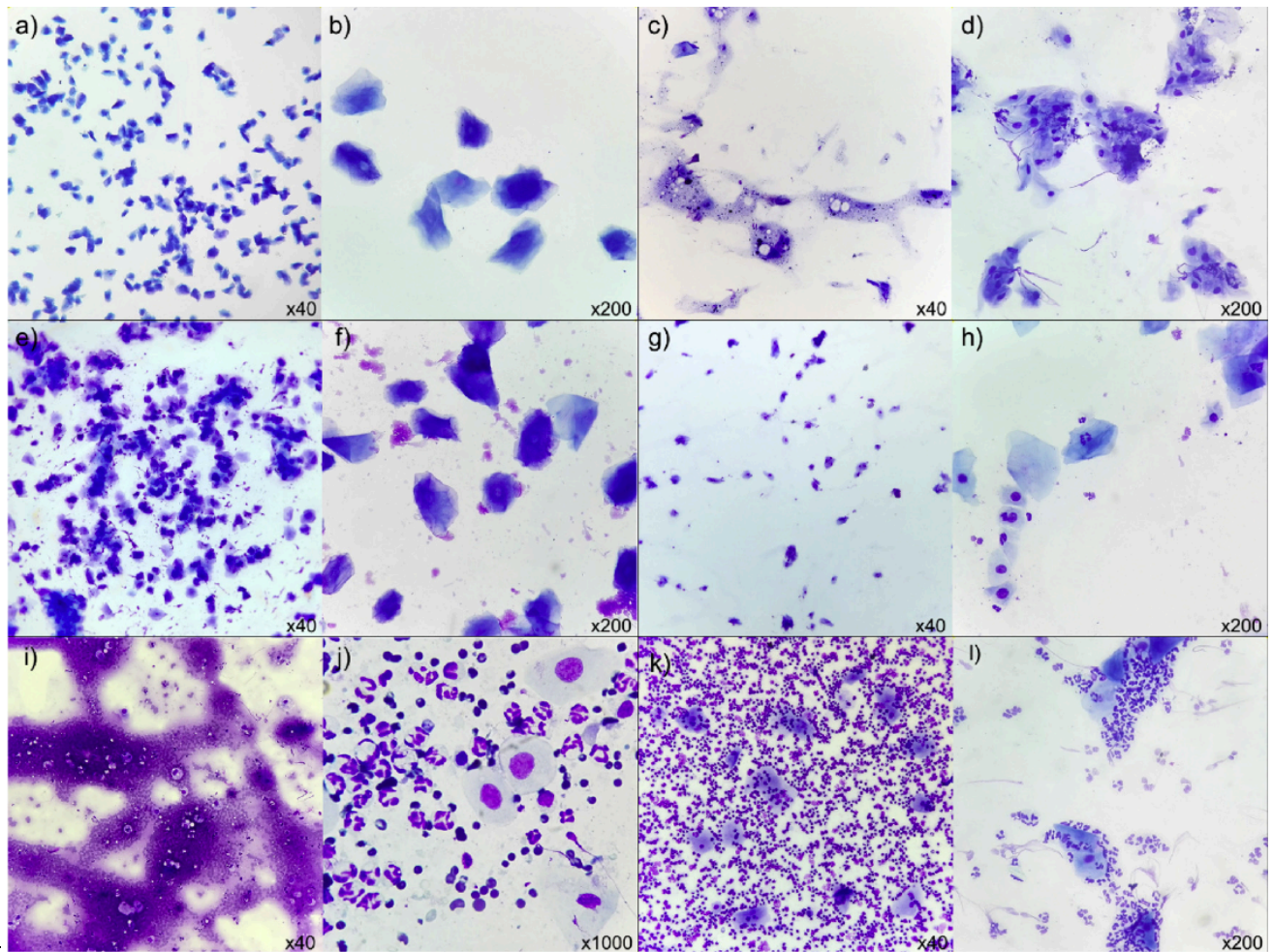
L'échographie est une autre technique possible, mais peu utilisée en pratique car elle nécessite, soit une anesthésie, soit un entraînement préalable des animaux. Les critères principaux sont le nombre et la taille des follicules ainsi que la présence ou l'absence de corps jaune. En cas de présence de follicules de taille supérieure à une certaine limite et absence de corps jaune, alors la femelle est en œstrus. En cas de présence de corps jaune la femelle est en diœstrus. Les restrictions de cette méthode, outre la complexité de réalisation en pratique, sont la difficulté d'observation des deux ovaires et l'ambiguïté de la transition entre les stades de la phase folliculaire et le début de la phase lutéale. L'échographie peut être bénéfique pour différencier les différents stades de l'œstrus (début, milieu, fin) par l'apparence et la taille des follicules afin par exemple d'identifier le meilleur moment pour une insémination artificielle. Elle permet aussi de mieux différencier diœstrus et anœstrus dont le frottis est très similaire. En pratique, cette méthode n'est pas utilisée pour détecter les chaleurs (Gonçalves, 2019).

3.3.1.5. Détection cytologique

La cytologie vaginale fait également partie des techniques possibles pour déterminer les chaleurs. La femelle est en œstrus lorsque le ratio cellules superficielles / cellules parabasales est élevé. La classification des frottis est la suivante : > 90 % de cellules superficielles indiquent l'œstrus, 60 à 90 % de cellules superficielles indiquent une phase de transition, 10 à 60 % de cellules superficielles indiquent le diœstrus ou l'interœstrus, < 10 % de cellules superficielles indiquent l'anœstrus. Les cellules peuvent être nucléées ou anucléées. Outre les cellules superficielles, le frottis d'œstrus a un arrière-plan clair. Celui d'anœstrus se différencie par la présence de cellules basales et parabasales uniquement, en faible quantité. Cependant aucune différence n'est observable sur les frottis entre début, milieu et fin d'œstrus, donc la cytologie s'avère peu fiable

pour la détermination du stade lorsqu'elle est utilisée seule. L'infiltration neutrophilique est l'un des premiers signes de la fin de l'œstrus lorsqu'elle est présente (Gonçalves, 2019) (Figure 25). La distinction entre proœstrus, interœstrus, diœstrus est plus douteuse avec le frottis vaginal, ce qui rend plus difficile de prédire l'occurrence de l'œstrus suivant. Un seul frottis vaginal permet de savoir si une femelle est en chaleurs chez les félins (Callealta *et al.*, 2020 ; Gonçalves, 2019 ; Silva *et al.*, 2006).

Figure 25 : Images microscopiques des frottis vaginaux de lionnes Africaines en œstrus (a, b), diœstrus (e, f), interœstrus (g, h), *post-partum* (i, j) et proœstrus (k, l) coloré avec la coloration de Wright-Giesma modifiée (Callealta *et al.*, 2020)



La détection de l'œstrus peut s'effectuer comportementalement (particulièrement difficile chez le guépard), physiologiquement, par dosages hormonaux, par cytologie et par imagerie (peu utilisée en pratique). La combinaison des méthodes comportementale et hormonale (dosages fécaux des œstrogènes) permet dans la majorité des cas une bonne détection de l'œstrus. Ce sont les méthodes les plus utilisées en pratique.

3.3.2. Mise en contact et accouplement

Les félins sont bien connus pour être sélectifs dans leurs choix de partenaires et certains s'opposent à l'accouplement en captivité (Wildt *et al.*, 2010).

3.3.2.1. Léopard

Chez les léopards, dans la majorité des cas les introductions sont plutôt fluides. Les problèmes de compatibilité s'observent particulièrement quand ils sont logés, pendant une longue durée, seuls ou avec un frère ou une sœur (Shoemaker, 1982). De hautes tensions nerveuses peuvent être observées, ce qui augmente la difficulté de création de paires fiables. Ainsi, les introductions d'individus jeunes sont plus souvent couronnées de succès (Crandall, 1964). La formation de paires pérennes compatibles à un stade précoce pourrait donc être une solution, mais nuit à l'optimisation de la diversité génétique.

De nouvelles études se penchent sur la possibilité de logement collectif qui permettrait de s'affranchir d'un isolement trop long en l'attente d'une reproduction. Des trios (un mâle pour deux femelles) semblent viables, sous réserve de compatibilité des individus. Cette option semble également augmenter les interactions sociales par rapport à une paire et donc participer à l'enrichissement du milieu captif (Quintavalle Pastorino et al., 2021). La séparation de courte durée d'un membre du trio pourrait alors être envisageable en vue d'une reproduction.

Lorsque le couple n'est pas en contact toute l'année, les introductions physiques sont effectuées après une période d'introduction visuelle pour vérifier la compatibilité de la paire. En général, le mâle est introduit dans l'enclos de la femelle ((Crandall, 1964 ; Zhang et al., 1999).

3.3.2.2. Lion

Chez le lion, en comparaison avec la nature, la période réfractaire est allongée avec une moyenne de 50 ± 25 [30-60] minutes contre 15 minutes dans la nature (2.2.2.3) et le nombre de rapports par jour est diminué avec $16,5 \pm 7,5$ [10-30] rapports/jour contre 100/jour dans la nature (2.2.2.3) (Tefera, 2003) La cause de cette différence n'a pas encore été élucidée et cela ne semble pas impacter le succès reproductif.

Du fait de leur mode de vie social les partenaires sexuels sont en contact toute l'année. Cependant afin de maximiser la diversité génétique, l'introduction de nouveaux individus dans le clan (mâles ou femelles) peut s'avérer nécessaire. Les introductions de cohortes (individus provenant de la même portée) sont souvent associées à un succès reproductif plus faible par absence de formation de liens sociaux avec les nouveaux individus. En effet, les femelles ont tendance à rester en contact avec les individus qui leur sont apparentés. L'introduction de femelles seules s'avère donc plus avantageuse d'un point de vue reproductif. Pour les mâles aucune différence n'a été observée entre une introduction d'un mâle seul ou d'une cohorte de mâles (Anderson, 2023).

Les introductions sont plus faciles lorsque les animaux sont jeunes. Il est recommandé d'effectuer les introductions sans présence de public après avoir nourri les individus afin qu'ils soient plus calmes. Tous les enrichissements alimentaires doivent être retirés avant pour éviter le développement d'une agressivité. De même, pour les potentiels dangers présents dans l'enclos comme les piscines où les animaux pourraient se noyer. La clef réside dans une acclimatation progressive des individus (olfactive, puis visuelle, puis tactile, puis physique supervisée, puis physique seule) à leur rythme. Il faut également avoir des moyens de séparation d'urgence à proximité, en cas de nécessité. Le nouvel individu est introduit dans l'enclos où réside le clan (AZA Lion Species Survival Plan, 2012).

3.3.2.3. *Panthere des neiges*

Chez les onces, le premier accouplement en captivité a lieu plutôt tardivement, en moyenne à 5,0 ans pour les femelles et 5,1 ans pour les mâles (Hampson et Schwitzer, 2016). L'accouplement n'est observé que si les animaux ont été logés séparément hors de la saison de reproduction (Kinoshita et al., 2011a).

Il existe plusieurs méthodes d'introduction réussies. Avant tout l'acceptation olfactive du partenaire est nécessaire (Rai et Jha, 2013). La paire est placée dans des enclos intérieurs adjacents, séparés seulement par un grillage. Souvent aucun comportement agressif n'est observé. Après une semaine, la porte communicante est ouverte et les animaux sont en contact permanent hormis la nuit et lors des repas (Koivisto et al., 1977). L'introduction peut aussi avoir lieu dans un enclos extérieur après de brèves périodes de contact visuel (Rai et Jha, 2013). Des étapes plus graduelles peuvent être effectuées selon le caractère du mâle (Wharton et Mainka, 1997). La paire est ensuite gardée ensemble pendant quatre semaines après l'accouplement (Koivisto et al., 1977).

Dans tous les cas, l'introduction doit être effectuée lorsque la femelle est en œstrus. Il est préférable de fermer les espaces de couchage afin d'éviter les cachettes ou les combats hors de vue des soigneurs. La surveillance doit être accrue chez les paires se rencontrant pour la première fois (Wharton et Mainka, 1997). La démonstration d'un peu d'agressivité est normale (coups de patte, grognements, posture de menace) mais il est fortement conseillé d'avoir à disposition des bassines/tuyaux d'eau, ou des longs bâtons avec un morceau de tissu au bout prêts à l'emploi en cas d'hostilité marquée (Rai et Jha, 2013 ; Wharton et Mainka, 1997).

En cas d'absence d'accouplement après une heure d'introduction, la femelle n'est probablement pas réceptive, il faut donc réessayer tous les jours jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'accouplement deux jours de suite. Cette étape est à réitérer au prochain œstrus ou suspicion d'œstrus (prévision), jusqu'à ce que la femelle ne revienne plus en chaleurs ou que le mois d'avril soit passé (Wharton et Mainka, 1997).

Le maintien du contact nocturne est risqué, car les comportements hostiles ne seront pas détectés à temps, cependant les copulations ayant principalement lieu la nuit, la séparation des animaux peut entraîner une stimulation insuffisante au déclenchement de l'ovulation et par conséquent empêcher une gestation (Rieger, 1980).

3.3.2.4. *Jaguar*

Le jaguar ne supporte pas d'avoir un partenaire imposé en captivité (Coquempot et al., 2014). Il faut donc faire preuve d'extrême prudence et de beaucoup de patience. La compatibilité est progressivement atteinte par salutation à travers une barrière permettant tout d'abord le contact olfactif et auditif pendant plusieurs jours à semaines avant l'introduction. Ensuite, les individus sont mis en alternance un jour sur deux dans un même enclos afin de leur offrir la possibilité d'inspecter les odeurs présentes. Puis le contact visuel est autorisé mais pas tactile. L'introduction commence ensuite par l'entrée de la femelle dans l'enclos, puis, quand elle est à l'aise et en chaleur, le mâle peut y être introduit (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Baker JR., 2003b ; Biddle, 2022 ; Spindler et Johnson, 2003). Le succès est meilleur si mâle et femelle sont séparés pendant une période avant l'œstrus. La femelle évalue le potentiel reproducteur du mâle en le forçant à réessayer de la monter (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016).

Le personnel doit rester à l'extérieur de l'enclos avec des mesures de séparation à disposition, comme des tuyaux d'eau sous pression, des cornes de brume ou des extincteurs au CO₂, en cas d'agression de plus de 30s par le mâle (Baker JR., 2003b ; Spindler et Johnson, 2003). L'agressivité de la part de la femelle est autorisée tant qu'elle n'occasionne pas de blessure grave et le mâle reçoit de nombreuses morsures et griffures superficielles (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Spindler et Johnson, 2003). Il peut parfois être nécessaire de séparer le mâle afin d'éviter l'épuisement si les accouplements sont trop fréquents ou si un des partenaires devient irritable (Leal, 1979).

Des décès ont déjà eu lieu lors des introductions. La surveillance doit être continue au moins durant le 1^{er} jour et les moyens de séparation d'urgence doivent être gardés à proximité et faciles d'accès pendant au moins une semaine après. Il est plus prudent de séparer les animaux la nuit, même lorsque tout se passe bien en journée (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016).

3.3.2.5. Tigre

Chez les tigres, le premier accouplement en captivité a lieu plutôt tardivement par rapport à la nature, en moyenne à 5,2 ans pour les femelles (n=502) et 5,4 ans pour les mâles (n=397) (Hampson et Schwitzer, 2016).

Une très forte incompatibilité de partenaires peut être observée, pouvant parfois aller jusqu'à l'impossibilité de partage d'une limite commune, d'olfaction ou de visualisation. Une paire comportementalement incompatible ne peut pas être introduite. A l'heure actuelle, aucune méthode n'a été trouvée pour détecter cette incompatibilité en amont des premières phases de la mise en contact (Hayes et Metrione, 2019). Seulement 44,7 % des paires introduites dans l'année suivant leur recommandation à la reproduction par les EEP ont été un succès (n=318). Le succès augmente légèrement avec l'âge de la femelle jusqu'à cinq ans puis diminue après (Saunders et al., 2014). Certains mâles sont cependant incompatibles avec toute femelle mais il est impossible de s'en rendre compte avant d'avoir fait de multiples essais d'introduction infructueux (Sankhala, 1967).

La moindre interférence ou changement d'habitat affecte négativement la survenue des accouplements (Palita et al., 1996). Idéalement les introductions sont donc effectuées hors public (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016). L'introduction de plusieurs mâles avec une même femelle en œstrus a été à l'origine du décès du plus jeune à cause de l'agressivité intense démontrée par l'autre mâle. Elle est donc déconseillée (Yost, 1976).

L'introduction débute toujours par le placement des partenaires dans des cages avoisinantes sans contact visuel, le temps nécessaire pour qu'ils s'habituent à leur environnement et qu'ils soient calmes et relaxés. Cela peut parfois prendre plus d'un mois. Les introductions visuelles peuvent ensuite commencer, de très courtes durées, car les individus sont facilement stressés. Trois réactions sont alors possibles : agressivité, indifférence ou comportement d'œstrus. Il ne faut passer à l'étape suivante qu'en cas d'œstrus. Si les deux se sentent et se touchent le nez à travers le grillage, alors il y a de grandes chances qu'ils s'acceptent lors de l'introduction (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

L'introduction physique doit se faire sous étroite surveillance, avec un grand nombre d'échappatoires à disposition pour les deux partenaires, et à petite dose. A l'ouverture de la cage le mâle se rue sur la femelle puis finit son approche très précautionneusement. La femelle grogne,

montre les dents et émet toutes sortes de bruits d'avertissement. Les muscles sont tendus et les avertissements continuent jusqu'à ce qu'il y ait acceptation en se touchant le museau ou combat. Tant que tout se passe bien, le temps d'introduction peut être graduellement augmenté (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

Le mâle peut instantanément tuer la femelle et ce même après une introduction réussie, que ce soit durant la phase de cour, voire même 10 jours après. Même en employant le plus de précautions possibles, plusieurs essais d'introduction ont abouti au décès de la femelle. Les introductions sont caractérisées par un niveau modéré à extrême de comportement nerveux ou agressif en fonction de la personnalité des tigres, de leur expérience sexuelle, de leur âge et de l'expérience des soigneurs. A partir du moment où la conception a eu lieu la tigresse ne tolère plus le mâle (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Sankhala, 1967).

Il faut bien planifier, prendre son temps et surveiller étroitement, toujours avoir du personnel à proximité avec des tuyaux d'eau, des extincteurs au CO₂ ou tout objet produisant un bruit fort. Une vidéosurveillance, sans présence physique, est également conseillée, avant de laisser les animaux totalement seuls, car ils peuvent réagir différemment en l'absence des soigneurs. Les introductions effectuées dans des enclos extérieurs sont plus risquées, car il est plus difficile de séparer les partenaires et de savoir s'ils se sont accouplés. Laisser les animaux seuls sans supervision est extrêmement risqué (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

Chez le mâle, plusieurs problèmes peuvent être rencontrés. Il peut faire preuve d'une absence de pulsion sexuelle, il suit et sent la femelle lors de la séduction mais ne la monte jamais et se contente de marcher autour ou de renifler. Il peut aussi faire preuve de chevauchement incorrect, c'est-à-dire qu'il est attiré, que la femelle est en lordose mais qu'il ne parvient pas à se positionner comme il faut. Enfin il peut faire preuve de vigilance excessive, c'est-à-dire qu'il renifle la femelle après la séduction mais montre les dents et rugit en signe d'intimidation au lieu de passer à la phase de monte (Palita et al., 1996).

3.3.2.6. *Panthère nébuleuse*

Chez les panthères nébuleuses, le premier accouplement en captivité a lieu en moyenne à 3,3 ans pour les femelles et 2,8 ans pour les mâles (Hampson et Schwitzer, 2016).

Elles présentent également une très forte incompatibilité sexuelle (Wildt et Roth, 1997). Les mâles attaquent, mutilent, voire tuent assez fréquemment les femelles, et ce, même lors d'œstrus évident, pour des raisons inconnues mais les conditions de gestion sont suspectées (Brown, 2011 ; Hunter, 2015 ; Wildt *et al.*, 2010). Ainsi, 64 % des institutions rapportent avoir déjà connu une agression ou un meurtre de la femelle par le mâle et dans seulement 7 % des cas des signes précurseurs étaient visibles (Fletcher, 2000). Ce chiffre est en augmentation par rapport au sondage effectué par Lewis en 1979, qui rapportait que 50 % des institutions (n=44) avaient rencontré des attaques ou décès lors de leurs introductions (Howard *et al.*, 1996 ; Yamada et Durrant, 1989). Plus de 15 % des décès de femelles adultes sont causés par des attaques du mâle (Fletcher, 2002) et on compte 25 attaques fatales sur 20 ans, majoritairement lors des mises en contact (DeCaluwe, 2012). De ce fait le succès reproductif en captivité est quasiment nul (Thongphakdee et al., 2020).

La stratégie avec les meilleurs résultats, adoptée par la majorité des zoos actuellement, est donc d'apparier définitivement des juvéniles de moins d'un an (Brown, 2011 ; Fletcher, 2000).

Cette technique, bien que basée sur un faible nombre d'individus et non soumise à analyse statistique, est utilisée depuis plus de 10 ans avec succès par des gestionnaires expérimentés (Mackinnon, 2008). Il existe cependant très peu de spécimens en captivité ce qui diminue les possibilités d'appariement dès le plus jeune âge d'individus non apparentés (Breitbeil, 2012). L'appariement définitif diminue drastiquement les possibilités de maximisation de la diversité génétique par les SSP. En pratique, 79 % des institutions (n=19) rapportent avoir formé des paires définitives chez leurs panthères nébuleuses. Il n'y a donc pas de mixage des mâles et des femelles une fois que les couples sont formés (Fletcher, 2000). La tendance se poursuit plus récemment. Entre 2002 et 2012, 69 % des petits vivants sont nés de paires « calmes » alors que le reste (31 %) sont nés de paires introduites seulement au moment de la reproduction (32,5 %) (Tipkantha et al., 2017).

De plus, même des paires établies peuvent parfois être à l'origine d'agressions fatales une fois adultes (Breitbeil, 2012). Ces dernières peuvent avoir lieu de 18h après introduction à quatre ans après, malgré la présence de tous les signes de compatibilité (Yamada et al., 1989). En outre, les mâles ayant blessé ou tué une femelle sont rarement appariés à nouveau car il est présumé que les futurs essais auront le même résultat (Fletcher, 2000). Ironie du sort, les paires qui ont systématiquement produit une descendance sont sous un moratoire de reproduction à cause d'une surreprésentation de leurs gènes dans la population (Brown et al., 1995). Les attaques fatales sont soudaines et non expliquées encore aujourd'hui, ce qui nécessite d'avoir un vétérinaire à disposition pour agir immédiatement en cas de soucis lors de toute introduction. La technique de séparer les individus pour stimuler le retour en œstrus présente de ce fait des risques trop grands par rapport aux bénéfices (Fletcher, 2000).

Cette forte incompatibilité, non exprimée par les autres félins, est suspectée d'être une conséquence d'un niveau élevé d'anxiété et de stress des panthères nébuleuses (DeCaluwe *et al.*, 2013 ; McPhee et Carlstead, 2010 ; Wildt *et al.*, 1986a). En effet, leur cortisolémie est chroniquement élevée comparée aux autres espèces de félins captives (Wielebnowski *et al.*, 2002a) et les stéréotypies sont fréquentes (« pacing », arrachage de poils ...) (Fletcher, 2000). De nombreuses études sur l'agressivité liée au stress ont donc été effectuées pour tenter de trouver l'origine du problème et de proposer des solutions.

Trois causes principales d'échec ont été identifiées : (1) les conditions d'hébergement, potentiellement vectrices de stress (exposition au public, types d'aménagement des enclos) et risquant d'augmenter l'agressivité des mâles (DeCaluwe *et al.*, 2013 ; Fletcher, 2000 ; Sethi *et al.*, 2022 ; Wielebnowski *et al.*, 2002a) ; (2) le tempérament et le mode d'élevage des individus mis en contact (les individus biberonnés ont des comportements moins agressifs que ceux élevés par leur mère) (DeCaluwe *et al.*, 2013 ; Fazio, 2010 ; Mackinnon, 2008) ; et (3) le moment de mise en contact, qui requiert que la femelle soit pleinement réceptive afin de limiter le risque de créer une frustration chez le mâle (Fazio, 2010 ; Kleiman et al., 2010). L'agressivité peut éventuellement être modulée par l'utilisation de chlomipramide et de desloréline, qui toutefois ne constitue pas un substitut recommandé à de bonnes pratiques d'élevage (DeCaluwe, 2012).

Les introductions sont donc effectuées encore plus prudemment chez les panthères nébuleuses que chez les autres félins. Une compilation des méthodes ayant produit des appariements réussis à ce jour donne le protocole suivant, sans pour autant être dénué de risques (Fazio, 2010 ; Fletcher, 2000 ; Mackinnon, 2008 ; Whiles, 2016) :

1. Acclimatation : Cette étape peut prendre plus d'un mois. Les animaux sont dans des enclos adjacents séparés par une cloison opaque et s'acclimatent à leurs odeurs et leur nouvel environnement.
2. Introduction visuelle : La cloison est remplacée par un grillage puis les animaux sont mis en alternance dans l'enclos du partenaire en son absence afin de pouvoir l'explorer. Toute agressivité du mâle doit avoir disparue avant de passer à l'étape suivante.
3. Introduction tactile : Trois types de comportements sont possibles : agonistique (grognements, feulements, crachats), ignorance, ou œstrus (*prusten*, frottements des joues, roulades, vocalisation, lordose). Les comportements agonistiques doivent disparaître après une courte période.
4. Introduction physique : Avant toute chose il faut s'assurer que les animaux sont conscients de la présence l'un de l'autre. La prise par surprise peut déclencher une réponse agressive réflexe immédiate et parfois fatale. La première étape est de retirer la femelle de son enclos et d'y introduire le mâle. La deuxième étape est l'ouverture progressive de la porte afin que les animaux se reniflent. La troisième étape est de s'assurer de la présence de passages amples de fuite pour les deux animaux de sorte qu'aucun des deux ne puisse se retrouver piégé ou acculé par l'autre. Il est également préconisé d'avoir à disposition des tuyaux d'eau, un extincteur au CO₂ ou n'importe quel objet faisant un bruit fort. La surveillance continue des animaux lorsqu'ils sont ensemble pendant les premiers temps est nécessaire car ils peuvent réagir très différemment lorsque les soigneurs sont absents. Lors de cette étape particulièrement, le moindre changement environnemental (nouveau félin à proximité, nouveau soigneur, vétérinaire ...) peut résulter en agression.
5. Gestion post-introduction : trois options sont possibles et peuvent être effectuées séparément ou chronologiquement : réintroduire à chaque fois, séparation nocturne uniquement, et vie commune permanente.

Cependant, chaque introduction reste unique et certains responsables estiment qu'il faut un an ou plus pour introduire avec succès un couple (Fletcher, 2000). L'appariement relève plutôt d'une technique expérimentale éprouvée que d'une science et n'est généralement réussi que sous la gestion de soigneurs très expérimentés (Fazio, 2010).

3.3.2.7. Guépard

Chez le guépard, le premier accouplement en captivité a lieu plutôt tardivement, en moyenne à 4,6 ans pour les femelles et 4,9 ans pour les mâles (Hampson et Schwitzer, 2016).

Mâles et surtout femelles peuvent aussi être hautement sélectifs sur leur choix de partenaire et choisir un certain mâle dans un groupe ou refuser un partenaire imposé (Augustus *et al.*, 2006 ; Caro, 1993 ; Lindburg *et al.*, 1993 ; Ziegler-Meeks, 2009). Certains mâles peuvent également être agressifs envers leur partenaire, peu importe la femelle, et d'autres manquent de libido (Brand, 1980). Les accouplements sont plus probables avec des mâles non familiers nouvellement introduits (McPhee et Carlstead, 2010).

Pendant l'introduction les guépards peuvent s'attaquer entre eux, du même sexe ou de sexe opposé, et dans de rares cas cela conduit à la mort d'un ou de plusieurs d'entre eux. On peut citer par exemple deux mâles qui ont tué deux femelles au zoo de Phoenix (Caro, 1993). Une

introduction effectuée trop tôt ou trop tard par rapport à la réceptivité de la femelle résulte souvent en agression (Louwman et Louwman, 2005).

Au préalable, environ deux ou trois mois avant, un isolement olfactif, visuel et auditif des femelles et des mâles augmente les chances de succès (Bertschinger *et al.*, 2008b ; Kinoshita *et al.*, 2011b). La mise en contact visuel de plusieurs femelles avec plusieurs mâles (trois à cinq) autorise l'expression de la sélectivité de partenaires naturelle (Bertschinger *et al.*, 2008b). L'introduction débute par le contact olfactif entre les partenaires. En cas d'intérêt du mâle et/ou de la femelle, le contact visuel peut être autorisé. Si le mâle entre en érection, le contact physique est alors possible (Bertschinger *et al.*, 2008b ; Frank et Saffoe, 2005 ; Louwman et Louwman, 2005).

Plusieurs méthodes sont possibles (Ziegler–Meeks, 2009) :

- Introduire le mâle à la femelle dans l'enclos de la femelle
- Introduire le mâle à la femelle dans l'enclos du mâle
- Introduire le mâle et la femelle dans un enclos neutre
- Introduction des partenaires avec un mâle exciteur dans l'enclos adjacent
- Introduire plusieurs mâles à une femelle (méthode pouvant être très risquée et nécessitant une prudence extrême)
- Laisser le couple en contact toute l'année

La présence d'un espace suffisant est nécessaire afin de permettre l'expression des comportements de cour et de reproduction (Eaton, 1974). Après un appariement réussi, l'accouplement a lieu dans les cinq minutes et les individus doivent être séparés au bout de 48h sans attirance sexuelle (Louwman et Louwman, 2005).

Cependant, sur 54 accouplements entre 2014 et 2015, 60 % n'ont pas donné de petits (Koester *et al.*, 2017b), alors que dans les années 90, 68 % des accouplements (n=28) aboutissaient à une gestation (Lindburg *et al.*, 1993). L'origine de cette baisse n'est pas connue à l'heure actuelle. En effet, les connaissances scientifiques sur les événements intra-utérin et intra-oviductaux sont éparses et ne permettent pas de déterminer si cela est dû à une absence de fécondation ou s'il y a eu une résorption fœtale ou embryonnaire (Koester *et al.*, 2017b).

La potentielle agressivité de la femelle après l'accouplement constitue une autre complication. La femelle peut alors blesser le mâle, ceci pouvant être évité par la séparation immédiate de la paire après l'accouplement (Jurke *et al.*, 1997)). La présence de soigneurs prêts à intervenir est une précaution nécessaire pour éviter les blessures sévères (Frank et Saffoe, 2005).

En conclusion, la **mise en contact** des grands félins doit toujours être effectuée avec prudence, sous surveillance, et avec beaucoup de patience, en laissant le temps aux animaux de s'acclimater l'un à l'autre à leur rythme. La présence de moyens de séparation d'urgence à proximité est fortement recommandée en cas de nécessité. Il est conseillé d'effectuer cette mise en contact hors du public, en limitant au maximum la survenue d'un événement perturbateur. L'espèce qui pose le plus de problème est la panthère nébuleuse chez qui les introductions sont fréquemment fatales.

3.3.3. Suivi de gestation

La réalisation d'un diagnostic de gestation avant la parturition peut grandement améliorer la survie des nouveau-nés en permettant la préparation d'un logement adéquat (Graham, 2006). De plus, les pseudogestations suivent 30 à 60 % des accouplements chez le guépard, dans les zoos nord-américains sur les dernières années (2013-2018) (Byron *et al.*, 2020 ; Koester *et al.*, 2017a) et sont fréquentes chez les autres espèces, ce qui rend le diagnostic de gestation encore plus crucial. Chez le **guépard**, cependant, aucune méthode fiable n'est disponible avant la deuxième moitié de la gestation (Crosier *et al.*, 2018).

De nombreuses gestations n'arrivent pas à terme à cause de la forte incidence d'interruptions de gestation (avortements ou résorptions fœtales), de naissances prématurées ou de mort-nés parmi les carnivores captifs (von Schmalz-Peixoto, 2003). Chez les **guépards**, parfois des pseudogestations de plus de 90 jours, avec une perte de poids avant la diminution de la ration, peuvent également être rencontrées (Ziegler-Meeks, 2009). Dans cette espèce, les arrêts de gestation sont particulièrement fréquents en début de gestation (Thompson, 1990).

L'indicateur principal, et le plus fiable de gestation, est l'absence de retour en chaleurs après un accouplement (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Biddle, 2022). En général, compte tenu de la variabilité des cycles, il faut compter deux périodes d'œstrus manquées pour en avoir la certitude (Spindler et Johnson, 2003).

3.3.3.1. Comportement

Parfois certains changements comportementaux peuvent être observés. La femelle **léopard** gestante est calme et présente une dysorexie dans un premier temps suivie d'une augmentation d'environ 33 % de l'appétit. Dans les deux jours précédant la parturition, la femelle souffre à nouveau de dysorexie voire d'anorexie. Des sécrétions vulvaires induisant un léchage fréquent peuvent être observées (Zhang *et al.*, 1999).

Chez la **lionne**, physiquement, la gestation se caractérise par la mise en route de la lactation et le développement des télines pouvant être visibles dès deux semaines avant le part (AZA Lion Species Survival Plan, 2012). Le colostrum est présent dès le 92^e jour de gestation (Smuts *et al.*, 1978). Une dysorexie quelques jours avant la mise-bas peut être observée (AZA Lion Species Survival Plan, 2012). Les tissus vulvaires sont couverts de poils chez 88,3 % des femelles, contrairement à l'interœstrus où les tissus vulvaires sont exposés chez 60,9 % des femelles. Il n'y a généralement pas de sécrétions vaginales sauf chez 12,7 % des femelles et la muqueuse du vestibule est douce au toucher (Callealta *et al.*, 2020).

La femelle **panthère des neiges** présente une augmentation du tour de taille dans le dernier trimestre de la gestation, sauf parfois en cas de petit unique (Rai et Jha, 2013 ; Wharton et Mainka, 1997). Au bout de 45 jours de gestation, on peut observer une augmentation du léchage de la zone génitale, une diminution de l'activité, puis, peu de temps avant la mise-bas, une augmentation de l'intérêt porté au nid et une baisse d'appétit deux jours avant (Koivisto *et al.*, 1977 ; Rai et Jha, 2013 ; Wharton et Mainka, 1997).

Le **jaguar** étant un animal furtif, cette tendance s'intensifie à la fin de la gestation. On pourra donc observer du « pacing », de l'agitation, de l'évitement en se cachant et en fuyant les interactions avec les soigneurs. La femelle jaguar peut également devenir agressive ou regarder

fixement les humains et les animaux sans réaction apparente (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Biddle, 2022).

Chez la **tigresse**, environ 24 à 48h avant la mise-bas, on peut observer une dysorexie voire une anorexie, une augmentation du temps passé dans le nid et de l'agitation (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016). Chez la panthère nébuleuse, les changements comportementaux peuvent être observés seulement 24 à 48h avant la parturition : anorexie, agitation et augmentation du temps passé dans le nid (Fletcher, 2000).

Chez le **guépard**, la femelle pourra être plus détendue, présenter une augmentation de l'appétit, émettre des vocalisations et/ou rechercher la solitude (Marker et Schumann, 1998). Environ trois semaines *ante-partum*, la femelle devient agitée et évite ses congénères (Tong, 1974). Quelques jours en amont du part, la femelle peut se montrer très agressive envers les soigneurs (Manton, 1975). Environ cinq jours avant la parturition, une dysorexie s'installe, s'aggravant en anorexie 24-48h avant (Florio et Spinelli, 1967 ; Manton, 1970 ; Ziegler–Meeks, 2009). Dans les deux jours précédant le part, la montée de lait est évidente. Moins de 24h *ante-partum*, la femelle est agitée, fait des allers-retours vers le nid, en reniflant le substrat et en y donnant des coups de pattes (Ziegler–Meeks, 2009).

3.3.3.2. Apparence physique et poids

Le suivi du poids peut également être une méthode de diagnostic de gestation. Chez la lionne, elle se caractérise par une prise de poids (10 à 20 kg) surtout dans les trois à quatre dernières semaines de gestation (AZA Lion Species Survival Plan, 2012). Chez les onces, une augmentation du poids est observable dans le dernier trimestre de gestation (Wharton et Mainka, 1997). Chez le jaguar, l'apparence physique peut ne pas changer du tout ou seulement à l'approche imminente du part (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Biddle, 2022). Chez les guépards, la pesée hebdomadaire permet de différencier les pseudogestations. En effet, une perte de poids est observable à partir de 60 jours contrairement à la gestation (Sengenberger et al., 2018). L'observation d'un renflement sous les côtes 24 à 36h après le repas, le développement des mamelles ainsi que l'augmentation de l'appétit et du poids sont de bons indicateurs du dernier mois de gestation (Florio et Spinelli, 1967 ; Marker et Schumann, 1998 ; Ziegler–Meeks, 2009). La prise de poids peut atteindre les 10 kg supplémentaires au moment de la mise-bas (Saffoe, 2005). Chez le puma, les signes externes sont détectables à partir de 10,5 semaines environ (Robinette et al., 1961).

3.3.3.3. Dosages hormonaux

3.3.3.3.1. Prostaglandines (PGF2 α)

Récemment, les **PGF2 α** circulants et leurs métabolites urinaires ou fécaux (PGFM) ont été investigués en tant que diagnostic de gestation non-invasif alternatif chez les félidés. Chez les autres espèces, les PGF2 α jouent un rôle important dans la régulation des fonctions placentaires et ovariennes (plus spécifiquement la lutéolyse). Chez les félins, le rôle physiologique des PGF2 α n'est pas clair, mais leur concentration semble augmenter durant le dernier semestre de gestation. Ainsi, une élévation des concentrations en PGF2 α ou en PGFM pourrait être utilisée comme diagnostic de gestation chez un éventail de félins, incluant le léopard, le lion, le tigre, le jaguar, le guépard et le puma (Andrews *et al.*, 2020 ; 2015, 2012). Les PGF2 α peuvent également permettre de détecter une interruption de gestation et pourraient permettre une prévision précise de la date

de part lorsque les méthodes de dosage seront plus efficaces (Dehnhard et al., 2015). Cette méthode est encore peu utilisée en pratique.

3.3.3.3.2. *Relaxine*

La **relaxine** est une hormone peptidique produite par le placenta des félins au cours de la gestation. Elle provoque l'élargissement et l'assouplissement du col utérin ainsi que le développement du tissu mammaire, facilitant ainsi la parturition et la lactation. Son dosage urinaire est une autre méthode envisagée pour le suivi de la gestation. Chez le **léopard**, la détection de la gestation est possible dès trois à quatre semaines. En cas d'avortement (J48), la relaxine commence à décroître environ 15 jours avant (J32) et les valeurs sont à nouveau basales cinq jours après (J53). En cas de gestation maintenue à terme, la relaxine est détectée dès J25-28, les valeurs restant basses jusqu'à J40 et augmentant brusquement pour atteindre leur maximum à J60-64 (3,6-4,6 ng/mg créatinine), et ensuite décliner durant les trois à quatre dernières semaines de gestation (de Haas van Dorsser et al., 2006). Chez le **lion** et le **guépard**, le test commercial permettant le diagnostic de gestation chez le chat ne fonctionne pas. Les concentrations fécales en relaxine sont élevées (équivalentes à celles du chat) pendant la gestation mais ne sont pas détectées par le test. Plusieurs hypothèses sont envisagées : différences entre les anticorps canins utilisés pour le test rapide et pour la radio-immunologie ; grande variabilité de la séquence de la relaxine au sein des félidés ; dosage trop précoce. (Harris et al., 2008). Son utilisation reste cependant prometteuse.

3.3.3.3.3. *Progestérone (P4)*

Le dosage de la **progestérone**, fécal ou urinaire, est fiable, mais ne permet de différencier que tardivement, une gestation d'une pseudogestation. Chez le **léopard**, le taux de progestérone est multiplié par 50 par rapport aux valeurs basales, dans les 3 [0-6] jours post-accouplement. Le taux est plus élevé chez les gestantes que chez les pseudogestantes (de Haas van Dorsser et al., 2007). Chez le lion, la variation individuelle des taux de progestérone ne permet pas de différencier une gestation d'une pseudogestation avant 60 jours même si les concentrations sont plus élevées en cas de gestation que de pseudogestation (Putman et al., 2015).

Chez les **panthères des neiges**, la progestérone reste élevée durant toute la gestation et diminue environ 90 jours après l'accouplement soit peu avant la mise-bas (Kinoshita et al., 2011a). En cas de pseudogestation, elle reste élevée pendant 60 jours au moins (Brown *et al.*, 1994 ; Schmidt *et al.*, 1993). La valeur en elle-même ne permet pas d'effectuer un diagnostic car la différence n'est pas significative, voire nulle (Kinoshita et al., 2011a ; Reichert-Stewart et al., 2014).

Chez les **tigres**, la progestérone augmente quatre jours après l'accouplement et les concentrations restent élevées jusqu'au part (Groot et al., 2013). Le taux de progestérone est identique chez les gestantes et les pseudogestantes ($24,29 \pm 2,20 \mu\text{g/g}$) (Graham et al., 2006). Un taux de progestérone élevé lors d'une unique prise de sang ne permet pas de déterminer la présence d'un tissu lutéal fonctionnel ou l'occurrence d'une ovulation ou d'une gestation. Un suivi régulier est donc nécessaire (Seal et al., 1985).

Chez le **jaguar**, il est difficile de distinguer une gestation d'une pseudogestation seulement grâce au dosage fécal (Biddle, 2022). Chez le puma, la progestérone est élevée sur toute la durée de la gestation à l'exception d'un creux vers 40 à 45 jours, au moment du changement d'origine de production de la progestérone (Bonney et al., 1981).

Chez les **panthères nébuleuses**, la progestérone augmente d'environ 25 fois ses valeurs basales. Un pic est visualisable au milieu de la gestation et de brefs creux (jusqu'aux valeurs basales) sont communs dans les 60 premiers jours (Brown et al., 1995).

Chez le **guépard**, le test fécal est facile, et permet le diagnostic 60 à 70 jours après l'accouplement, les valeurs étant identiques avant (Koester et al., 2017b ; Sengenberger et al., 2018). La progestérone commence à augmenter durant les sept jours suivant l'accouplement (Adachi et al., 2011 ; Koester et al., 2022). Un retour aux valeurs basales pendant deux à cinq jours aux alentours du 62^e jour de gestation est fréquemment observé (Czekala et al., 1994 ; Saffoe, 2005). Les concentrations en progestérone sont plus basses durant le dernier tiers de la gestation. Un diagnostic de gestation, avec un taux de réussite de 100 %, est possible à partir de J56 si les concentrations sont supérieures à 2,0 ng/mg d'urine (Koester et al., 2022).

3.3.3.3.4. *5 α -pregnan-3 α -ol-20-one*

La **5 α -pregnan-3 α -ol-20-one** est le métabolite principal de la progestérone, excrété en plus grande quantité que la progestérone elle-même, dans les fèces de la majorité des grands félins. Ses concentrations augmentent donc en synergie avec celles de la progestérone durant la gestation. Son dosage fécal peut aussi permettre de surveiller la gestation et la fonction ovarienne chez certaines espèces. L'efficacité de son extraction est de 75 à 88 % et la réactivité croisée avec les œstrogènes est inférieure à 1 %. Chez le **léopard**, en cas de pseudogestation le taux augmente rapidement en 10 jours et se maintient jusqu'à la 6^e semaine. Chez le lion, l'augmentation du taux s'observe 17 jours après l'accouplement. Elle est graduelle jusqu'à J35 et atteint un maximum de 10 à 15 fois les valeurs basales. Le taux moyen est de 7000-32000 ng/g et est maintenu jusqu'à la parturition. Le taux en cas de gestation est plus élevé qu'en cas de pseudogestation ce qui permet de différencier les deux phases. Chez le **tigre**, l'augmentation s'observe 10 jours après l'accouplement et se poursuit jusqu'à J40 pour atteindre un plateau maintenu jusqu'à la parturition (J102) avant de revenir aux valeurs basales. Le taux en cas de gestation (moyenne 14000-34000 ng/g) est plus élevé qu'en cas de pseudogestation. Chez le **jaguar**, l'augmentation commence 12 jours après l'accouplement et se poursuit jusqu'à J60 pour former un plateau maintenu jusqu'à la parturition (J98), où les valeurs redeviennent basales. Le taux en cas de gestation (moyenne 8000-26000 ng/g) est plus élevé qu'en cas de pseudogestation (Umapathy et al., 2013).

3.3.3.3.5. *Immunoglobulines J (IgJ)*

Une nouvelle méthode, encore à l'étude à l'heure actuelle, consiste à doser les IgJ. En effet, chez le guépard, parmi les 570 protéines détectées dans les fèces seules les IgJ diffèrent entre une gestation et une pseudogestation. Les concentrations sont significativement plus élevées dès 28 jours post-accouplement chez 80 % des femelles gestantes.

L'élévation de la concentration en IgJ chez les femelles gestantes est probablement due au déclenchement d'une réponse immunitaire induit par l'implantation de l'embryon. Cependant chez les guépards, la concentration augmente avant l'implantation et pourrait être liée au déclenchement d'une réponse immunitaire à la suite de l'introduction de sperme ou de bactéries lors de l'intromission.

Tandis que cette méthode semble prometteuse chez les guépards, il est nécessaire d'améliorer sa sensibilité puisque n'importe quelle stimulation immunitaire (infection) peut être à l'origine de leur augmentation. Les concentrations semblent également extrêmement variables

entre les individus. De ce fait, l'étude des concentrations avant et après l'accouplement pourrait s'avérer obligatoire. Dans tous les cas, de plus amples recherches sur la possibilité d'utilisation de cette méthode comme diagnostic de gestation, chez les guépards, mais surtout chez les autres félins, sont clairement nécessaires (Andrews *et al.*, 2020 ; Byron *et al.*, 2020 ; Koester *et al.*, 2017b).

Les diagnostics par profils hormonaux ont cependant leurs failles et peuvent être erronés en fonction de la fréquence d'échantillonnage, de la quantité d'informations basales pré-accouplement connues et de la fluctuation hormonale pendant le diœstrus (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

3.3.3.4. *Imagerie*

L'**échographie** peut théoriquement être utilisée pour le suivi du développement fœtal ou de la gestation (Wildt *et al.*, 2010) avec comme défaut majeur la nécessité d'une anesthésie dans la quasi-totalité des cas (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Crosier *et al.*, 2018). Un entraînement médical au préalable est possible chez le **lion**, et le **guépard** (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Sengenberger *et al.*, 2018) et a permis un diagnostic de gestation vigile chez le **tigre** (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

La **radiographie** présente peu d'intérêt pratique par rapport à l'échographie et ne permet qu'un diagnostic tardif (55 jours) (Crosier *et al.*, 2018).

<p>En conclusion, des méthodes de suivi de gestation précoces sont encore à l'étude, le dosage de la relaxine étant prometteur. Pour l'instant, la méthode la plus utilisée est le dosage de la progestérone fécale, mais elle ne permet de s'assurer d'une gestation que dans le dernier trimestre.</p>
--

3.3.4. **Préparation de la mise-bas**

La préparation de la mise-bas est essentielle pour la survie de la portée. Un stress quotidien pendant la dernière semaine de gestation peut avoir des effets néfastes sur la descendance (Carlstead et Sliepherdson, 1994).

Chez toutes les espèces le retrait du mâle avant la mise-bas est un prérequis, et plus particulièrement chez les espèces solitaires, principalement à cause des risques d'infanticide (Fowler, 2001 ; Kitchener *et al.*, 1975 ; von Schmalz-Peixoto, 2003) Chez le jaguar, le mâle peut être laissé en présence de la femelle jusqu'au part mais ne sera plus toléré par celle-ci immédiatement après, du fait des risques de cannibalisme paternel (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016).

Chez la **panthère nébuleuse** le mâle doit être séparé deux à quatre semaines pré-partum mais gardé en contact visuel et olfactif afin de pallier les problèmes de réintroduction mentionnés plus haut, tant que la femelle n'exprime pas de signes de stress. Des couples fortement liés peuvent ne pas être séparés, hormis la nuit durant la dernière semaine de gestation (Fletcher, 2000). Chez le guépard, la présence de l'odeur du mâle peut être extrêmement stressante pour la femelle, même si chez cette espèce aucun infanticide n'a été rapporté (Ziegler-Meeks, 2009).

Même avec toutes les bonnes pratiques réunies, les mort-nés sont fréquents en captivité (von Schmalz-Peixoto, 2003) (Tableau 7).

3.3.4.1. Léopard

Chez le léopard, la désinfection et le paillage des nids limitent les maladies et imitent le substrat naturel. De même que dans la nature où la femelle s'isole, le passage et l'entrée des soigneurs dans l'enclos de mise-bas est à éviter (Zhang et al., 1999). Si jamais le mâle est toujours présent, elle ne l'autorisera pas à entrer dans le nid (Crandall, 1964). Une ration inadéquate (déficit en calcium principalement) durant la gestation peut entraîner le décès de la mère ou des petits lors de la parturition pour cause de déformations pelviennes et squelettiques. La réalisation d'une césarienne ne suffit pas toujours pour sauver la mère et/ou la progéniture. En effet, neuf césariennes sur des Léopards de Perse se sont soldées par le décès des petits (n=18) (Shoemaker, 1982).

3.3.4.2. Lion

Chez le lion, la démarche est plus particulière car les individus sont en clans. Afin de perturber au minimum le clan, des séparations courtes et régulières du clan instaurées avant la gestation sont essentielles. La femelle gestante pourra alors être isolée du clan dans son enclos de maternité au plus tard une semaine avant la date prévue de mise-bas. Afin de limiter au maximum les problèmes liés au stress, aucun autre changement significatif dans la routine de la femelle ne doit être effectué dans les quatre semaines précédant le part. De même, seulement l'entrée des soigneurs expérimentés dont l'animal est familier est autorisée. Toujours dans le but de limiter les perturbations, une réduction de la fréquence de nettoyage est à considérer. En cas de souillage de la litière, un renouvellement de maximum 40 à 50 % de celle-ci à la fois pourra être effectué (AZA Lion Species Survival Plan, 2012).

Les signes de travail débutent la veille de la délivrance et sont très indicatifs. L'émission de vocalisations, une agitation/fébrilité, des pertes vaginales associées à du léchage vulvaire, une anorexie, l'isolement par rapport aux autres membres du clan et une potentielle hausse de l'agressivité envers le clan ou les soigneurs signalent que le travail est imminent (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Sinn, 2018). L'utilisation d'une vidéo-surveillance s'avère dès lors très utile (Sinn, 2018). Les primipares peuvent ne montrer que très peu, voire aucun, signe de parturition et nécessitent donc une surveillance accrue (AZA Lion Species Survival Plan, 2012).

3.3.4.3. Panthère des neiges

Chez les onces, la préparation en amont des nids est essentielle (Koivisto *et al.*, 1977 ; Rai et Jha, 2013 ; Reed-Smith et Kumpf, 1998). A l'approche du part la femelle y passera plus de temps et cet isolement continuera pendant plusieurs semaines *post-partum* (Koivisto *et al.*, 1977 ; Wharton et Mainka, 1997). Le minimum de perturbations (bruits de pas, d'engins et de voix, visiteurs, animaux ...) favorise le bon déroulement de la gestation (Koivisto *et al.*, 1977 ; Marma et Yunchis, 1968). Un cas d'avortement suivi de cannibalisme a été décrit à la suite de l'aboïement d'un chien près de l'enclos d'une femelle (Marma et Yunchis, 1968). L'occlusion des fenêtres par du contreplaqué peut permettre d'atteindre un niveau d'intimité supplémentaire (Reed-Smith et Kumpf, 1998). De même les caméras de surveillance sont d'une grande utilité (Rai et Jha, 2013 ; Wharton et Mainka, 1997).

Plus l'introduction dans l'enclos de mise-bas est effectuée tôt (3-4 semaines avant), plus la femelle aura le temps de s'habituer à ses nouveaux quartiers et pourra mettre bas dans de bonnes conditions (Kitchener *et al.*, 1975 ; Rai et Jha, 2013 ; Wharton et Mainka, 1997). Dans de rares cas, la température peut être ajustée en fonction de la saison (Wharton et Mainka, 1997). En prévision, l'enclos doit également être sécurisé pour les petits (Rai et Jha, 2013).

Un des signes avant-coureurs est le léchage des tétines et leur visibilité malgré la fourrure. Une augmentation de l'intensité et de la fréquence du léchage vaginal est également manifestée (O'Connor et Freeman, 1982 ; Rai et Jha, 2013).

3.3.4.4. Jaguar

L'habituation de la mère à l'isolement et au changement de régime alimentaire au moins deux semaines avant la parturition permet de minimiser le stress à l'approche de celle-ci (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Spindler et Johnson, 2003). Le confort de la mère est primordial (Biddle, 2022). Environ 10 à 14 jours pré-partum, l'occlusion progressive, sur une semaine, des parois de la cage avec du contreplaqué, du sol jusqu'à 20cm du plafond, améliore encore l'intimité de la mère et sécurise davantage l'environnement pour la future progéniture (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Spindler et Johnson, 2003).

A partir d'une semaine pré-partum, un seul soigneur, celui avec lequel l'animal est le plus familier, s'occupe de lui, toujours dans le but de limiter les sources de stress. De même, la limitation drastique du trafic routier et piéton autour de l'enclos une semaine pré et *post-partum*, participe à cet objectif. La construction, au moins deux jours pré-partum, de plusieurs nids résistants, fermés sur cinq côtés, avec un rebord de 20 cm sur le 6^e côté, permet d'éviter le vagabondage précoce des petits et par conséquent de limiter le stress de la mère qui sinon passera son temps à les rapatrier dans le nid. Les nids peuvent être agrémentés de litière, sous surveillance afin de détecter toute ingestion (Biddle, 2022).

Afin de détecter toute anomalie, une vérification de la santé de la progéniture est à effectuer le plus précocement possible après la naissance, avec cependant le minimum d'invasion de l'espace de la mère possible. Les caméras et les micros trouvent alors leur pleine utilité (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; Spindler et Johnson, 2003). L'apport de nourriture n'est pas nécessaire le jour du part du fait de l'anorexie fréquente de la femelle. Si proposition il y a, elle doit être disposée de sorte à en faciliter le retrait en cas de non-consommation (Spindler et Johnson, 2003).

3.3.4.5. Tigres

Chez les tigres, la mise à disposition d'un enclos de gestation et de mise-bas, fermé, en intérieur, et totalement isolé visuellement et acoustiquement du public, environ deux à quatre semaines pré-partum et jusqu'à ce qu'elle accepte d'être séparée de ses petits soit deux à trois mois *post-partum*, permet de minimiser le stress de la mère (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; van Bommel, 1968). La mise en place d'une limitation des soigneurs à ceux dont l'animal est le plus familier, ainsi qu'une réduction de la fréquence de nettoyage de l'enclos, diminue grandement les sources de perturbation (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

Les nids couverts d'une litière, à minima de la paille, miment les conditions naturelles, mais la femelle peut décider de tout retirer si elle le désire. La construction de nids fermés, avec une porte de chaque côté, est plus adaptée et offre plus d'intimité à la femelle que de grandes boîtes

ouvertes. Le changement de la litière, uniquement en cas de souillure, et de, maximum 40 à 50 % à la fois, permet de perturber au minimum la tigresse.

Les femelles avec un petit unique peuvent ne manifester que très tardivement, voire aucun signe, de part imminent. La possession d'un équipement de vidéo-surveillance est bienvenue (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

3.3.4.6. *Panthères nébuleuses*

Chez les panthères nébuleuses, la mise à disposition d'un enclos isolé totalement du public, avec de multiples nichoirs, offre un cadre adéquat pour la mise-bas (Fletcher, 2000 ; Geidel et Gensch, 1976). La présence d'une zone seulement accessible à la mère, afin de lui laisser la possibilité de s'éloigner de ses petits si elle le désire, est également cruciale pour le bon déroulement de la reproduction. L'installation la plus précoce dans cet enclos permet d'éviter un stress, pouvant s'avérer extrêmement délétère, à proximité de la parturition (Fletcher, 2000). Si la femelle ne se plaint pas dans l'enclos, elle s'arrachera les poils en signe de stress (Murphy, 1976).

L'introduction de nouveau personnel peut également être source de stress et induire un toilettage excessif, avec arrachage des poils des petits par la mère, même si la source de stress est ultérieurement supprimée. La mise en place d'un enrichissement environnemental, par exemple des poulets non déplumés, peut permettre de résoudre la situation. Par conséquent, il est préférable que seuls des soigneurs expérimentés et familiers de l'animal s'occupent de la femelle. Il est également important de laisser à la femelle autant d'intimité qu'elle le désire.

Une réduction de la fréquence de nettoyage permet également de réduire les perturbations, tout comme le fait d'éviter de changer la litière, hormis en cas de souillure et pas plus de 40 % à la fois. Chez cette espèce, l'utilisation de caméras pour une surveillance à distance est très profitable (Fletcher, 2000). La femelle peut devenir plus agressive une semaine avant la parturition (Geidel et Gensch, 1976).

3.3.4.7. *Guépard*

Chez le guépard, l'installation de la femelle dans un enclos isolé du public et des autres enclos, avec au moins deux nids à disposition, est cruciale dans le bon déroulement de la parturition (Sengenberger *et al.*, 2018 ; Woc Colburn *et al.*, 2018 ; Ziegler–Meeks, 2009). Cette installation doit être effectuée le plus tôt possible, au moins 30 jours pré-partum, afin que la femelle ait le temps de se familiariser à son nouvel environnement (Sengenberger *et al.*, 2018). L'environnement doit être sûr, sec et chaud pour que la femelle soit à son aise. La multiplicité des nids permet à la femelle d'exprimer les comportements naturels de déplacement périodique des petits (Laurenson, 1993 ; Ziegler–Meeks, 2009).

La présence d'une litière bien fournie (paille, foin, copeaux) participe à son confort optimal, tout comme une taille suffisante pour permettre à la femelle de se tourner, de se lever et de se coucher avec les postérieurs tendus (Sengenberger *et al.*, 2018 ; Ziegler–Meeks, 2009). Des nids fermés sur tous les côtés sauf un, avec un rebord d'au moins 15 cm, permettent d'éviter le vagabondage précoce de la progéniture et le stress maternel associé (Sengenberger *et al.*, 2018 ; Ziegler–Meeks, 2009). Parfois la mère peut décider de ne pas utiliser les nids fournis et de mettre bas dehors, ce qui nécessite une surveillance accrue contre les fourmis, mouches, fortes pluies avec inondations, soleil, froid et ingestion de poussière (Ziegler–Meeks, 2009).

Un arrêt du nettoyage autour de la zone de maternité une semaine avant le part, et six semaines après, participe à la réduction du stress (Marker et Schumann, 1998).

L'installation d'un équipement de vidéo-surveillance ou la présence d'une glace sans tain permet de réduire drastiquement les perturbations, tout en surveillant efficacement le déroulement des événements.

Peu avant le part, la femelle apparaît agitée, fait du « pacing », rentre et sort du nid incessamment et gratte la litière (Sengenberger et al., 2018). Une rigidité dans la démarche et des mouvements abdominaux peuvent être également notés (Marker et Schumann, 1998). La parturition peut avoir lieu à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit (Ziegler–Meeks, 2009). Plus le part approche, plus la femelle reste dans le nid, se toilettant et présentant une tachypnée (Sengenberger et al., 2018 ; Ziegler–Meeks, 2009).

En conclusion, la **préparation de la mise-bas** implique d'isoler la femelle dans un enclos dédié, calme et hors du public, le plus précocement possible et de lui fournir plusieurs nids. Les perturbations doivent être limitées au maximum pour éviter les complications. Un équipement de vidéo-surveillance s'avère très utile pour cette étape et les suivantes. Il est également conseillé de limiter l'entrée des soigneurs à ceux dont l'animal est le plus familier.

3.3.5. Complications de la mise-bas

Les affections suivantes peuvent survenir chez toutes les espèces. Elles ont été décrites chez le lion (AZA Lion Species Survival Plan, 2012) :

- Hémorragie vaginale pré-partum : elle a lieu entre la 2^e et la 8^e semaine de gestation (sur une gestation de neuf semaines). Avant huit semaines, cela peut indiquer un avortement ou une résorption fœtale. Après, elle peut être le signe d'une naissance prématurée et correspondre à la séparation du placenta de l'endomètre. Une césarienne sera à prévoir si le saignement est excessif à l'approche de la date prévue de part.
- Dystocie : elle se manifeste soit par des contractions non productives pendant plus de 60 mn, soit par un petit visible dans le vestibule du vagin sans mise-bas subséquente. Elle peut être d'origine maternelle par atonie ou torsion utérine, ou par un pelvis de taille réduite, souvent en cas d'affection métabolique osseuse antérieure. Elle peut également être d'origine fœtale, par disproportion fœto-pelvienne ou malformation. Enfin, elle peut être d'origine mixte.
- Hémorragie vaginale *post-partum* : une petite quantité de sang expulsée dans les trois premières semaines *post-partum* n'est pas inhabituelle. Cependant, si l'hémorragie devient excessive, ou qu'elle induit un changement dans la NFS ou l'hématocrite, ou que les sécrétions deviennent mucopurulentes, alors, elle devient préoccupante. Chez le **guépard** également des saignements vulvaires peuvent être observés dans les quelques jours suivant la mise-bas (Manton, 1974). Des sécrétions vaginales hémorragiques noires modérées sont observées jusqu'à neuf jours après le part sans que cela soit signe d'anomalie (Callealta et al., 2020).
- Rétention placentaire : elle est difficile à diagnostiquer car le placenta est souvent ingéré par la mère. Elle s'exprime par de la fièvre, une anorexie ou l'arrêt de l'allaitement.

- Métrite aiguë : elle a lieu dans les 12 à 96 jours *post-partum*, souvent à la suite d'une rétention de tissus fœtaux ou d'un traumatisme pendant la délivrance. Les femelles peuvent devenir léthargiques, anorexiques et ignorer leurs petits.
- Prolapsus utérin : il se caractérise par le prolapsus de l'une ou des deux cornes utérines et peut survenir pendant le part ou dans les 48h suivantes.

Les causes des dystocies sont peu rapportées dans la littérature. Chez le **lion**, un cas de disproportion fœto-maternelle par ossification de la symphyse pubienne de la mère, la rendant trop étroite pour le passage du jeune, a été décrit (Darestani Farahani *et al.*, 2023). Les dystocies existent également chez la **panthère des neiges** et ont déjà été à l'origine du décès de la mère. Les césariennes permettent souvent de sauver les petits, cependant ceux-ci doivent nécessairement être biberonnés par la suite (Wharton et Mainka, 1997). Les dystocies sont également décrites chez les **tigres** et nécessitent une césarienne (Sankhala, 1967 ; Seidel et Wisser, 1987). Les complications apparaissent en général lorsque le part dure plus de un à quatre jours et se manifestent par une apathie et une fiébrilité. La tigresse peut garder un fœtus momifié pendant trois jours sans présenter de symptômes. Le décès de la mère reste possible par automutilation malgré une césarienne réussie (Seidel et Wisser, 1987). Les présentations par siège à l'origine de dystocie ont aussi été décrites chez le **guépard** (Tennant et Craig, 1977). Deux cas de césarienne suite à une atonie utérine (primaire ou secondaire) ont été publiés avec mise-bas naturelle par la suite (Alves *et al.*, 2018). Chez les autres espèces, les causes sont soit rarement explorées soit peu décrites dans la littérature.

Moins il y a de perturbations, moins les risques de complications sont élevés, notamment chez le guépard (Sengenberger *et al.*, 2018). En cas de détresse, manifestée notamment par une respiration gueule ouverte, et de contractions non productives, l'intervention d'un vétérinaire est nécessaire pour éviter le décès de la mère et/ou des petits (Ziegler–Meeks, 2009). Les centres de reproduction ont souvent de meilleurs résultats, car le stress lié à la présence d'autres carnivores et du public est oblitéré (Bauman *et al.*, 2010).

3.3.6. Acceptation des petits par la mère

L'acceptation des petits par la mère est une étape cruciale dans le bon déroulement de la reproduction et pose des problèmes chez tous les grands félins. Par exemple, jusqu'en 1944, aucune femelle jaguar en captivité n'a réussi à élever ses petits, parce qu'elle les négligeait (Crandall, 1964). Même ultérieurement les problèmes persistent avec, toujours chez le jaguar, des mutilations, des rejets maternels et des abandons pour cause d'interférence humaine (Mohapatra *et al.*, 2019).

L'abandon est également une cause majeure de mortalité chez les jeunes guépards captifs contrairement à leurs congénères sauvages. En effet, en milieu naturel, les mères négligent rarement leurs petits et vont jusqu'à les chercher pendant quatre jours après leur disparition (Laurenson, 1993 ; Laurenson *et al.*, 1992). Pour remédier à ce phénomène, des institutions pratiquent le retrait préventif des petits (Mohapatra *et al.*, 2019). Dans le cas de la panthère nébuleuse, 62,5 % des institutions séparent de manière permanente les petits de la mère dans les 6h *post-partum* (Whiles, 2016).

Cependant, une relation mère-enfant perturbée peut priver les jeunes des stimulations spécifiques essentielles pour le développement d'une régulation émotionnelle et d'interactions

sociales normales, ainsi que pour celui des comportements orientés complexes, en particulier ceux maternels et sexuels (McPhee et Carlstead, 2010). Par exemple, chez les panthères des neiges, les tigres, les guépards et les panthères nébuleuses, entre 1901 et 2011, les femelles élevées par leur mère sont également plus susceptibles d'élever leurs petits à leur tour. De plus, les femelles et mâles biberonnés produisent moins de petits que celles et ceux élevés par leur mère, malgré des portées plus grandes. Cette tendance reste valable même en restreignant l'échantillon aux années 2000 à 2011. Plusieurs hypothèses sont avancées. Les femelles biberonnées pourraient ne pas montrer de signes de chaleurs, ou les exprimer à un moment inapproprié, ce qui serait à l'origine d'un manque de reproduction. A l'inverse, les mâles biberonnés pourraient ne pas interpréter les signaux comme indicateurs de réceptivité. Enfin, cela pourrait être dû aux pratiques de gestion des zoos qui n'offriraient pas les mêmes opportunités de reproduction aux individus biberonnés (Hampson et Schwitzer, 2016 ; Koivisto *et al.*, 1977).

Chez les femelles captives, tout dérangement durant la parturition et les premiers temps de l'allaitement peut entraîner un abandon ou un infanticide. L'infanticide peut être déclenché par une perception des conditions de captivité comme suboptimales par la femelle (von Schmalz-Peixoto, 2003). Il est suivi de cannibalisme pour la plupart des grands félins, sauf chez le guépard où ce dernier s'avère peu fréquent (Hampson et Schwitzer, 2016).

3.3.6.1. Conditions environnementales de gestion

Une fois la mise-bas effectuée, les mêmes conditions de gestion environnementale que pendant la fin de la gestation (tranquillité et discrétion) s'appliquent. Chez le léopard, le maintien des odeurs et de la tranquillité de la femelle est crucial. Pour cela, l'enclos ne doit pas être nettoyé pendant les 15 premiers jours, et l'eau et la nourriture quotidienne doivent être apportées de manière la plus discrète possible. La femelle pourra abandonner ou cannibaliser ses petits en cas de perturbation (Zhang *et al.*, 1999), tout comme en cas de quartiers inadéquats pendant le part et les débuts de la maternité (Shoemaker 1982). Une grande variabilité est cependant observable, avec certaines mères qui s'occupent correctement de leur progéniture, alors que d'autres la délaissent ou la mutilent, dans les mêmes conditions de détention. Le cannibalisme est particulièrement prévalent chez les Pantherinae et ses raisons sont encore mal connues. Les femelles léopards peuvent devenir très féroces lorsqu'elles sentent un potentiel danger pour leurs petits (Desai, 1976).

Chez les **lions**, dès lors que la naissance a eu lieu, afin d'éviter l'abandon ou le développement d'un comportement agressif, le respect total de la tranquillité de la mère durant les 24h premières heures *post-partum* est primordial. La limitation du trafic dans la zone de l'enclos amenuise également ces risques (AZA Lion Species Survival Plan, 2012). Certaines lionnes sont particulièrement nerveuses et connues pour négliger leurs petits (Crandall, 1964). Elles vont marcher vigoureusement, ne leur témoigner aucune affection, et ne pas les laisser téter (Gehlot *et al.*, 2020). L'infanticide est fréquent chez les lions également, mais souvent sans cannibalisme (von Schmalz-Peixoto, 2003). Les primipares sont les plus à risque, et peuvent aussi laisser mourir d'hypothermie leurs petits. L'ajout d'une source de chaleur supplémentaire, peut alors s'avérer bénéfique. L'observation de ces comportements chez une primipare, n'implique pas nécessairement que ceux-ci seront également manifestés lors des portées ultérieures. La fréquence d'abandon ou d'assassinat des petits uniques, est supérieure à celle des portées plus conséquentes. Durant les premiers jours *post-partum*, le placement de la nourriture dans un endroit facilement accessible en cas de non-consommation, permet de limiter les perturbations, et par conséquent, les risques de comportement anormal de la mère. Un retour au fonctionnement

habituel (nettoyage, activité ...) progressif peut commencer quatre à sept jours *post-partum*. Il est cependant préférable de laisser les lionceaux tranquilles au moins sept jours. (AZA Lion Species Survival Plan, 2012).

Chez les **panthères des neiges**, un cas d'infanticide maternel en présence d'un soigneur inconnu a été rapporté (Marma et Yunchis, 1968). La mère est extrêmement protectrice de ses petits durant les deux premières semaines *post-partum* (Calvin, 1969 ; Marma et Yunchis, 1968). Le nettoyage du nid ne devra donc se faire qu'en cas d'extrême nécessité et uniquement lorsque la mère est sortie. Lorsque tout se déroule bien, les petits passent 30 % de leur temps à s'allaiter durant les deux premières semaines et le reste à dormir (Spindler et Johnson, 2003).

Chez les **jaguars**, les mutilations et le cannibalisme maternel adviennent également, parfois précédés de négligence maternelle (Selvam et al., 2005). Le respect de la tranquillité de la femelle et de ses petits durant les sept premiers jours *post-partum* permet de minimiser les risques. De ce fait un monitoring vidéo s'avère essentiel. Les défauts de soin sont de plusieurs natures : agressivité, refus d'allaitement, trouble de la lactation, négligence, abandon, affection médicale (Biddle, 2022). En cas de manipulation des petits, l'utilisation de gants souillés des urines et fèces de la mère permet de minimiser les risques d'abandon ultérieur. A partir de deux semaines *post-partum*, la réintroduction du personnel habituel peut débuter, et celle de la routine de nettoyage à partir de la 3^e (Spindler et Johnson, 2003). Dans le cas où les petits ne s'alimentent pas correctement, pour éviter un biberonnage exclusif, il est parfois utile de les compléter à l'écart, avec un retour instantané auprès de la mère. Les jaguars étant très individualistes, il n'existe aucune méthodologie valable pour toutes les réintroductions. Dans tous les cas, une acclimatation visuelle, auditive et olfactive doit avoir lieu au préalable (Biddle, 2022).

Chez les **tigresses**, l'intimité est également la clef chez les reproductrices (van Bommel, 1968). Celle-ci doit être totalement respectée pendant les 24 premières heures *post-partum* pour réduire les risques d'abandon ou d'agression. En cas de manipulation des petits, l'attente du départ volontaire de la femelle du nid, et l'utilisation de gants souillés des urines et fèces de la mère, permettent de minimiser les risques (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

Chez la **panthère nébuleuse**, le respect total de l'intimité de la femelle les 24 premières heures, et la limitation de l'accès à l'enclos et au nid, diminuent les risques ultérieurs. En effet, toute perturbation (bruit, odeur, vision d'humains ou d'animaux) pendant les huit premières semaines de vie, peut agir comme déclencheur d'abandon ou d'infanticide, souvent avec cannibalisme, et ce, particulièrement durant la première semaine (Fletchall, 2000 ; Ratanakorn, 1988). Si des manipulations doivent être effectuées, il faut attendre le départ volontaire de la femelle du nid, et utiliser des gants souillés des fèces présentes dans le nid. La mère peut devenir agressive envers ses petits également lorsqu'elle n'a pas la possibilité de s'isoler loin d'eux. Malgré toutes les précautions possibles, certaines femelles refusent d'élever leurs petits et sont systématiquement agressives envers eux (Fletchall, 2000). La survenue d'infanticide durant les 24h *post-partum* n'est pas rare (Nájera et al., 2015). L'expression de stéréotypies, telles que l'arrachage des poils chez une femelle durant la gestation, est un signe fort d'une non-optimalité des conditions de détentions, et laisse présager de l'occurrence de cannibalisme à la naissance (Murphy, 1976).

Chez le **guépard**, la présence de perturbateurs est également à l'origine de comportements inadéquats de la mère comme le changement incessant de nid, l'arrêt de

l'allaitement ou l'abandon. Chaque individu est différent et aura sa propre sensibilité (Crandall, 1964 ; Sengenberger et al., 2018). Le contact avec d'autres congénères durant la lactation est un facteur de stress et d'abandon pour beaucoup (Sengenberger *et al.*, 2018 ; van Oorschot, 1998 ; Ziegler–Meeks, 2009). L'utilisation de gants lors de toute manipulation réduit également les risques. La mère restera 72h *post-partum* dans le nid, sans en sortir, et le respect de son autarcie est crucial (Sengenberger et al., 2018). Parfois elle peut ne pas utiliser les nids prévus, les petits commenceront alors à vagabonder dès trois semaines ce qui la rend très nerveuse. Afin de les rapatrier dans le nid, elle va les porter incessamment, comportement pouvant causer des blessures sérieuses voire fatales. En cas d'utilisation de caméras mobiles, leur mouvement, alors que la mère est dans le nid, peut être source d'effroi et par la suite d'abandon ou de déplacement de la progéniture (Ziegler–Meeks, 2009).

Lorsque tout se déroule bien aucun bruit n'est audible, alors que des petits crieurs et agités sont signe de négligence. Si nécessaire, et maximum une fois par jour, l'approche du nid par un individu connu et accepté de la femelle guépard, en prenant toutes les précautions possibles pour ne pas la déranger, limite considérablement les risques de comportements inadéquats. Le nettoyage de la litière, seulement en cas de souillure, permet de ne pas déranger la mère plus que nécessaire. Les petits uniques sont presque invariablement abandonnés et devront être biberonnés car la stimulation de la lactation est insuffisante ou car la mère décide d'investir son énergie dans une autre portée avec plus de chances de survie. Cela se produit en moyenne entre 2 et 5 jours [1-23] *post-partum*. Tant que la mère s'en occupe et que la croissance est correcte, le petit peut rester avec elle (Ziegler–Meeks, 2009). Le stress peut également perturber le fonctionnement olfactif normal de la femelle, ce qui peut induire du cannibalisme maternel (Degenaar, 1977).

La mise à disposition d'un enclos de maternité isolé, le plus tôt possible dans la gestation, favorise grandement les chances d'élevage par la mère. En effet, lorsqu'aucun enclos n'est mis à disposition, seulement 13 % des petits guépards sont élevés jusqu'au sevrage par celle-ci (n=23). Lorsqu'un enclos est fourni tardivement, 35 % des petits sont élevés par leur mère jusqu'au sevrage (n=34) et lorsque l'enclos est fourni en début de gestation, 79 % des petits sont élevés par leur mère jusqu'au sevrage (Brand, 1980). La présence d'arbrisseaux ou de points d'observation (monticule de terre, colline, troncs, piles de rochers) est également fortement recommandée, car l'observation des alentours est un comportement clé des mères dans la nature (Eaton, 1974).

3.3.6.2. Autres facteurs

Une alimentation défectueuse peut être source de stress et de cannibalisme chez le jaguar. Dans certains cas, le cannibalisme peut devenir une habitude pour la femelle, qui sera difficile à enrayer par la suite (Leal, 1979). De même, chez les tigresses, l'accès à une nourriture variée est un facteur important dans le bon déroulement de l'acceptation des petits (van Bommel, 1968).

La provenance de la femelle peut influencer son comportement. En effet, les femelles nées à l'état sauvage puis capturées sont plus sujettes à abandonner (infanticide passif) leurs petits que celles nées en captivité, qui vont plutôt se tourner vers l'infanticide actif. En revanche, les femelles nées sauvages commettent plus d'infanticides en totalité (actifs et passifs), ce qui suggère un défaut de bien-être chez ces femelles (von Schmalz-Peixoto, 2003).

Le rythme circadien de l'espèce influence son comportement. En effet, les espèces diurnes semblent plus enclines aux abandons, alors que les espèces arhythmiques pratiquent plus souvent

l'infanticide actif. Cette disparité pourrait s'expliquer par la plus grande susceptibilité aux prédateurs des espèces diurnes qui pourraient abandonner leur portée pour attirer l'attention des prédateurs afin de pouvoir leur échapper. De plus, le fait de tuer leurs petits pourrait attirer les prédateurs auditivement et olfactivement (von Schmalz-Peixoto, 2003).

L'âge de la femelle est également un facteur à prendre en compte. Les tigresses primipares ou d'un âge avancé sont plus fréquemment à l'origine de soins inadéquats ou d'abandons (Gu *et al.*, 2016 ; Raju *et al.*, 1997 ; Sankhala, 1967 ; van Bommel, 1968). Les jeunes **tigresses** sont souvent hyperactives et réagissent agressivement à toute interférence. En général, cela rentre dans l'ordre lors des portées suivantes (Raju *et al.*, 1997). De même chez les **guépards**, les femelles ayant leur première ou seconde portée sont souvent de « mauvaises » mères et abandonnent ou consomment leurs petits (Bertschinger *et al.*, 2008b). Des précautions supplémentaires sont donc à prendre avec les primipares, car leur réaction est inconnue (Sengenberger *et al.*, 2018) et leur seuil de perturbation est souvent plus bas (Degenaar, 1977 ; van Oorschot, 1998 ; Ziegler-Meeks, 2009). Parfois les primipares peuvent adopter certains comportements de manière appropriée (toiletage) mais échouer sur d'autres (allaitement) (Benzon *et Smith*, 1975). Il en est de même chez les **panthères des neiges** (Rieger, 1980), et chez le jaguar (Biddle, 2022).

Les mères sont capables de différencier un petit en bonne santé d'un autre dont la santé est compromise. Chez les panthères des neiges, la mère rejettera d'office sa progéniture si elle lui paraît non viable (malformation, chétivité, anomalie congénitale, infection ...) (Rai *et Jha*, 2013). Chez les panthères nébuleuses, elle commettra plutôt un infanticide (Ratanakorn, 1988).

Une acceptation initiale des petits par la mère n'est pas définitive. Un événement imprévu et stressant comme un orage sévère peut être à l'origine d'un infanticide ou d'un abandon plus d'un mois *post-partum* chez le **guépard** (Brand, 1980 ; Howard *et al.*, 1992). De même, chez le **léopard**, une perte d'intérêt maternel à cause d'une hypogalactie peut survenir cinq jours *post-partum* (Dhoot *et al.*, 2000). De plus, même avec une gestion adéquate, le cannibalisme peut advenir, notamment chez les tigres (Sankhala, 1967).

En conclusion, **l'acceptation des petits par la mère** est une étape particulièrement risquée, puisque les femelles ont tendance à abandonner leur progéniture dans des conditions stressantes (ce qui est le cas par définition de la captivité par rapport au milieu naturel). Outre l'abandon (les petits peuvent être sauvés par le biberonnage), les femelles des grands félins se livrent fréquemment au cannibalisme envers leur progéniture. Il est conseillé de laisser les mères seules avec leur portée pendant au moins 24h et de limiter les entrées du personnel à minima la première semaine. La litière ne doit être changée qu'en cas de souillure (maximum 40 à 50 % de renouvellement en une fois). Il faut toujours garder à l'esprit que même si la mère accepte initialement ses petits elle pourra les rejeter si un événement perturbateur survient par la suite.

3.3.7. Élevage des jeunes

Il est courant que la mère ne réussisse pas à élever ses petits jusqu'à l'indépendance. Il semblerait que le comportement maternel soit très facilement perturbé par tout écart de la situation habituelle. Il se peut que cela soit une sélection naturelle visant à protéger la mère qui pourra toujours à nouveau faire une portée, contrairement aux petits qui décèderont si la mère ne survit pas. Si les

conditions ne sont pas bonnes, il est donc normal que la mère échoue (Ewer, 1973). En cas d'agressivité/négligence maternelle deux options existent : le biberonnage ou l'adoption par une autre mère (Baker, 2006 ; Livers, 1973 ; von Schmalz-Peixoto, 2003 ; Ziegler–Meeks, 2009).

Le développement de comportements naturels spécifiques à l'espèce est nécessaire pour une reproduction réussie plus tard. Plus précisément, les comportements reproductifs tels que le choix du partenaire, la cour, l'accouplement et l'élevage des jeunes sont significativement influencés par l'environnement captif, ce qui rend l'optimisation de celui-ci capitale (McPhee et Carlstead, 2010). Chez le **tigre**, par exemple, les durées de gestation et la taille des portées sont similaires aux valeurs observées dans la nature. Les valeurs sont également similaires entre les femelles biberonnées et celles élevées par leur mère. Ce qui est en faveur d'une préservation de la majorité du schéma reproducteur en captivité (Hampson et Schwitzer, 2016 ; von Schmalz-Peixoto, 2003). Chez le **guépard**, les femelles biberonnées se reproduisent plus tard que celles élevées par la mère (Hampson et Schwitzer, 2016).

3.3.7.1. Biberonnage

Le biberonnage n'est à considérer qu'en solution de secours lorsque les autres solutions ont échoué, par exemple à la suite d'un abandon ou d'une mauvaise santé des petits. S'il a lieu à la suite d'une négligence maternelle, il est important d'en trouver la cause afin que cela ne se reproduise pas lors des portées ultérieures (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016). De plus, le biberonnage est coûteux, demande beaucoup de ressources et les animaux élevés de cette manière ne peuvent pas être réintroduits dans la nature par la suite (Fazio, 2010). Néanmoins chez certaines espèces il est considérablement utilisé (Tableau 3).

Tableau 3 : Pourcentage de petits biberonnés pour chaque espèce en captivité (d'après de multiples sources. Cf. Annexe 3)

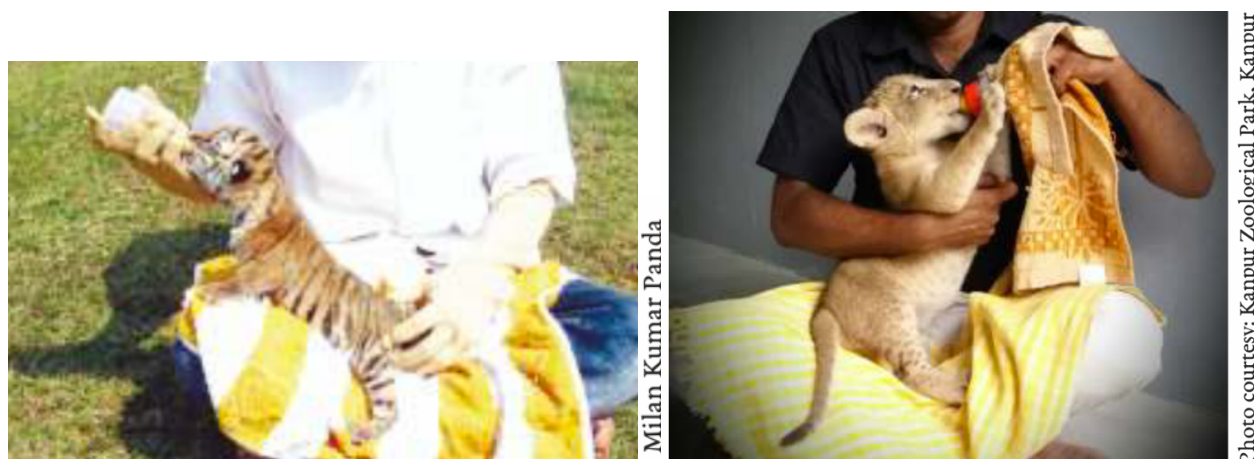
	Léopard	Lion	Panthère des neiges	Jaguar	Tigre	Panthère nébuleuse	Guépard	Puma
Nombre de petits	18	35	168	19	128	86	286	22
Biberonnage	72,2 %	22,9 %	32 %	21,1 %	7,8 %	64 %	24 %	4,5 %

Dans le cadre du biberonnage, la prise du colostrum reste essentielle pour l'immunité des petits, donc tout doit être fait pour les laisser téter à minima 12 à 24h (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Fletchall, 2000). Si jamais l'animal n'a pas pris le colostrum dans les 16h suivant la mise-bas, le sérum de chat adulte peut être utilisé comme substitutif (AZA Lion Species Survival Plan, 2012). Les recommandations ont été faites chez le tigre. Un minimum de 75 mL de sérum par kg doit être injecté par voie intrapéritonéale ou sous-cutanée deux fois par jour (Hedberg, 2002). L'étape suivante est la suture du cordon ombilical, si nécessaire, puis sa désinfection à la Bétadine 2 % afin de minimiser les entrées de pathogènes (Wharton et Mainka, 1997 ; Ziegler–Meeks, 2009). La coupe des griffes pour éviter les risques de blessure de la mère et le marquage des individus pour pouvoir les différencier (tonte localisée ou spray coloré par exemple) sont également importants (Ziegler–Meeks, 2009). Aucun cas d'incompatibilité de groupes sanguins ou de risques d'isoérythrolyse néonatale n'ont été rapportés dans les manuels de l'EAZA (AZA Jaguar

Species Survival Plan, 2016 ; AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Fletchall, 2000 ; Ziegler–Meeks, 2009).

Le nombre de participants impliqués dans le biberonnage doit être limité à deux ou trois afin d'éviter les contaminations infectieuses. La prise du biberon doit s'effectuer en position sternale avec la tête relevée (Figure 26) et il doit contenir du lait tiédi au bain mari (Ziegler–Meeks, 2009). Chez la panthère nébuleuse, les petits sont particulièrement difficiles à faire téter et sont plus susceptibles aux fausses déglutitions, il est donc préférable que seuls les soigneurs expérimentés s'en occupent pendant les premières semaines (Fletchall, 2000).

Figure 26 : Biberonnage d'un tigre (gauche) et d'un lionceau (droite) (Mohapatra et al., 2019)



Chez le **tigre**, 29 % des petits doivent être biberonnés à cause de troubles comportementaux de la mère, manque de vitalité, anomalie congénitale, perte de poids, défaut pulmonaire ou césarienne. En moyenne 61 % d'entre eux survivent (Seidel et Wisser, 1987). Chez les **panthères des neiges** le biberonnage est particulièrement difficile, avec un taux de succès très bas, de 22,4 % dans le cadre d'un protocole à base de Kitten Milk Replacer (KMR®) (Kitchener et al., 1975). Chez la **panthère nébuleuse**, 75 % des institutions biberonnent les petits et obtiennent essentiellement des résultats positifs (Whiles, 2016), cependant cela peut induire un stress chez la mère, exprimé par un arrachage du pelage, pouvant persister jusqu'à un mois post-séparation (Fletchall, 2000). Cette méthode est souvent préférée car le taux de survie est de 84 % à un an contre 59 % s'ils sont élevés par leur mère (Fletchall, 2002). Chez le **guépard**, il est souvent possible d'attendre quatre à cinq jours avant de retirer les petits pour biberonnage, sauf si une détresse ou un comportement anormal de la mère est observé plus tôt (Bircher et Noble, 1997).

3.3.7.1.1. Laits maternisés

L'utilisation de laits tels que le KMR® (pour chatons, Pet Ag, Etats-Unis), l'Esbilac® (pour chiots, Pet Ag, Etats-Unis), ou le Zoologic® Milk Matrix (Pet Ag, Etats-Unis) est idéale. En cas d'impossibilité, le report aux formules existantes à base de lait de vache et ou de soja permet un résultat satisfaisant (Fowler, 2001). Le problème majeur est la quantité trop importante de glucides dans les laits maternisés à l'origine de diarrhée par rapport à la quantité d'énergie fournie. Une dilution trop importante de la formule donnerait une quantité de glucides idéale, cependant des risques de retard de croissance ou d'affections dermatologiques sont encourus par manque des

autres composants énergétiques. Il faut donc trouver un équilibre (Grant, 2005 ; Woc Colburn et al., 2018). Les petits sont pesés chaque matin et la quantité de lait à leur administrer (15 - 20 % du poids) est calculée et répartie sur de multiples repas journaliers et ce jusqu'à l'introduction des premiers solides (Hedberg, 2002 ; Ward et Hunt, 2003). Chez les **panthères nébuleuses**, la quantité moyenne ingérée est de 28 % de leur poids par jour (Nájera et al., 2015). Chez les **guépards**, la consommation moyenne est plutôt de 10 à 15 % de leur poids par jour (Bircher et Noble, 1997)

Chez le **léopard**, l'utilisation d'Esbilac® est à l'origine de diarrhées, de déficiences en calcium et d'une fourrure terne. Dans cette espèce, le KMR® ne cause pas les mêmes effets secondaires et se rapproche plus de la composition du lait maternel (Livers, 1973) (Tableau 4). Le développement de diarrhées peut être résorbé en augmentant la dilution de lait dans la formule administrée (Dhoot et al., 2000).

Chez la **panthère des neiges**, initialement, la formule diluée dans de l'eau distillée contient 1/2 de KMR®, puis 2/3 à partir du 5^e jour, puis uniquement du KMR® au 10^e jour (Kitchener et al., 1975).

Chez le **jaguar**, le KMR® est le lait maternisé le plus largement utilisé, cependant l'Esbilac® ou le Zoologic® Milk Matrix 33/40 ont une composition plus proche en glucides du lait des félins. Il n'existe cependant pas de données sur la composition du lait des femelles jaguar (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016). L'introduction des solides peut commencer à partir de cinq à six semaines et le retrait complet de la formule peut avoir lieu entre 7,2 et 11 semaines (Ward et Hunt, 2003).

Chez la **panthère nébuleuse** le Zoologic® Milk Matrix est le lait maternisé connaissant le plus de succès (Fletcher, 2000). Certains zoos utilisent également un mélange 3 :1 de KMR® et de Zoologic® Milk Matrix 33/40 (Nájera et al., 2015).

Chez le **guépard**, l'utilisation de Ringer Lactate seul, lors des deux ou trois premiers repas avant de passer au KMR® dilué, peut permettre d'éviter les gastrites. La dilution est progressivement diminuée pour atteindre une formule avec uniquement du KMR® au bout de cinq jours, sauf en cas d'intolérance. Ceci associé à une transition la plus précoce possible à de la nourriture solide permet d'éviter l'apparition de diarrhées (Bircher et Noble, 1997 ; Grant, 2005). La survie au terme du processus de biberonnage semble meilleure en utilisant du KMR® que de l'Esbilac® (Lombardi et al., 2009).

Tableau 4 : Composition du lait produit naturellement par les différents félins et des laits maternisés

Composition du lait (%)	Protéines (% MS)	Matières grasses (% MS)	Glucides (% MS)	Matière sèche	Source
Léopard	49,1 %	28,8 %	18,6 %	22,6 %	(Ben Shaul, 1962)
Lion	46,8 %	44,4 %	14,6 %	20,5 %	(Murtough <i>et al.</i> , 2012)
Panthère des neiges	61,3 %	19,2 %	12,1 %	24,0 %	(Murtough <i>et al.</i> , 2012)
Jaguar	/	/	/	/	<i>Aucune</i>
Tigre	50,2 %	38,2 %	7,5 %	26,7 %	(Murtough <i>et al.</i> , 2012)
Panthère nébuleuse	59,7 %	26,9 %	8,7 %	25,3 %	(Murtough <i>et al.</i> , 2012)
Guépard	48,7 %	31,5 %	19,8 %	19,7 %	(Osthoff <i>et al.</i> , 2006)
Puma	34,3 %	53,1 %	11,1 %	35,0 %	(Ben Shaul, 1962)
KMR®	42,2 %	25,0 %	26,1 %	18,2 %	(Ward et Hunt, 2003)
Esbilac®	33,2 %	43,0 %	15,8 %	15,2 %	(Ward et Hunt, 2003)
Milk Matrix 33/40	34,0 %	42,9 %	15,6 %	32,7 %	(Ward et Hunt, 2003)
Milk Matrix 42/25	43,4 %	29,0 %	18,6 %	32,5 %	(Ward et Hunt, 2003)

3.3.7.1.2. Croissance

Durant le biberonnage, la prise de poids journalière attendue est de 50-100 à 100-200 g/jour en fonction de l'espèce et celle-ci double à l'introduction des premiers solides (Hedberg, 2002). Chez le léopard, le taux de croissance mensuel moyen est de 3 kg jusqu'au sevrage (Livers, 1973). En cas de biberonnage les **lionceaux** ont une prise de poids plus rapide que dans la nature, de 212,3 g/jour jusqu'au sevrage (Putman *et al.*, 2015). Chez les **panthères nébuleuses** un taux de croissance de 33,1 g/jour avant le sevrage (Fletcher, 2000 ; Whiles, 2016) et de 45,7 g/jour post-sevrage est à prévoir chez les animaux biberonnés (Whiles, 2016). Chez les **guépards**, les petits prennent environ 40 à 50 g/jour avant le sevrage (Bell, 2005 ; Lombardi *et al.*, 2009).

Le suivi quotidien, par écrit, du poids, de la quantité d'aliment ingérée et de la dilution de celui-ci est important pour détecter précocement les anomalies et pouvoir retourner au stade précédent en cas de diarrhées (AZA Lion Species Survival Plan, 2012). De plus, chez le **tigre**, 91,7 % des petits qui décèdent présentent un palier ou une chute dans leur courbe de croissance peu avant leur mort (n=12). Le taux de croissance est plus faible chez les animaux biberonnés, notamment juste après la naissance, chez le **tigre** (Allen Binczik *et al.*, 1987) comme chez le **guépard** (Beekman *et al.*, 1997). Chez la **panthère nébuleuse**, il en est de même puis la tendance s'inverse à partir du 2^e mois (Fletcher, 2000).

3.3.7.1.3. Sevrage

Des difficultés au moment du sevrage peuvent être observées comme des vomissements, des diarrhées ou des refus du biberon deux ou trois fois d'affilée (Hedberg, 2002). Chez le **guépard**, le sevrage peut être initié à partir de 28 jours et terminé vers six à sept semaines (Bircher et Noble, 1997). L'introduction de la viande et le sevrage précoce permet d'éviter l'apparition de valgus du carpe et d'hyperextensions, induites, entre autres, par la consommation de KMR (Ziegler–Meeks, 2009).

3.3.7.1.4. Biberonnage transitoire

Les biberonnages momentanés sont à privilégier à ceux définitifs lorsque cela est possible. Chez le **léopard**, un retour des petits auprès de la mère à 13 semaines (après sevrage) peut être effectué sans aucune difficulté (Dhoot et al., 2000). Cependant chez la **panthère nébuleuse**, la réintroduction peut s'avérer infructueuse quand les petits ont atteint 4 mois, notamment pour les mâles qui peuvent développer de l'agressivité envers leur mère. À trois mois les réintroductions s'effectuent généralement sans accrocs (Fletcher, 2000). Il est impératif de ne pas élever les petits seuls, quelle que soit l'espèce. En cas d'absence de congénère disponible, l'utilisation d'un chien ou d'un autre animal est recommandée (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

Chez le **jaguar**, le biberonnage n'est pas recommandé par les EEP car il peut entraîner un défaut de socialisation avec d'autres jaguars à l'origine d'agressions lors des introductions pour accouplement, ainsi qu'une incapacité à se reproduire, à assurer les soins maternels ou à être un mâle avec un comportement reproductif normal. Il peut aussi induire des troubles du comportement vis-à-vis des humains pouvant s'avérer extrêmement dangereux, voire le développement d'une agressivité extrême (Biddle, 2022).

Chez les **tigres**, les femelles biberonnées élèveront correctement leurs petits, si elles sont biberonnées avec des congénères et des humains autres que le soigneur principal sans imprégnation conséquente (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

Chez les **panthères nébuleuses**, en cas de petit unique nécessitant un biberonnage, il est impératif de l'introduire avec un autre félin, de petite taille, de la même espèce ou non, à trois ou quatre semaines afin qu'il obtienne les codes de l'espèce. Plus les petits auront la possibilité d'interagir avec des congénères, plus ils seront adaptables pour l'accouplement et la formation de paires. Un transfert dans un autre zoo ayant eu aussi une portée à biberonner est optimal dans cette configuration (Fletcher, 2000).

Chez le **guépard**, les petits uniques ne stimulent pas assez la lactation et devront nécessairement être retirés à la mère à un moment donné. L'idéal est donc d'anticiper et de faire adopter le petit par une autre mère. Une différence d'âge de maximum trois semaines avec la portée adoptive n'est pas rédhibitoire, tant que celle-ci est encore dans le nid (Sengenberger *et al.*, 2018 ; Woc Colburn *et al.*, 2018 ; Ziegler–Meeks, 2009). L'imprégnation humaine doit à tout prix être réduite au minimum afin de permettre le développement des comportements spécifiques à l'espèce, et d'éviter un dysfonctionnement social, maternel et sexuel (Sengenberger *et al.*, 2018). L'adoption peut s'effectuer en souillant le jeune des fèces et urines de la portée adoptive. On peut placer jusqu'à deux petits dans une même portée adoptive. Si l'adoption est impossible, un contact visuel, via un grillage, avec d'autres guépards est un minimum (Ziegler–Meeks, 2009)

Chez les **jaguars**, les manipulations manuelles sont à proscrire à partir de trois mois à cause de la dangerosité pour le manipulateur (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016).

3.3.7.2. *Élevage parental*

Cette option doit être au maximum privilégiée (Fowler, 2001) afin d'obtenir des individus au comportement normal (Baker, 2006). Chez le **léopard**, lorsque le contact de la paire est maintenu, la femelle va protéger ses petits du mâle. Cependant, lorsque les petits dépassent un certain âge (neuf mois), les tensions deviennent trop importantes et une séparation doit être effectuée afin d'éviter le stress de ces derniers (Crandall, 1964). Chez la **panthère nébuleuse**, les mauvais traitements maternels sont fréquents (Nájera et al., 2015), cependant 12,5 % des institutions rapportent des élevages maternels réussis, et 12,5 % un élevage coopératif réussi (Whiles, 2016). Chez le **guépard**, le cannibalisme paternel est également une rare éventualité, bien que non rapporté dans la nature, souvent à partir de deux mois (Marker et Schumann, 1998).

3.3.7.2.1. *Logement*

Au fur et à mesure de la croissance des petits, un espace plus grand doit être alloué aux animaux afin que la mère puisse s'isoler. Chez les lions, à partir de six semaines, les conditions initiales doivent être remises en place et l'exposition des petits à de nouveaux stimuli, tels que des sons, des personnes, des lieux ou des enrichissements, est cruciale pour une réponse adéquate aux événements inconnus plus tard (AZA Lion Species Survival Plan, 2012).

Chez les **panthères nébuleuses**, la mise à disposition à partir d'un mois de grands espaces avec des structures permettant l'escalade et les sauts est nécessaire (Fletcher, 2000). Chez les **guépards**, l'espace mis à disposition ne doit pas être trop grand trop rapidement, car sinon, en cas d'abandon par la mère, le personnel ne sera pas toujours en mesure de trouver les petits à temps (Brand, 1980). Des enclos trop grands et un grand nombre de primipares étaient à l'origine de 56,3 % de la mortalité des petits en 1990 (Thompson, 1990). Chez les **tigres**, le déplacement dans un nouvel enclos plus spacieux et ouvert sur un côté peut avoir lieu à partir de six semaines (van Bommel, 1975).

Chez la **panthère des neiges**, un des problèmes rencontré est le maintien des animaux dans un environnement frais afin d'éviter une alopecie, particulièrement l'été et dans les institutions situées à des latitudes proches de l'équateur (Frueh 1968, Wharton et mainka 1997).

3.3.7.2.2. *Groupes sociaux*

Chez les **lions**, se pose le problème de la réintroduction de la femelle et de ses petits dans le clan. Une réintroduction réussie de deux portées dans un clan a été décrite (Sinn, 2018). Le processus a été entamé dès le 9^e et le 13^e jour des petits et s'est terminé 4,7 mois après. De nombreuses introductions et salutations ont été effectuées en parallèle entre les différents individus impliqués (mâle-mères, mères-mères, mères-petits, mâle-petits, petits-petits), avec la présence de méthode d'urgence à proximité, avant de réintroduire le clan au complet dans le même enclos (Sinn, 2018).

Chez la **panthère des neiges**, la réintroduction avec le mâle est également possible chez cette espèce et aboutit parfois à la formation de groupes familiaux. Un cas a été décrit dans la littérature. Les salutations avec le mâle ont débuté dès deux mois *post-partum* et le contact entre les deux partenaires sans la portée à 2,5 mois *post-partum* environ. Ensuite, la mère et sa portée ont été introduites dans l'enclos du mâle en son absence. À partir de cinq mois et demi *post-partum*, l'introduction de tous les individus concernés dans le même enclos extérieur s'est passée

sans accrocs. Progressivement les petits ont joué avec le mâle et les individus ont pu être gardés ensemble même la nuit à partir de sept mois *post-partum* environ (Reed-Smith et Kumpf, 1998).

3.3.7.3. Mortalité pédiatrique

Parmi les carnivores, tous les décès après 30 jours sont causés par des maladies infectieuses, alors qu'avant 30 jours ils sont fréquemment causés par un comportement maternel inadapté (von Schmalz-Peixoto, 2003). Chez certaines espèces, comme la **panthère nébuleuse**, le taux de mortalité avant un an dépasse les 40 % depuis les années 1975, malgré les méthodes de gestions mises en œuvre (Wielebnowski *et al.*, 2002a). La mortalité des huit espèces étudiées est présentée dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Pourcentages de mortalité chez les grands félins en captivité (d'après de multiples sources. (Cf. Annexe 3))

Taux de mortalité	Léopard	Lion	Panthère des neiges	Jaguar	Tigre	Panthère nébuleuse	Guépard	Puma
< 7 jours	6 % n = 6	57 % n = 35	25 % n = 71	37 % n = 19	20 % n = 791	15 % n = 117	34 % n = 215	14 % n = 22
< 10 jours	35 % n = 504		27 % n = 71		43 % n = 186	19 % n = 86	43 % n = 149	14 % n = 22
< 1 mois	25 % n = 85	41 % n = 22	28 % n = 186	20,5 % n = 104	45 % n = 186	29 % n = 117	26 % n = 1308	25 % n = 102
< sevrage		56 % n = 64	8 % n = 1687	47 % n = 19	29 % n = 3261	22 % n = 576	14 % n = 2688	18 % n = 22
< 6 mois	43 % n = 807	40 % n = 195	25 % n = 841	26 % n = 902	37 % n = 205	35 % n = 791	36 % n = 1450	23 % n = 22

n= nombre de petits

La mortalité infantile est supérieure lorsque le zoo réalise également des activités de recherche, toutes latitudes confondues sauf chez le tigre. Ceci s'explique par le fait qu'elles sont souvent associées à des observations fréquentes et des manipulations des individus, ou tout du moins à des changements environnementaux qui perturbent les animaux. Même les méthodes non invasives ne sont pas sans impact. Lorsqu'on se penche sur l'impact des transferts sur la mortalité infantile, on observe que plus la femelle traverse une longue distance, plus la mortalité infantile est élevée. Sans prendre en compte la distance, le transfert en lui-même des femelles d'une institution à une autre ou capturées à l'état sauvage augmente la proportion de mortalité juvénile, toutes latitudes et nombres de soigneurs confondus. En revanche plus le nombre de nids mis à disposition est important et plus l'espace alloué à une femelle est grand, moins la mortalité infantile est importante. Cependant, chez le tigre, aucune différence n'a été observée entre les portées provenant de femelles issues de la nature et celles de femelles nées en captivité (von Schmalz-Peixoto, 2003).

Les pratiques d'élevage et la gestion sont une nouvelle fois un point clef influençant la mortalité et les performances reproductrices. En effet, chez le **guépard**, les taux de mortalité varient de 17,3 % à 44 % en fonction des institutions (Wielebnowski, 1996). Par rapport aux

années 70, l'amélioration des pratiques d'élevage a permis une diminution de la mortalité par 3,9 au début du siècle (89 % vs 23 %) (Marker et Schumann, 1998).

3.3.7.3.1. Consanguinité

Le taux de consanguinité influence le pourcentage de mortalité infantile. Dans le cas des **léopards**, la mortalité néonatale (<10 jours *post-partum*), est souvent liée à un facteur de consanguinité supérieur à 0,1. La mortalité néonatale est significativement supérieure chez les individus consanguins (44 % n=226) par rapport aux autres (29 % n=260). Le même résultat est observé pour la mortalité infantile (avant six mois), avec 49 % de décès chez les consanguins (n=226) contre 38 % chez les autres (n=260). À partir de six mois, le taux de survie dépend de la parenté des parents. Une portée née de parents issus d'une même fratrie (n=283) n'aura que 13 % de chances de dépasser les six mois de vie, alors qu'une portée issue de parents non apparentés (n=283) aura 21 % de chances de survie. De plus, les individus avec un facteur de consanguinité supérieur à 0,5 ne survivent que très rarement, voire pas du tout jusqu'à leur majorité sexuelle, principalement parce qu'ils contractent des pathologies létales telles que le typhus ou la tuberculose (Shoemaker, 1982). La gestion du choix des partenaires, par les EEP ou le personnel des zoos, est donc cruciale pour que les efforts ultérieurs de bonnes pratiques d'élevage ne soient pas vains.

Chez le **tigre** cependant, aucun effet de la consanguinité n'a pu être mis en évidence. Néanmoins les espèces en déclin présentent une mortalité infantile supérieure aux autres (von Schmalz-Peixoto, 2003). Chez le **guépard**, en 1996, le coefficient de consanguinité (F) des individus captifs nord-américains a été calculé à l'aide des studbooks. La mortalité des animaux consanguins est 1,4 fois plus élevée (40 % contre 30 %) (Marker-Kraus et Grisham, 1993). Si on se concentre sur les causes, les causes intrinsèques ont une part plus importante dans la mortalité chez les individus consanguins, alors que les causes autres sont plus fréquentes chez les non consanguins. Les causes extrinsèques affectent les deux catégories de manière similaire (Wielebnowski, 1996) (Tableau 6).

Tableau 6 : Comparaison des causes de mortalité infantile (<6 mois) des guépards chez les petits consanguins (F>0) et non-consanguins (F=0) dans cinq institutions de reproduction Nord-Américaines entre 1970 et 1994 (d'après Wielebnowski, 1996)

	F = 0 % (n)	F > 0 % (n)
Extrinsèques		
Blessure fatale	12,6 (13)	20,7 (6)
Gestion	10,7 (11)	0
Problèmes maternels	6,8 (7)	0
Total	30,1 (31)	20,7 (6)
Intrinsèques		
Mort-nés	16,5 (17)	34,5 (10)
Néonatale (< 1 mois)	7,8 (8)	10,3 (3)
Prématurés	2,9 (3)	0
Congénitale	4,9 (5)	20,7 (6)
Total	32 (33)	65,5 (19)
Autres		
Infections variées	17,1 (18)	7 (2)
Divers autres	5,7 (6)	3,4 (1)
Total	23,3 (24)	10,4 (3)
Inconnues	14,6 (15)	3,4 (1)
Total décédés	103	29

Dans le Tableau 6, les blessures fatales correspondent aux blessures infligées par des congénères autre que la mère (fractures, hernies traumatiques, morsures, cannibalisme). La catégorie « gestion » comporte les problèmes liés à l'intervention humaine (anesthésie, césarienne, complications pendant biberonnage). Les problèmes maternels regroupent les abandons, négligences, blessures et cannibalisme. La classe « divers autres » regroupe des causes variées comme les défaillances d'organes ou les maladies (Wielebnowski, 1996).

3.3.7.3.2. *Méthode d'élevage*

En 1973, 70 % des **panthères des neiges** biberonnées décèdent avant le sevrage, alors que seulement 27 % de celles élevées par leur mère ont le même destin (Jones, 1973). Une étude plus récente confirme cette tendance d'une mortalité infantile avant sevrage plus élevée chez les animaux biberonnés, avec une inversion de la tendance pour les mâles sur les 20 dernières années (Hampson et Schwitzer, 2016).

Chez le **tigre** mâle cependant, la mortalité avant sevrage est plus faible chez les biberonnés que chez ceux élevés par leur mère (Hampson et Schwitzer, 2016). Néanmoins le taux de survie des portées élevées par la mère est plus élevé (Saunders et al., 2014). En effet, le taux de mortalité est de 22,4 % chez les biberonnés contre 8,3 % chez les petits élevés par leur mère. Les effets délétères du biberonnage peuvent être observés sur le long terme également, avec 42,5

% des individus biberonnés qui décèdent avant deux ans contre 20 % de ceux élevés par leur mère, sans que la différence ne soit cependant significative (Khan, 1987).

Chez les **guépards**, en moyenne 19 % des petits ne survivent pas au biberonnage. La cause principale, comptant pour 68,4 % des décès, s'avère être les maladies (parvovirose, pneumonie, septicémie, entérite, méningite bactérienne, masse de lait). Ensuite viennent les traumatismes (10,5 %) puis les anomalies congénitales (5,3 %). Même chez les animaux biberonnés, la cause de décès reste souvent inconnue (15,8 %) (Ziegler–Meeks, 2009). En comparaison avec les petits élevés par leur mère, la mortalité avant sevrage des mâles est supérieure chez les biberonnés (Hampson et Schwitzer, 2016). Les guépards captifs ont tendance à développer des maladies chroniques sévères au contact d'agents infectieux pourtant bénins chez les autres félins en captivité (Munson *et al.*, 2010) et chez les guépards sauvages (Castro-Prieto *et al.*, 2011 ; Schmidt-Küntzel *et al.*, 2018).

3.3.7.3.3. *Facteurs climatiques*

La saison peut en outre influencer le pourcentage de mortalité infantile. Par exemple, chez le tigre, elle est plus élevée en automne que pendant les autres saisons et les portées obtenues sont plus petites (von Schmalz-Peixoto, 2003).

De discrètes variations peuvent être observées au sein des sous-espèces. Chez le tigre de Sumatra les portées sont plus petites et décèdent plus jeunes que chez le tigre de Sibérie (von Schmalz-Peixoto, 2003).

La mortalité infantile est supérieure chez les espèces qui ont une distribution naturelle cantonnée à des latitudes inférieures à 23° (polaires) et gardées dans des institutions hors de ces latitudes (tropicales ou subtropicales). Le contrôle artificiel de la photopériode s'avère alors primordial pour une reproduction réussie (von Schmalz-Peixoto, 2003).

3.3.7.3.4. *Expérience maternelle*

Chez les **jaguars**, sur 207 portées dans les zoos de l'EAZA, aucune influence du nombre antérieur de portées de la femelle, de l'expérience maternelle ou de la taille de la portée sur la survie des petits n'a été mise en évidence (Duque-Correa *et al.*, 2022).

Chez le **tigre**, aucune influence de l'âge de la mère sur la mortalité infantile n'a été notée (von Schmalz-Peixoto, 2003). Cependant, la proportion de survivants augmente avec la taille de la portée jusqu'à trois petits, puis diminue à nouveau. Le déclin dans les grandes portées peut avoir pour origine une restriction alimentaire par manque de mamelles disponibles (deux paires). La mise en place d'une surveillance accrue pour les singletons et les grandes portées peut donc augmenter la survie des petits (Saunders *et al.*, 2014).

Chez le **guépard**, les femelles plus âgées (>12 ans) ont plus de risques d'avoir des petits défectueux dans leur portée, mais l'influence sur la mortalité infantile globale n'a pas été étudiée (Ziegler–Meeks, 2009).

3.3.7.3.5. *Pratiques d'élevage*

L'expérience des personnels et la fréquence de reproduction dans les zoos exerce également une influence. Dans le cas du **tigre**, les institutions, qui ont produit une portée dans les cinq années précédant la nouvelle portée, ont un taux de survie des petits plus élevé. Ceci révèle l'importance des connaissances et de leur partage au sein des zoos, ainsi que celle de l'entraînement et de

l'expérience du personnel, qui ont plus d'impact que la nombre de portées antérieures de la femelle (Saunders et al., 2014). A l'inverse, s'il y a trop de petits dans un laps de temps trop court, la mère ne dispose pas forcément des ressources nécessaires pour s'en occuper et le taux de mortalité est par conséquent augmenté (Lovely, 2009).

3.3.7.3.6. Causes de mortalité

Une étude sur 154 décès (lions, tigres, léopards, jaguars), entre 1976 et 2001 au zoo d'Everland, a montré que la mortalité est maximale (57 %) chez les nouveau-nés (avant le sevrage). Les causes sont les troubles digestifs (29,6 %), les affections néonatales (26,1 %) et respiratoires (15,9 %), suivies par les traumatismes (9,1 %) et les infections (4,6 %) (Shin et al., 2002).

Plus spécifiquement, chez le **lion** 73 % des décès ont lieu lors du premier mois de vie. Les chances de survie augmentent avec le nombre de portées de la femelle. La part des causes de mortalité néonatale (<1 mois) sont représentées dans le Tableau 7. Les traumatismes dont l'auteur est connu sont composés de 70 % de cas maternels et de 9 % de cas paternels. De plus, 30 % ont lieu lors des 24h *post-partum* et plus de 50 % durant les quatre premiers jours (Metz et al., 2017). Chez le **jaguar**, les traumatismes sont composés des morsures fatales maternelles (70 %) ou paternelles (30 %) et non fatales, mais nécessitant néanmoins une euthanasie. Les infanticides ont lieu chez les animaux de moins de deux mois, contrairement à la nature où ils peuvent survenir jusqu'à plus de cinq mois après la naissance (Duque-Correa et al., 2022).

Tableau 7 : Causes de mortalité néonatale des grands félins (d'après de multiples sources. (Cf. Annexe 3))

Causes de mortalité < 1 mois	Léopard	Lion	Panthère des neiges	Jaguar	Tigre	Panthère nébuleuse	Guépard	Puma
n	2	102	44	36	247	35	206	22
Mort-nés / Prématurés / Avortement	50 %	20 %	16 %	8 %	30 %	14 %	11 %	60 %
Négligence maternelle / Abandon		30 %	5 %	3 %	17 %	18 %	21 %	
Traumatisme Infanticide Cannibalisme		29 % 28 % 1 %	5 % 0 % 5 %	64 % 53 % 11 %	17 % 14 % 2 %	43 % 13 % 30 %	25 % 4 % 17 %	
Anomalie congénitale		4 %	5 %		12 %		3 %	
Infections	50 %	15 %	9 %		11 %	21 %	13 %	20 %
Accident / Euthanasie					6 %			
Biberonnage							8 %	
Autre		1 %		6 %	4 %		2 %	
Inconnu			61 %	3 %	6 %	4 %	16 %	20 %

n = nombre de petits décédés.

Parmi les anomalies congénitales du **lion**, on peut citer les anomalies de développement distal des pattes, les scoliozes ou tout autre malformation de la colonne, les troubles neurologiques, les dysplasies rénales, les syringomyélies, les fentes palatines, les hernies ombilicales, ainsi que les absences de queue, de sacrum ou d'anus (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Metz et al., 2017). Chez le **tigre**, on retrouve les hernies ombilicales souvent chez les primipares, les fentes palatines à l'origine de fausse déglutition ou de malnutrition, les syndactylies, les cataractes et entropions, les queues tordues héréditaires, les hernies diaphragmatiques et les défauts de fermeture des jonctions osseuses crânielles à l'origine de troubles neurologiques. Outre l'origine congénitale des hernies ombilicales, il existe également une origine traumatique, lorsque la mère est dérangée ou inexpérimentée et coupe le cordon trop près de la paroi ou ne le coupe pas du tout, ce qui accentue le risque d'omphalite locale ou ascendante et de hernie complète. La suture de la plaie et la mise en place d'un traitement antibiotique permet de remédier au problème, sauf dans certains cas où une déhiscence de plaie continue finit par causer une septicémie (Seidel et Wisser, 1987). Chez le **guépard**, la mortalité néonatale (<1 mois) est trois fois supérieure à celles des autres classes d'âge (Marker-Kraus et Grisham, 1993) (Tableau 7).

Les infections regroupent, entre autres, les affections d'origine bactériennes ou virales, respiratoires (pneumonies et bronchopneumonies par aspiration, pleurésie, calicivirose,

herpès-virose, tuberculose...), digestives (entérite, typhus, endoparasitisme, PIF, hépatite, cholangiohépatite, salmonellose, colibacillose, pseudomonose...), cardiaques (dirofilariose), osseuse (ostéomyélite,), cutanées (variole...) etc. (Ali *et al.*, 2017 ; AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Biddle, 2022 ; Brunbäck, 2015 ; Metz *et al.*, 2017 ; Murray, 1967 ; Rai et Jha, 2013 ; Ratanakorn, 1988 ; Ziegler–Meeks, 2009). Les **jaguars** cachent souvent leurs symptômes jusqu'à un stade avancé de la maladie (Biddle, 2022).

La malnutrition, les négligences maternelles, un logement inadéquat et le déficit en enclos de maternité font également partie des causes de mortalité (Tefera, 2003). Les **lionceaux** nouveau-nés sont aussi sujets aux hypothermies, aux hypoglycémies et au rachitisme (AZA Lion Species Survival Plan, 2012). Chez les **panthères des neiges**, le rachitisme est d'origine multifactorielle, avec un déséquilibre entre le calcium et le phosphore dans la ration, un déficit en UV et une malabsorption digestive, à la suite d'une entérite ou d'un parasitisme important (Rai et Jha, 2013). L'exposition aux éléments est également un facteur de mortalité chez les panthères des neiges (Ziegler–Meeks, 2009). Chez les **tigres**, les causes de mortalité ne sont rapportées que dans 12 % des cas, ce qui rend les analyses plus difficiles. Cependant, la majorité des décès ont lieu durant la première semaine de vie et l'âge moyen de décès est de $2,1 \pm 2,1$ semaines (von Schmalz-Peixoto, 2003).

Parmi les pathologies infectieuses au potentiel épidémique, on peut citer la maladie de Carré. Des épidémies, en captivité, sont advenues par le passé, notamment en 1994, chez le **léopard**, le **lion** et le **jaguar**, avec 100 % de mortalité chez les sujets jeunes et âgés ayant contracté la maladie et 62,5 % chez les tigres (Appel *et al.*, 1994). Plus récemment, des cas mortels sont toujours recensés en captivité, avec une moindre propagation, chez le **lion**, le **léopard**, le **jaguar** et le **guépard** (Lamberski, 2015). Des cas sont aussi recensés chez les **panthères des neiges** (Brunbäck, 2015) et le **jaguar** (Biddle, 2022). La gale sarcoptique et les entérites aiguës peuvent également être sources de décès chez le **léopard** entre quatre et six mois (Murray 1967). Une épidémie de PIF a été à l'origine de 42,9 % de mortalité parmi les petits **guépards** captifs sans affecter les autres félins (O'Brien *et al.*, 1985). Le manque de diversité génétique chez cette espèce a longtemps été considéré comme en étant la cause, cependant l'impact réel a pu être exagéré et d'autres causes ont probablement œuvré (Chadwick, 2014). A l'heure actuelle, la PIF ne représente que 2,9 % de la mortalité totale des guépards entre 1991 et 2016. En 2009 chez le guépard, la prévalence des maladies infectieuses avait diminué de plus de moitié par rapport à 1980 (<25 % vs 50 %) (Terio *et al.*, 2018). Chez les **pumas** dont la virémie est persistante, la leucose (FeLV) est également à l'origine de mortalité, en favorisant le développement de pathologies concomitantes (Lamberski, 2015).

Certaines maladies neurodégénératives, dont les causes sont inconnues à l'heure actuelle, sont une source anecdotique de mortalité chez les **panthères des neiges** de 2-5 mois. Une cause nutritive, avec présence de carences, est suspectée pour l'une d'entre elle. Chez les **guépards**, un certain nombre de problèmes de santé rarement observés dans la nature sont développés, notamment une myélopathie qui affecte les jeunes et les adultes et qui est une menace sérieuse pour une population captive durable. En tout, 60 cas ont été rapportés, ce qui représente 25 % de tous les décès parmi la population européenne. Souvent, plusieurs petits d'une même portée développent la maladie, généralement après un événement stressant comme la vaccination ou la vermifugation, mais elle peut apparaître spontanément et dès 2,5 mois. Les signes cliniques sont

précédés de ceux d'une herpès-virose, cependant aucune cause n'a pu être trouvée à l'heure actuelle, que ce soit dans les pratiques de gestion, l'alimentation, la génétique etc. (Robert, 2008).

Les décès accidentels sont inévitables. Les **lionceaux** peuvent s'asphyxier avec une graine de foin de la litière (AZA Lion Species Survival Plan, 2012), les **panthères nébuleuses** et les **tigres** ramper à travers le grillage jusqu'à la cage voisine et se faire dévorer (Allen Binczik *et al.*, 1987 ; Ratanakorn, 1988 ; Yost, 1976), les **guépards** chuter du grillage ou s'étouffer avec un morceau de viande (Brand, 1980) ...

Deuxième partie : étude expérimentale

1. Introduction

La reproduction des grands félins est un processus complexe, représentant un défi majeur en captivité, car les risques d'échecs sont élevés à toutes les étapes et pour des raisons variées : œstrus permanent lié au stress, incompatibilité de partenaires, non fécondation des femelles, arrêt de gestation, dystocie, infanticide, abandon... La réussite de la reproduction varie considérablement entre les espèces en captivité et au sein des institutions, laissant présager que sa gestion joue un rôle critique (Crosier *et al.*, 2018). Chaque espèce présente ses risques spécifiques, mais les conditions requises pour une gestion rigoureuse se rejoignent.

Il est primordial de minimiser le stress pour maintenir des processus reproductifs sains en tenant compte du tempérament propre de chaque animal, de la condition physique et de l'environnement de chacun d'entre eux. Les conditions de captivité, telles que la présence trop importante de visiteurs, le type de logement, la vie en collectivité, les déplacements, et la relation avec les soigneurs, sont des sources majeures de stress affectant la reproduction des félins (Daigle *et al.*, 2015 ; Margulis *et al.*, 2003 ; Wells *et al.*, 2004).

De plus, la tératospermie altère la capacité de fécondation des spermatozoïdes normaux et compromet la reproduction, notamment chez les léopards, lions, panthères des neiges, jaguars, tigres et guépards (Fontbonne *et al.*, 2007 ; Pukazhenthii *et al.*, 2006 ; Wildt, 1994). Des régimes alimentaires déséquilibrés, des conditions de captivité inadéquates, la consanguinité et d'autres facteurs tels que la saison, peuvent conduire à une tératospermie plus élevée. Heureusement, certains ajustements nutritionnels peuvent améliorer la qualité du sperme, soulignant l'importance de la gestion de l'environnement et de l'alimentation pour maintenir la fertilité (Herrick *et al.*, 2020 ; Mansfield et Land, 2002 ; Morato *et al.*, 1998 ; Swanson *et al.*, 2003).

La connaissance de la physiologie de ces espèces, pour lesquelles les informations proviennent parfois essentiellement des observations en zoos, voire sont inexistantes, est également primordiale. La volonté de rapprochement des conditions de vie existant dans la nature se heurte aux contraintes de la captivité, comme le manque de place (nombre et taille limitée des enclos), le déficit de ressources économiques et humaines, un climat parfois bien différent et la présence du public.

Les méthodes de reproduction assistée existantes sont loin d'être parfaites, compte tenu de leur efficacité variable et de leurs effets secondaires, et ne permettent pas de s'affranchir de l'accouplement naturel (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; Pukazhenthii *et al.*, 2006). L'insémination artificielle quant à elle, connaît des succès chez tous les grands félins, mais avec des taux de réussite variables selon les espèces, notamment à cause de défis techniques liés à l'anesthésie, la synchronisation des cycles de reproduction, et les conditions physiques de l'animal (Biddle, 2022 ; Callealta *et al.*, 2019 ; Fontbonne *et al.*, 2007 ; Pelican *et al.*, 2006). Il n'existe pas à l'heure actuelle de méthode unique, précoce, et surtout ne nécessitant pas de sédation ou d'anesthésie, pour déterminer ou prédire avec précision l'œstrus, ni pour effectuer un diagnostic de gestation.

Le but de notre travail est d'enquêter auprès des zoos français pour connaître les espèces qui sont mises à la reproduction, sous quelles conditions, ainsi que les difficultés rencontrées. Ce travail vise également à déterminer l'influence des conditions de captivité (origine des partenaires, stratégie de reproduction, mode de gestion des animaux, mortalité) sur le succès de la reproduction de certaines espèces de grands félins (léopard, lion, panthère des neiges, jaguar, tigre, panthère nébuleuse, guépard, puma). Nous avons notamment cherché à savoir si les zoos effectuant une gestion la plus proche possible des recommandations lorsqu'elles existent, présentaient des succès reproducteurs plus élevés.

L'objectif recherché était également de proposer des points clefs, et/ou des recommandations lorsqu'elles n'existaient pas, pour chacune des espèces étudiées, ainsi que d'évaluer si les recommandations existantes suffisaient pour limiter au maximum la survenue de problèmes. Les résultats obtenus ont donc été mis en perspective avec la littérature afin de déterminer les différences existantes et d'approfondir les recommandations.

2. Objectifs

Au cours de cette thèse, nous avons tout d'abord cherché à établir un compte rendu des espèces de grands félins mises à la reproduction en France ainsi que les caractéristiques de cette reproduction, et un état des lieux sur la gestion de la reproduction dans les zoos. L'étude s'est focalisée essentiellement sur les pratiques de gestion afin de les définir et de les comparer aux recommandations existantes.

Nous avons ensuite cherché à démontrer l'impact des méthodes de gestions sur la survenue d'échecs lors de tentatives de reproduction. Les échecs attendus pouvaient être de deux types :

- Avant la naissance des petits : tout évènement interrompant le processus de reproduction est considéré comme un échec (attaque, blessure sévère, non fécondation, interruption de gestation, dystocie).
- Après la naissance : les petits nés vivants, mais n'ayant pas atteint l'âge du sevrage, sont considérés comme des échecs.

Les facteurs étudiés ont été la présence humaine, la surveillance mise en place, l'environnement, le suivi des chaleurs et de la gestation, ainsi que la provenance des animaux.

Nous avons aussi cherché à démontrer si la façon de gérer la phase de mise à la reproduction avait un impact sur les causes de décès des petits jusqu'au sevrage, notamment sur les causes liées à la mère (abandon, cannibalisme, négligence, infanticide).

3. Matériels et méthodes

3.1. Sélection des institutions

Un travail de recherche au préalable a été effectué à partir d'informations disponibles publiquement en ligne, pour identifier tous les parcs zoologiques hébergeant des grands félins en France, dans le but d'identifier les institutions à contacter. En 2021, sur les 63 institutions zoologiques ou parcs animaliers français hébergeant des félins, 50 hébergent au moins une

espèce de grands félins, et 31 d'entre eux au moins tentent de les faire se reproduire. De plus, le fait que 58 % des zoos français hébergeant des félins soient membres de l'EAZA est un avantage car cela uniformise en partie leurs pratiques de gestion de la reproduction. De ce fait, les biais de confusion s'en trouvent réduits puisqu'il est plus facilement possible de comparer les pratiques des zoos en ne faisant varier qu'un seul paramètre. Enfin, 92 % d'entre eux sont membres de l'Association Française des Parcs Zoologiques (AFdPZ) ce qui facilite la distribution du questionnaire.

3.2. Élaboration du questionnaire

La première étape de l'élaboration du questionnaire a été une étude de la bibliographie (voir partie 1) pour recueillir des informations fiables et actuelles. Cette phase initiale implique d'identifier les sources académiques, les études de terrain et les publications scientifiques pertinentes. Pour chaque étape de la reproduction les points clefs ont été extraits et inclus dans le questionnaire. La formulation des questions a pris en compte ces aspects cruciaux de la reproduction, en interrogeant sur les pratiques d'enclos, les méthodes d'introduction des mâles et des femelles et les mesures prises pour prévenir les interactions stressantes ou agressives entre individus.

Le questionnaire a été un compromis entre le recueil d'informations pertinentes et la rapidité de réponse en ligne, en respect du temps de travail des participants à l'enquête, afin d'optimiser le taux de réponses. Une courte enquête préalable a été envoyée à certains des zoos ciblés afin de déterminer leur support d'envoi préféré, et la majorité d'entre eux a préféré un questionnaire en ligne. Le questionnaire a donc été élaboré sur la plateforme Survey Monkey®.

Le questionnaire a été structuré en six parties pour chaque espèce (Tableau 8) :

1. Le choix des « partenaires » en fonction de la stratégie de reproduction
2. Le déroulement de la mise en contact mâle-femelle
3. La gestion de la gestation
4. La mise-bas
5. Le nursing des jeunes jusqu'au sevrage
6. Les échecs rencontrés aux différentes étapes et la mortalité avec ses causes.

Un aperçu du questionnaire complet pour une espèce est fourni en annexe (Annexe 2).

J'ai décidé de ne pas prendre en compte les zoos n'ayant pas effectué de mise à la reproduction de grands félins au cours des cinq dernières années, car les recommandations et les bonnes pratiques de gestion ont pu changer chez certaines espèces et dans les zoos.

Pour la dernière partie il a été décidé de se limiter aux quatre dernières tentatives de reproduction, premièrement car l'intervalle entre deux mises à la reproduction en zoo, dans la majorité des espèces étudiées, est d'un an ; deuxièmement afin de limiter les potentiels biais, liés à un changement de méthode de gestion entre les différentes tentatives ; troisièmement afin de ne pas décourager les participants avec un trop grand nombre de données archivées à retrouver.

Tableau 8 : Trame à l'origine de l'élaboration du questionnaire

Étape	Stratégie naturelle	Stratégie artificielle
Choix des partenaires	Provenance des mâles reproducteurs Provenance des femelles reproductrices Décision de la mise à la reproduction Détermination des couples	Provenance de la semence Existence d'un contact avec les EEP ou d'une directive de ceux-ci Décision de la mise à la reproduction Détermination des couples
Mise en contact	Existence d'un suivi de chaleur régulier Méthode Méthode (progressive, directe, présence de congénères) Mesures de surveillance Restrictions quant à la présence humaine	Existence d'un suivi de chaleur régulier Méthode Réalisateur de l'IA
Gestation	Suivi de gestation et méthode Restrictions quant à la présence humaine Existence d'un enclos spécifique et caractéristiques de celui-ci	
Mise-bas	Existence d'un enclos spécifique Caractéristiques Moment de mise à disposition Mesures de surveillance Restrictions quant à la présence humaine	
Élevage des jeunes : de la naissance au sevrage	Type d'élevage Restrictions quant à la présence humaine Caractéristiques de l'enclos	
Échecs et mortalité	Échec lors de la mise en contact (blessure, agression) ? Oui/non Échec lors de la gestation (femelle non gestante, interruption de gestation) ? Oui/non Échec lors de la mise-bas (dystocie) ? Oui/non Nombre de petits dans la portée : Cannibalisme ? Oui/non Nombre de petits mort-nés Nombre de petits morts dans les 15 premiers jours Nombre de petits morts entre 15 jours et le sevrage	

3.3. Transmission du questionnaire et réception des réponses

Le questionnaire a été transmis sous forme de lien, associé à un texte explicatif présentant les objectifs de la thèse (Annexe 1), via la liste de distribution de l'AFdPZ ou par mail aux zoos n'en étant pas membres. Le Dr Catinaud, vétérinaire et responsable zoologique du Parc des Félines, a servi d'intermédiaire auprès de Mme Erny, directrice générale de l'AFdPZ, pour l'accès à la mailing

liste de l'AFdPZ. Le questionnaire est resté ouvert pendant deux mois et les réponses ont été réceptionnées directement sur le site Survey Monkey®.

3.4. Analyse des données récoltées

Les données obtenues ont été rassemblées dans un tableau Excel et transformées en variables binaires ou quantitatives pour pouvoir effectuer les analyses. Un tableau croisé dynamique a été créé pour obtenir les effectifs des variables lors de comparaisons, ainsi que les caractéristiques des séries quantitatives. Les analyses ont ensuite été effectuées en partie sur Excel et en partie à l'aide du site internet Biostat-GV pour les tests de Student, de Welsh, de Fisher, et pour les analyses de variance (ANOVA) afin de tester l'influence des variables sur les échecs ou la mortalité. Cependant pour de nombreuses variables les effectifs se sont avérés insuffisants. La majorité des analyses a donc été effectuée qualitativement sans pouvoir y associer de force statistique. Les diagrammes en boîtes ont été calculés à l'aide de R. Les succès reproducteurs par espèces ont été comparés par un test de proportion, à l'aide de R, uniquement pour les quatre espèces ayant un nombre d'échantillons suffisants. Les zoos ont été référencés numériquement, avec un numéro unique attribué à chaque zoo ayant répondu.

4. Résultats

4.1. Nombres de réponses obtenues

En tout, 24 réponses ont été obtenues, avec cependant l'existence de doublons dus au remplissage du questionnaire en plusieurs fois par certains zoos probablement par manque de temps lors du premier remplissage. En retirant ces doublons, 19 institutions ont répondu en totalité ou partiellement (26,3 %) au questionnaire.

4.2. Espèces mises à la reproduction en France

Après analyse des informations disponibles publiquement, parmi les 50 institutions françaises hébergeant des grands félins, 80 % (40/50) hébergent des lions, 70 % (35/50) des tigres, 48 % (24/50) des léopards, 46 % (23/50) des guépards, 38 % (19/50) des panthères des neiges, 18 % (9/50) des pumas, 16 % (8/50) des jaguars, et 14 % (7/50) des panthères nébuleuses. Au moins 42 % d'entre elles (23/50) mettent à la reproduction une ou plusieurs de ces espèces. Au maximum, 90 % (36/40) des institutions les hébergeant mettent leurs lions à la reproduction, 89 % (31/35) leurs tigres, 79 % (19/24) leurs léopards, 78 % (18/23) leurs guépards, 95 % (18/19) leurs panthères des neiges, 89 % (8/9) leurs pumas, 88 % (7/8) leurs jaguars et 86 % (6/7) leurs panthères nébuleuses.

4.3. Taux de réponse

Chaque espèce possède entre zéro et sept réponses exploitables (*ie* l'espèce n'a pas été ignorée par les participants et a été mise à la reproduction depuis moins de cinq ans). Aucune des institutions ayant répondu n'héberge ou ne reproduit de panthère nébuleuse ce qui impacte donc l'analyse pour cette espèce. De même, une seule des institutions ayant répondu effectue une mise à la reproduction sur ses pumas ce qui rend les analyses peu pertinentes. Au cours des cinq dernières années 63 % des institutions ayant répondu (12/19) ont mis à la reproduction au moins

une espèce de grands félins. Le léopard est l'espèce la plus représentée avec sept zoos (Tableau 9).

Tableau 9 : Statut de la reproduction dans les zoos ayant répondu au sondage

Statut de la reproduction	Nombre de zoos (total = 19)							
	Léopard	Guépard	Tigre	Lion	Panthère des neiges	Jaguar	Puma	Panthère nébuleuse
Question ignorée*	0	5	5	2	4	4	5	5
Espèce non hébergée**	9	4	3	4	10	11	13	12
Pas de reproduction de l'espèce depuis 5 ans***	3	4	6	8	3	2	0	2
Reproduction active	7	6	5	5	2	2	1	0

* La question a été ignorée par les participants. Aucune donnée n'a donc été renseignée pour l'espèce.

** Nombre de zoos ayant signifié qu'ils n'hébergeaient pas l'espèce parmi les participants.

*** La mise à la reproduction de l'espèce n'a pas été effectuée au cours des 5 dernières années.

En analysant les réponses de plus près, chez le **lion**, une des institutions a pratiqué la reproduction durant les cinq dernières années mais a effectué par la suite (en 2019) une stérilisation de ses animaux par implants sous-cutanés d'agonistes de la GnRH et n'a pas répondu à la suite du questionnaire. Elle a donc été retirée pour la suite des analyses.

4.4. Contraception

La contraception n'est utilisée, par les institutions ayant répondu, que chez le tigre et le lion. Chez le **tigre**, deux institutions utilisent des implants sous-cutanés d'agonistes de la GnRH et une pratique la méthode de séparation des individus pendant les chaleurs pour éviter la reproduction soit 27,3 % (n=11) des institutions pratiquant la contraception parmi celles hébergeant des tigres. Chez le **lion**, une institution a fait vasectomiser ses mâles et deux ont fait poser des implants sous-cutanés d'agonistes de la GnRH à leurs femelles, soit 23 % (n=13) de contraception parmi les institutions hébergeant des lions.

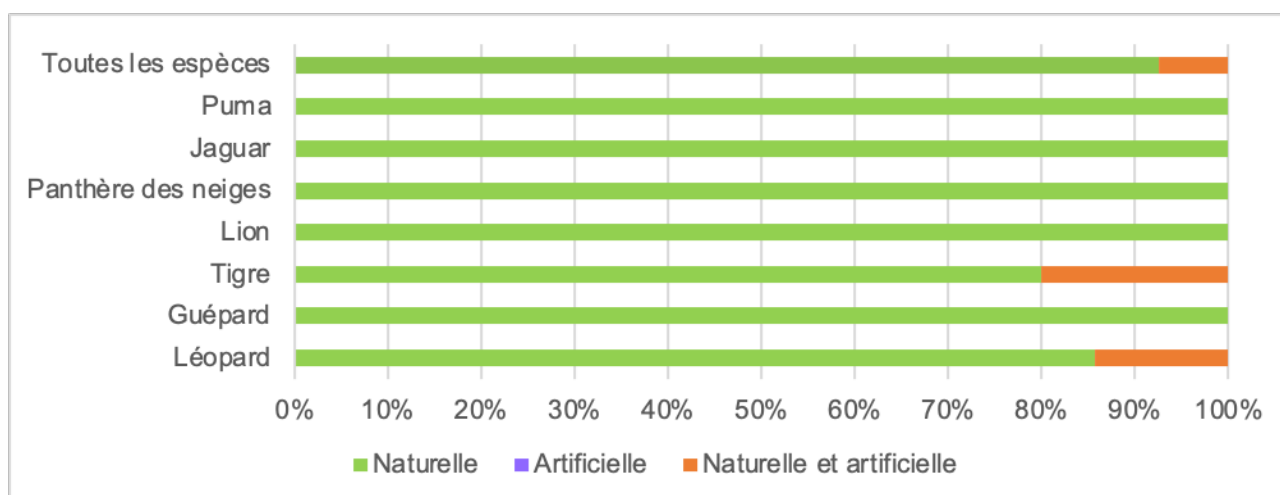
4.5. Stratégie de reproduction

La stratégie principalement utilisée est la monte naturelle avec 89,3 % d'utilisation (n=28). Les institutions ayant répondu au sondage n'utilisent pas l'insémination artificielle seule, mais 10,5 % d'entre elles (n=19) y ont recours uniquement si la stratégie naturelle a échoué (Tableau 10, Figure 27). Lorsqu'elle est utilisée, elle est effectuée en accord avec les EEP, par une équipe spécialisée, avec de la semence fraîche de mâles présents sur place, et sans détection de l'ovulation au préalable.

Tableau 10 : Stratégie de reproduction adoptée par les zoos français ayant répondu au sondage et ayant mis des grands félins à la reproduction depuis moins de 5 ans

Stratégie de reproduction	Nombre de zoos						
	Léopard	Guépard	Tigre	Lion	Panthère des neiges	Jaguar	Puma
Naturelle	6	6	4	4	2	2	1
Artificielle	0	0	0	0	0	0	0
Nat. + Art.	1	0	1	0	0	0	0

Figure 27 : Répartition des stratégies de reproduction au sein des institutions françaises pour les espèces cibles



4.6. Choix des partenaires

4.6.1. Détection des chaleurs

La détection des chaleurs, de la saillie ou de l'ovulation est effectuée de manière disparate en fonction des espèces. L'espèce pour laquelle elle est le plus pratiquée est le guépard. Lorsqu'une détection est effectuée, elle l'est comportementalement dans 100 % des institutions quelle que soit l'espèce. Chez le lion, les animaux étant logés en groupe, c'est le mâle qui détecte les chaleurs sans intervention humaine, d'où une absence de détection humaine des chaleurs. Chez le jaguar et le puma, les partenaires sont également logés ensemble au sein des institutions ayant répondu, ce qui explique l'absence de réalisation d'une détection des chaleurs par le personnel chez ces espèces (Tableau 11).

Tableau 11 : Incidence de réalisation d'une détection des chaleurs ou de la saillie par le personnel au sein des institutions sondées

	Léopard n=7	Lion n=4	Panthère des neiges n=2	Tigre n=5	Guépard n=6	Jaguar n=2	Puma n=1
Détection des chaleurs ou de la saillie	29 %	0 %	50 %	20 %	67 %	0 %	0 %

n : nombre d'institutions.

4.6.2. Décision de mise à la reproduction

La décision de mise à la reproduction et le choix des partenaires sont effectués par les EEP dans 100 % des institutions chez toutes les espèces hormis le lion.

Chez le **léopard**, ces décisions peuvent aussi être prises par le vétérinaire, ou par le chef des soigneurs dans 29 % des institutions (n=7). Chez le **guépard**, elles peuvent aussi être prises par le vétérinaire, ou par le responsable de collection dans 17 % des institutions (n=6). Chez le **tigre**, elles peuvent aussi être prises par le vétérinaire, le chef des soigneurs, le responsable de collection ou le directeur du zoo.

Chez le **lion**, ces décisions peuvent être prises par le responsable de collection ou le directeur du zoo. Un des zoos utilise en sus Species 360 pour prendre ses décisions de reproduction. C'est une organisation mondiale non-gouvernementale, à but non lucratif, composée de membres, qui se consacre à la collecte et au partage systématique sur son site internet d'informations zoologiques sur les animaux et les espèces dont ses membres ont la garde collective. L'accessibilité aux informations est réservée aux membres.

4.6.3. Origine géographique des animaux mis à la reproduction

Les zoos sondés font appel le plus souvent (47 %) à des animaux, que ce soit des mâles (n=34) ou des femelles (n=36), provenant de zoos européens hors France, et en second lieu à des animaux de leur zoo (Figure 28). Au sein des espèces, les **guépards mâles** proviennent systématiquement d'un autre zoo que celui où il est mis à la reproduction et à 86 % (n=7) d'un zoo européen. A l'inverse les **femelles léopards** proviennent, dans un cas sur deux, du zoo où elles sont mises à la reproduction (Tableau 12).

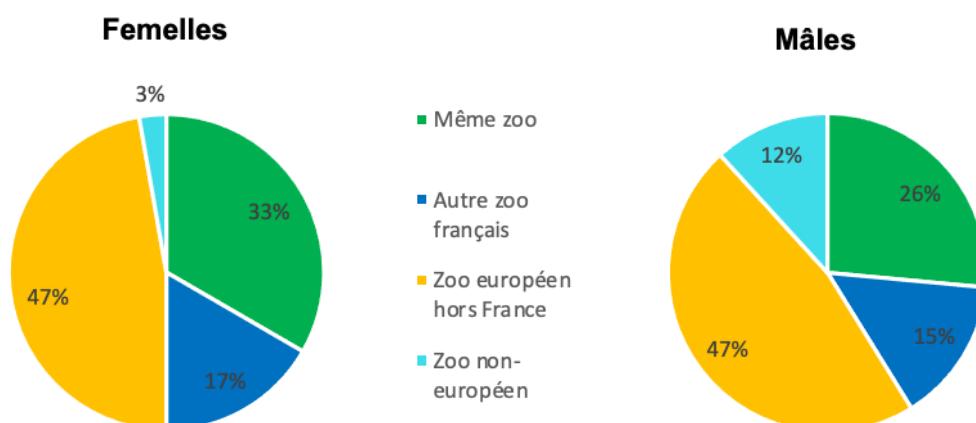
Tableau 12 : Origine géographique des animaux mis à la reproduction

Origine géographique	Espèce										Toutes espèces confondues (%) *					
	Léopard (n = 7)		Lion (n = 4)		Once (n=2)		Jaguar (n=2)		Tigre (n=5)		Guépard (n=6)		Puma (n=1)		M	F
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
Même zoo	2	4	2	3	1	0	1	0	3	3	0	2	0	0	26 %	33 %
Autre zoo français	2	1	2	2	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	15 %	27 %
Zoo européen hors France	3	3	2	3	1	2	1	1	3	3	6	4	0	1	47 %	47 %
Zoo non-européen	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	12 %	3 %

n = nombre d'institutions

* Le pourcentage correspond au nombre de zoos ayant recours à des mâles ou des femelles d'une certaine origine par rapport à l'ensemble des origines géographique des mâles ou des femelles auxquels ils peuvent avoir recours.

Figure 28 : Origine géographique des animaux mis à la reproduction par les zoos sondés, toutes espèces confondues



4.7. Mise en contact

4.7.1. Léopard

La stratégie de gestion principale consiste à loger les animaux ensemble toute l'année, et à augmenter la surveillance au moment des chaleurs et de l'accouplement, sans mettre en place de restriction quant à la présence humaine.

Une seule des six institutions réalise une mise en contact progressive. Elle maintient ses mâles séparés des femelles toute l'année mais en contact visuel et olfactif, puis, selon le comportement des individus, commence par une rencontre dans un logement en intérieur avant de faire la mise en contact en enclos. Les autres congénères sont maintenus dans des enclos

adjacents. Le logement intérieur contient de multiples loges permettant une séparation aisée par le biais de trappes en cas de développement d'agressivité.

Deux des institutions ne mettent en place aucune mesure de surveillance supplémentaire lors de la mise en contact.

Aucune des institutions, peu importe sa gestion, n'a rapporté d'échec à cette étape (Tableau 13).

4.7.2. Guépard

La méthode consiste à loger les individus séparément toute l'année, à distance l'un de l'autre (plus de 500 m), et à effectuer une mise en contact au moment des chaleurs, sous haute surveillance du personnel. En ce qui concerne la présence humaine, les institutions se répartissent équitablement entre celles pratiquant des restrictions et celles n'en pratiquant pas.

La moitié (3/6) des institutions réalisent par défaut, une mise en contact progressive entre leurs partenaires dont 33 % (n=3) effectuent une mise en contact directe si la femelle est en œstrus avéré. Lorsque la mise en contact est progressive, les partenaires sont mis dans deux enclos adjacents pendant une courte durée puis l'accès à un enclos commun est ouvert en alternance avant de les mettre dans le même enclos. Lorsqu'aucun signe de chaleur n'est observé chez la femelle, une des institutions loge les partenaires dans des enclos adjacents et les met en contact directement une demi-heure tous les matins pendant deux semaines, avant de séparer les individus pour deux ou trois semaines à plus de 500 m de distance et de recommencer si cela a été infructueux.

Toutes les institutions augmentent la surveillance par le personnel au moment de la mise en contact, l'impact de ce paramètre n'a donc pas pu être évalué.

Des échecs à cette étape sont rapportés par 50 % des institutions (n=4) mais ne constituent que 17 % des tentatives effectuées (n=12) (Tableau 13). Ils sont observés dans des institutions réalisant une mise en contact directe comme chez celles la faisant progressivement, en présence ou en absence de moyens de séparation d'urgence à disposition. La survenue d'échecs n'était pas significativement différente entre les différentes méthodes de mise en contact (Fisher).

Ces échecs sont rapportés seulement par les institutions mettant en place des mesures de restriction sur la présence humaine (public et/ou personnel), ce qui est paradoxal. Aucune différence significative n'a cependant pu être mise en évidence sur ce paramètre (Fisher).

4.7.3. Tigre

Le schéma principal de gestion est un logement des partenaires ensemble toute l'année, isolés des autres congénères, avec un accroissement de la surveillance lors des chaleurs et des accouplements, sans restreindre la présence humaine.

Dans 20 % des institutions (n=5), des moyens de séparation d'urgence (véhicule, télé-anesthésie) sont mis à disposition et d'accès facile. Tous types de gestion confondus, 20 % des institutions (n=5) ont rencontré un échec à cette étape au moins une fois (incompatibilité de paire, ou absence d'accouplement) (Tableau 13).

Une institution a rencontré des échecs, sur quatre tentatives consécutives. Elle diffère des autres dans sa gestion sur trois points.

Premièrement, elle ne loge pas ses animaux ensemble toute l'année et doit donc effectuer une introduction à chaque désir d'accouplement ce qui augmente les risques d'échecs. Aucune différence significative n'a cependant pu être mise en évidence (Fisher) quant à l'impact de ce paramètre sur la survenue des échecs.

Deuxièmement, elle prévoit des moyens de séparation d'urgence à disposition des soigneurs lors des mises en contact (télé-anesthésie ou véhicule prêt à l'utilisation, afin de séparer les individus s'ils deviennent trop virulents).

Troisièmement, elle restreint l'accès au public contrairement aux autres qui ne mettent aucune restriction en place. La significativité de ce paramètre n'a cependant pas pu être mise en évidence (Fischer).

Les institutions logeant leurs tigres ensemble ne rapportent pas d'agressivité lors des accouplements. Aucun échec n'est observé dans ces institutions, y compris pour l'institution ne mettant pas en place de mesure de surveillances supplémentaires lors des accouplements.

4.7.4. Lion

Les lions sont en contact toute l'année, sous forme de clans dans toutes les institutions. Une surveillance accrue est cependant mise en place au moment des chaleurs. Une des institutions (25 %), prévoit en sus des moyens de séparation d'urgence (véhicule à disposition) pour séparer les individus lorsque l'agressivité devient trop importante.

La présence humaine n'est pas restreinte dans la majorité d'entre elles (3/4), sauf dans une qui restreint uniquement l'accès au public.

Aucun échec n'a été rapporté à cette étape avec des gestions quasi identiques entre tous les zoos (Tableau 13).

4.7.5. Panthère des neiges

Les panthères des neiges sont logées par paire toute l'année dans les deux institutions les mettant à la reproduction, avec une augmentation de la surveillance au moment des chaleurs par l'une d'entre elles.

Des échecs ont été rapportés à cette étape par la moitié des zoos (Tableau 13, Figure 29). L'institution ayant connu des échecs diffère de l'autre uniquement par la mise en place d'une surveillance accrue, sans que cette différence ne soit significative (Fisher).

4.7.6. Jaguar

L'une des institutions loge ses partenaires ensemble toute l'année, l'autre les loge séparément et les met en contact directement lorsqu'une reproduction est désirée.

Les deux institutions mettent en place une surveillance accrue au moment des accouplements mais sans restriction de présence humaine. L'institution ne logeant pas ses partenaires ensemble toute l'année prévoit des moyens de séparation d'urgence à disposition lors des mises en contact.

Aucun échec n'est rapporté à cette étape (Figure 29).

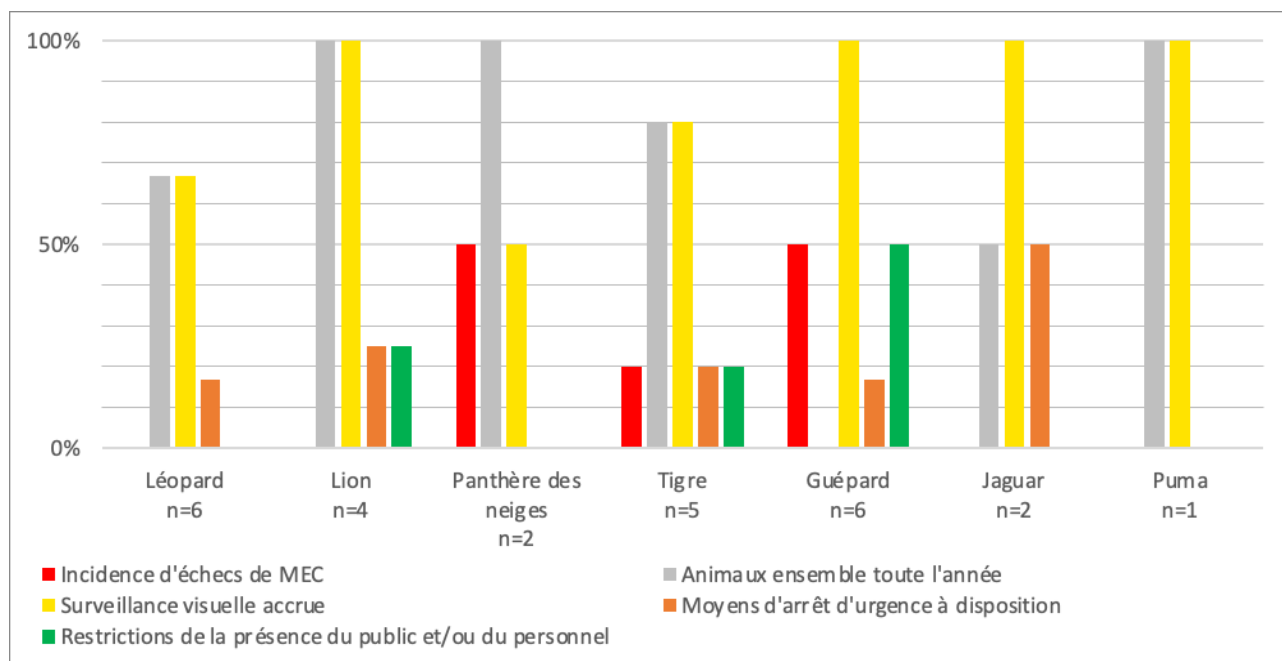
Tableau 13 : Techniques utilisées pour la mise en contact.

	Léopard n=6	Lion n=4	Panthère des neiges n=2	Tigre n=5	Guépard n=6	Jaguar n=2	Puma n=1
Mise en contact (MEC)							
Ensemble	4 (67 %)	4 (100 %)	2 (100 %)	4 (80 %)		1 (50 %)	1 (100 %)
Progressive	1 (17 %)			1 (20 %)	3 (50 %)		
Directe	1 (17 %)				4 (67 %)	1 (50 %)	
Surveillance							
Aucune	2 (33 %)		1 (50 %)	1 (20 %)			
Visuelle accrue	4 (67 %)	4 (100 %)	1 (50 %)	4 (80 %)	6 (100 %)	2 (100 %)	1 (100 %)
Télésurveillance							
Précautions*	1 (17 %)	1 (25 %)		1 (20 %)	1 (17 %)	1 (50 %)	
Restrictions humaines							
Aucune	6 (100 %)	3 (75 %)	2 (100 %)	4 (80 %)	3 (50 %)	2 (100 %)	1 (100 %)
Public		1 (25 %)		1 (20 %)	1 (17 %)		
Personnel					1 (17 %)		
Public et personnel					1 (17 %)		
Institutions ayant rencontré des échecs de MEC	0/4 (0 %)	0/4 (0 %)	1/2 (50 %)	1/5 (20 %)	2/4 (50 %)	0/2 (0 %)	0/1 (0 %)

n : nombre d'institutions.

* La catégorie précautions correspond à la mise à disposition de moyens de séparation d'urgence facilement accessibles.

Figure 29 : Fréquence d'usage de différents paramètres de gestion en regard de l'incidence d'échecs lors de la mise en contact



4.8. Gestation

4.8.1. Léopard

Le protocole majoritaire consiste à séparer le mâle de la femelle sans restreindre la présence humaine et sans effectuer de diagnostic de gestation. Une seule institution restreint l'accès au personnel et au public durant la gestation.

Deux des institutions (n=7) réalisent cependant un diagnostic de gestation. Il est effectué par échographie 30 jours après l'accouplement.

Deux zoos déplacent la femelle dans un enclos spécifique, où elle est seule, pour la gestation. Dans l'un d'entre eux, la femelle est présentée au public mais seule dans son enclos et le mâle est, soit mis dans un autre enclos, soit sorti de sa loge seulement la nuit (lorsque la femelle est fermée en intérieur). L'autre isole sa femelle dans une loge en intérieur, sans autorisation de sortie dans un premier temps. Lorsqu'elle s'est habituée à ses nouveaux quartiers, elle est progressivement sortie dans l'enclos extérieur ou le pré-parc en alternance avec le mâle. Les enrichissements apportés à la femelle sont uniquement nutritifs, et jamais olfactif, sonore ou tactile.

Trois autres institutions laissent le mâle avec la femelle gestante et parfois remettent le couple avec le reste des congénères. Enfin, une institution sépare la femelle du mâle mais la remet avec ses congénères femelles.

Aucun cas de femelle non gestante ni de cas d'interruption de gestation n'ont été rapportés (Tableau 14).

4.8.2. Guépard

La méthode principale consiste à mettre la femelle dans un enclos spécifique dédié pendant la gestation (100 %, n=6), situé à part, avec des enrichissements quotidiens (alimentaires principalement). L'enclos est de taille conséquente (1200-5000 m²), et rarement isolé du public (33 %, n=6). Une vidéosurveillance est présente dans 33 % des institutions (n=6).

Un suivi de gestation est réalisé par la moitié des zoos. Pour cela, tous peuvent recourir à l'échographie, dont un (33 %) également à la radiographie. L'un d'eux se fie principalement à l'absence de retour en chaleurs 10 à 18 jours après l'accouplement et n'utilise l'échographie que sur ses femelles entraînées. La fiabilité de ce diagnostic reste discutable puisque les chaleurs sont peu expressives chez le guépard. L'échographie est effectuée dès 30 jours après l'accouplement.

Des échecs à cette étape sont rapportés par 50 % des institutions (n=4) mais ne constituent que 17 % des tentatives effectuées (n=12) (Tableau 14, Figure 30). Aucune différence significative sur la survenue des échecs n'a pu être mise en évidence pour les différents paramètres étudiés (réalisation d'un suivi de gestation et restriction de la présence humaine) (Fisher).

4.8.3. Tigre

Le protocole général (5/5 institutions) consiste à laisser les femelles en présence du mâle et à ne pas restreindre la présence humaine.

Une seule des institutions réalise un suivi de gestation. Il est effectué par échographie dès 30 jours après l'accouplement ou par radiographie.

A cette étape, 50 % des institutions (n=4) ont rencontré un échec dont la moitié par insémination artificielle (Tableau 14, Figure 30). Les institutions ayant rencontré des échecs ne diffèrent sur aucun paramètre entourant la gestation de celles n'en ayant pas rencontré. L'une des institutions ayant rencontré un échec pratique cependant l'insémination artificielle. Aucune différence significative avec les institutions n'y ayant pas recours n'a pu être mise en évidence (Fisher).

4.8.4. Lion

Les femelles sont laissées avec leurs congénères durant la gestation et aucune restriction quant à la présence humaine n'est mise en place.

Un suivi de gestation est réalisé par une des quatre institutions (25 %). Il est effectué par échographie ou par radiographie *a minima* 30 jours après l'accouplement. Avec ces méthodes, 25 % des institutions ont rapporté une interruption de gestation (Tableau 14, Figure 30). L'institution ayant rencontré un échec diffère des autres seulement par la réalisation d'un diagnostic de gestation, sans que cette différence ne soit toutefois significative (Fisher).

4.8.5. Panthère des neiges

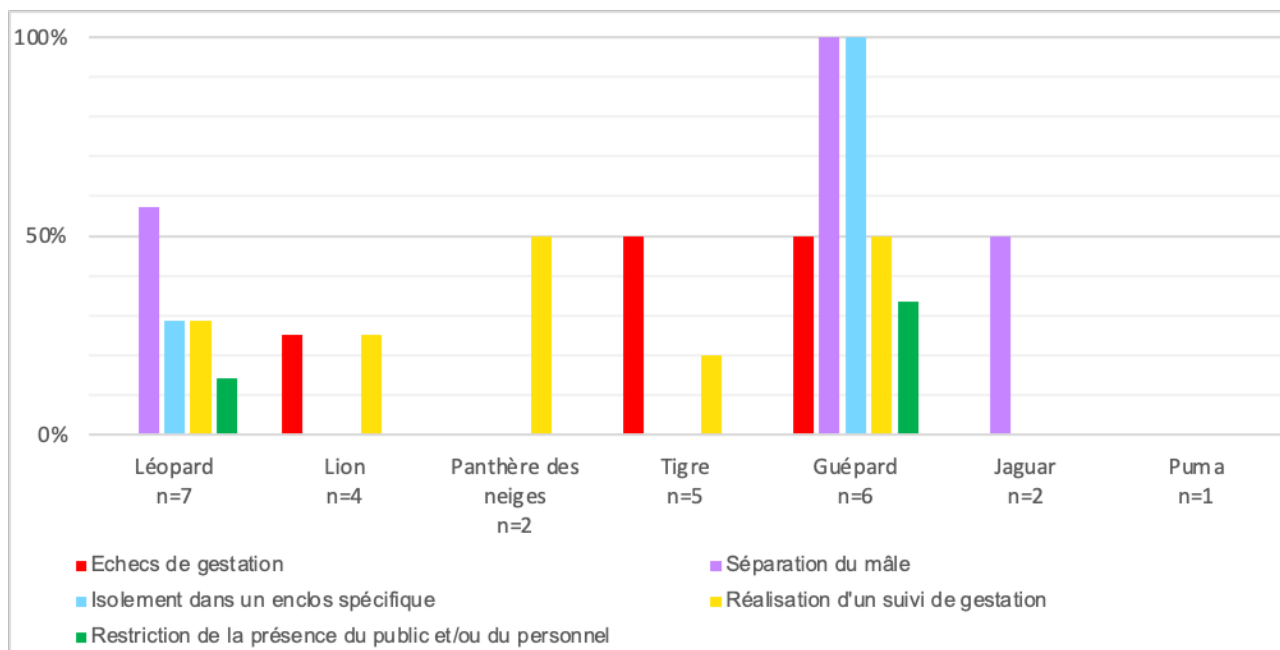
Les partenaires sont maintenus ensemble, sans restriction quant à la présence humaine. Un suivi de gestation est effectué par échographie 60 jours après l'accouplement par l'une des institutions. Aucun échec n'est rapporté à cette étape (Tableau 14, Figure 30).

Tableau 14 : Fréquence d'usage de différents modes de gestion de la gestation des espèces cibles et incidence des échecs.

	Léopard n=7	Lion n=4	Panthère des neiges n=2	Tigre n=5	Guépard n=6	Jaguar n=2	Puma n=1
Séparation du mâle	4 (57 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	6 (100 %)	1 (50 %)	0 (0 %)
Enclos spécifique	2 (29 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	6 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Suivi de gestation	2 (29 %)	1 (25 %)	1 (50 %)	1 (20 %)	3 (50 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Restrictions humaines							
Aucune	6 (86 %)	4 (100 %)	2 (100 %)	5 (100 %)	4 (67 %)	2 (100 %)	1 (100 %)
Public					2 (33 %)		
Personnel							
Public et personnel	1 (14 %)						
Institutions ayant rencontré des échecs de gestation	0/7 (0 %)	1/4 (25 %)	0/2 (0 %)	2/4 (50 %)	3/6 (50 %)	0/2 (0 %)	0/1 (0 %)

n : nombre d'institutions.

Figure 30 : Fréquence d'usage de différents paramètres de gestion de la gestation et incidence d'échecs lors de cette étape



4.9. Parturition.

4.9.1. Léopard

Lors de la mise-bas, la méthode principale consiste à restreindre l'accès du public et/ou du personnel, et à mettre en place une surveillance visuelle épisodique par les soigneurs, par le vétérinaire ou par le responsable scientifique.

Un enclos spécifique, aux caractéristiques non spécifiées, est fourni par 19 % des institutions (n=7). Une des institutions ne met en place aucune surveillance durant la mise-bas de ses léopards.

Aucun échec n'a été rapporté à cette étape, peu importe les pratiques de gestion (Tableau 15, Figure 31).

4.9.2. Guépard

Le protocole prévalent consiste à mettre à disposition un enclos spécifique et à restreindre la présence humaine.

Lorsqu'un enclos spécifique est utilisé (quatre institutions sur six), le déplacement est effectué juste après l'accouplement dans 50 % des cas (n=4), et dans les autres cas, trois à quatre semaines avant la date de part prévisionnelle la plus précoce.

La surveillance visuelle mise en place par une des quatre institutions est effectuée par le vétérinaire ou par les soigneurs. Deux autres institutions utilisent la télésurveillance.

Des dystocies à cette étape sont rencontrées par 25 % des institutions (n=4) soit 8 % des tentatives (n=12) (Tableau 15, Figure 31). Aucune différence significative quant à la survenue d'échecs n'a pu être mise en évidence pour les différents paramètres étudiés (mise à disposition d'un enclos spécifique, utilisation de la télésurveillance, mise en place d'une restriction seulement sur la présence du public) (Fisher).

4.9.3. Tigre

La totalité des institutions (n=5) restreignent l'accès au personnel ou au public au moment de la mise-bas, et 40 % d'entre elles fournissent un enclos spécifique, isolé et calme.

Une surveillance visuelle épisodique est effectuée par quatre institutions sur cinq et l'est par le vétérinaire, par les soigneurs, ou par le responsable scientifique. Une des institutions utilise en plus la télésurveillance.

Indifféremment des pratiques de gestion, aucun échec n'a été rapporté à cette étape (Tableau 15, Figure 31).

4.9.4. Lion

Le protocole prévalent consiste à restreindre l'accès au personnel ou au public et à mettre en place une surveillance visuelle épisodique par le vétérinaire ou par les soigneurs dans 75 % des institutions (n=4). L'une d'entre-elles (25 %) utilise en sus un équipement de vidéosurveillance.

Une des institutions fournit un enclos spécifique à la femelle pour mettre bas. Il est mis à disposition trois jours avant la date prévisionnelle du part, et il s'agit du box de nuit, en intérieur, de la femelle.

Pour cette étape, 50 % des institutions ont connu une dystocie lors des quatre dernières tentatives de reproduction (Tableau 15, Figure 31). Ces deux institutions pratiquent une surveillance épisodique de la mise-bas. L'une ne met en place aucune restriction, l'autre restreint l'accès au public. Cette dernière fournit également un enclos spécifique à la femelle. Aucune différence significative quant à la survenue d'échecs n'a pu être mise en évidence pour les différents paramètres étudiés (mise à disposition d'un enclos spécifique, mise en place d'une surveillance, type de restriction mise en place) (Fisher).

4.9.5. Panthère des neiges

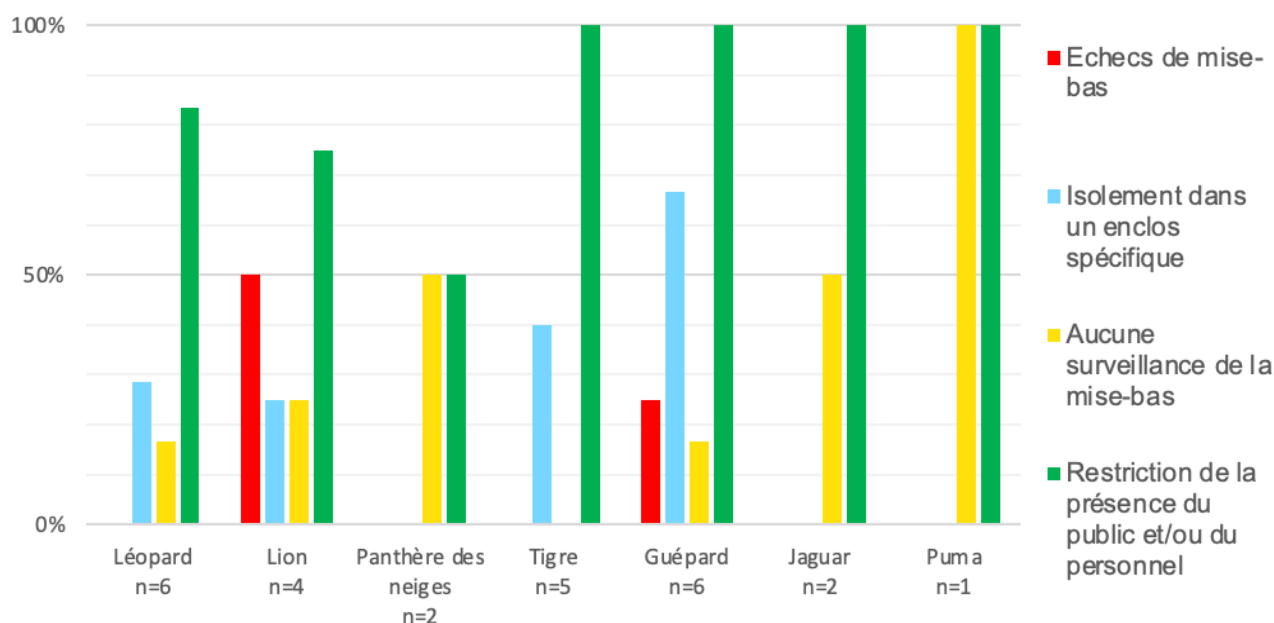
Aucune des deux institutions ne met d'enclos spécifique à disposition pour la mise-bas. L'une d'entre elles restreint l'accès au public et au personnel tandis que l'autre ne met aucune restriction en place. Une surveillance visuelle épisodique est également effectuée par les soigneurs et par le vétérinaire par la première. La deuxième n'effectue aucune surveillance. Aucun échec n'est rapporté à cette étape (Tableau 15, Figure 31).

Tableau 15 : Techniques de gestion de la mise-bas.

Mise-bas	Léopard n=6	Lion n=4	Panthère des neiges n=2	Tigre n=5	Guépard n=6	Jaguar n=2	Puma n=1
Enclos spécifique	2 (29 % [*])	1 (25 %)	0 (0 %)	2 (40 %)	4 (67 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Surveillance							
Aucune	1 (17 %)	1 (25 %)	1 (50 %)	0 (0 %)	1 (17 %)	1 (50 %)	1 (100 %)
Visuelle épisodique	5 (83 %)	3 (75 %)	1 (50 %)	4 (80 %)	1 (17 %)	1 (50 %)	
Télésurveillance		1 (25 %)			3 (50 %)		
Visuelle + caméra				1 (20 %)	1 (17 %)		
Restrictions humaines							
Aucune	1 (17 %)	1 (25 %)	1 (50 %)				
Public		2 (50 %)		3 (60 %)	1 (17 %)		
Personnel	1 (17 %)	1 (25 %)		2 (40 %)	1 (17 %)	1 (50 %)	
Public et personnel	4 (67 %)		1 (50 %)		4 (67 %)	1 (50 %)	1 (100 %)
Institutions ayant rencontré des échecs de mise-bas	0/4 (0 %)	2/4 (50 %)	0/2 (0 %)	0/5 (0 %)	1/4 (25 %)	0/2 (0 %)	0/1 (0 %)

n : nombre d'institutions. * n+1 institution.

Figure 31 : Fréquence d'usage de différents paramètres de gestion lors de la mise en contact et incidence d'échecs à cette étape



4.10. Conditions d'élevage des jeunes

En ce qui concerne l'élevage des jeunes, 100 % des institutions (n=19) se reposent sur les soins maternels, quelle que soit l'espèce (Tableau 16). Une des institutions effectue en sus, chez ses guépards, un suivi rapproché en pesant et examinant quotidiennement les petits, et en les complétant si besoin. Elle proscrit cependant le biberonnage en dehors de la portée c'est-à-dire que les petits sont systématiquement rendus à la mère après chaque complémentation.

4.10.1. Léopard

Lors de l'élevage des jeunes, la méthode la plus fréquente consiste à restreindre la présence humaine et à fournir un enclos en intérieur (Tableau 16, Figure 32). Deux institutions fournissent un accès extérieur également aux petits.

Dans 33 % des institutions (n=6), la mère est maintenue isolée dans sa loge jusqu'à deux à quatre mois *post-partum* en fonction de son expérience (les primipares resteront isolées plus longtemps que les autres). Les soigneurs ont un contact minimal les 15 premiers jours *post-partum*, puis, si tout se passe bien, les restrictions sont levées, dans 17 % des institutions (n=6). D'autres (17 %, n=6), prohibent toute entrée dans la loge durant les deux premiers mois, la distribution de nourriture s'effectuant par un système de passe-plat. Des restrictions sanitaires strictes sont mises en place par 17 % des institutions (n=6).

Une institution rapporte une agalactie chez l'une de ses femelles sur des quadruplets.

4.10.2. Guépard

Une restriction de la présence humaine est effectuée par toutes les institutions et un accès intérieur et extérieur est prodigué aux petits par 67 % des institutions (n=6) (Tableau 16, Figure 32). La moitié des institutions ne restreint néanmoins l'accès qu'au public.

Dans 17 % des institutions (n=6), la mère est maintenue isolée dans sa loge jusqu'à deux à quatre mois *post-partum* en fonction de son expérience. Les soigneurs ont un contact minimal les 15 premiers jours *post-partum*, puis, si tout se passe bien, les restrictions sont levées. Des restrictions sanitaires strictes sont mises en place par 17 % des institutions (n=6).

4.10.3. Tigre

La pratique dominante consiste à restreindre l'accès du public et à offrir un accès extérieur aux petits (Tableau 16). Une des quatre institutions ne met néanmoins aucune restriction en place quant à la présence humaine. Une autre ne fournit qu'un enclos extérieur à ses petits.

Dans 20 % des institutions (n=5), la mère est maintenue isolée dans sa loge jusqu'à deux à quatre mois *post-partum* en fonction de son expérience. Les soigneurs ont un contact minimal les 15 premiers jours *post-partum*, puis, si tout se passe bien, les restrictions sont levées.

4.10.4. Lion

Le protocole prédominant consiste à restreindre l'accès au public et à offrir aux petits un accès extérieur en sus de leur loge. La mère est maintenue en bâtiment ou en pré-parc (hors du public) pendant deux mois dans 50 % des institutions (n=4) (Tableau 16, Figure 32). Une institution conserve ses petits en intérieur.

4.10.5. Panthère des neiges

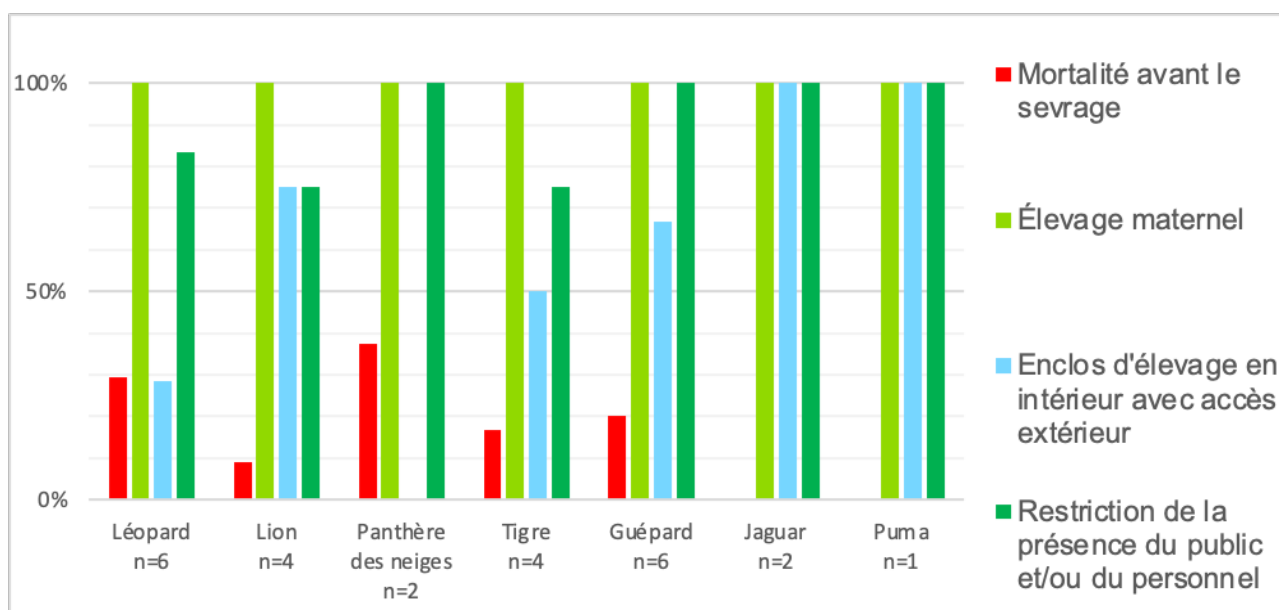
Une restriction de la présence humaine est mise en place par toutes les institutions. Les petits sont logés en intérieur. L'une des institutions restreint la présence du public, l'autre ne met aucune restriction en place (Tableau 16, Figure 32).

Tableau 16 : Conditions d'élevage des jeunes

Élevage	Léopard n=6	Lion n=4	Panthère des neiges n=2	Tigre n=4	Guépard n=6	Jaguar n=1	Puma n=1
Maternel	6 (100 %)	4 (100 %)	2 (100 %)	4 (100 %)	1 (100 %)	2 (100 %*)	1 (100 %)
Enclos							
Intérieur	5 (71 % *)	1 (25 %)	2 (100 %)	1 (25 %)	1 (17 %)		
Extérieur				1 (25 %)	1 (17 %)		
Intérieur et extérieur	2 (29 % *)	3 (75 %)		2 (50 %)	4 (67 %)	1 (100 %)	1 (100 %)
Restrictions humaines							
Aucune	1 (17 %)	1 (25 %)		1 (25 %)			
Public	2 (33 %)	3 (75 %)	1 (50 %)	1 (25 %)	3 (50 %)		
Personnel	1 (17 %)						
Public et personnel	2 (33 %)		1 (50 %)	2 (50 %)	3 (50 %)	1 (100 %)	1 (100 %)
Mortalité avant le sevrage (nombre de petits décédés / nombre de petits nés)	5/17 (29 %) n=3	13/33 (39 %) n=4	3/8 (38 %) n=1	1/6 (17 %) n=3	7/35 (20 %) n=4	0/2 (0 %) n=1	0/9 (0 %) n=1

n : nombre d'institutions, *n+1 institution.

Figure 32 : Fréquence d'usage de différents paramètres de gestion en regard de la mortalité avant sevrage au sein des institutions sondées



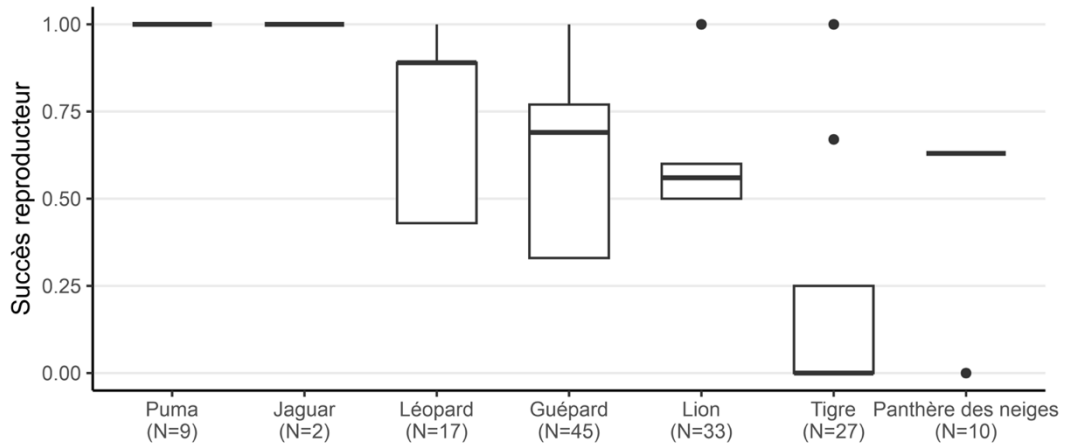
4.11. Succès reproducteur et causes de mortalité

4.11.1. Succès reproducteurs

Concernant le succès reproducteur, les valeurs des succès *ante-partum* ou *post-partum* ont été calculées afin de déterminer l'origine principale des problèmes observés. Le succès reproducteur global, de la mise en contact au sevrage, a également été calculé en comptabilisant les échecs *ante-partum* comme si la portée était née de taille moyenne (d'après les informations bibliographiques de P1.I) pour l'espèce concernée.

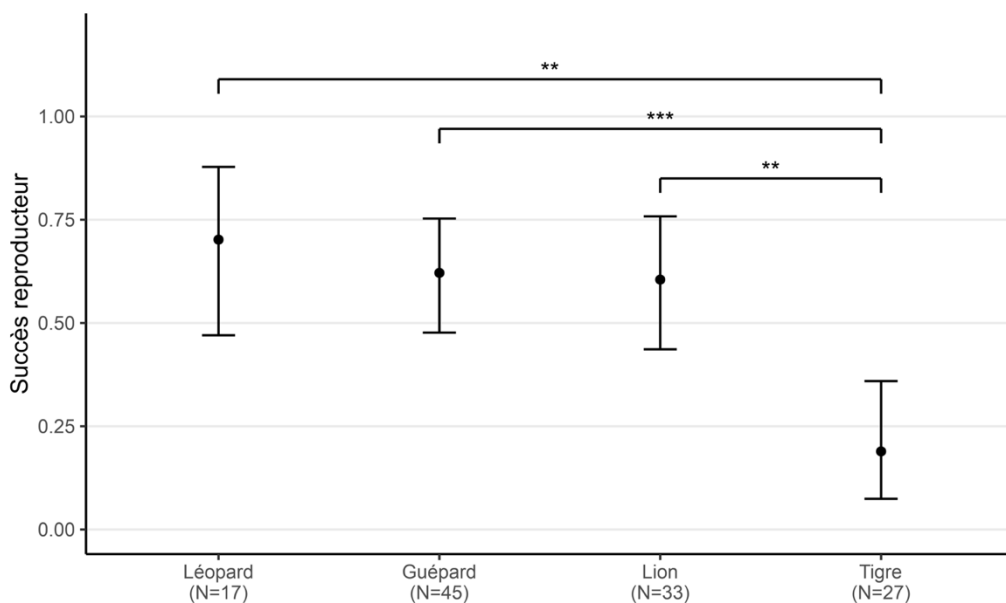
Afin d'évaluer les disparités entre les institutions au sein d'une même espèce, des diagrammes en boîte des succès reproducteurs globaux ont été réalisés. Deux espèces ont un taux de succès reproducteur de 1, pour cause de très petit effectif. Pour les autres, la largeur des boîtes traduit de grandes disparités entre les zoos, particulièrement chez le tigre et chez le guépard. En revanche, chez le lion les résultats sont plutôt homogènes. Les points représentent une institution dont le succès reproducteur global est très différent des autres. Un des zoos obtient un taux de succès de 1 pour la quasi-totalité de ses espèces (Figure 33).

Figure 33 : Diagramme en boîte des succès reproducteurs globaux et pondérés de chaque espèce (N = nombre de petits).



Si on se concentre sur les quatre espèces ayant plus de 10 naissances (tigre, lion, guépard, léopard), le test de proportion met en évidence une différence significative entre les succès reproducteurs du tigre, et ceux des trois autres espèces pour lesquelles le taux est équivalent (Figure 34). La reproduction du tigre est significativement moins bonne que celle des trois autres espèces. Sur cette figure, les points correspondent aux succès reproducteurs globaux des espèces et les barres aux intervalles de crédibilité de Jeffrey's. La présence d'une astérisque entre deux espèces signifie que la différence est significative.

Figure 34 : Intervalles de crédibilité de Jeffrey's pour le succès reproducteur global. ** $p < 0,01$ * $p < 0,001$. N = nombre de petits nés**



Afin de déterminer l'origine des échecs, l'obtention de petits vivants (succès reproducteur *ante-partum*) et la survie jusqu'au sevrage (succès reproducteur *post-partum*) ont été calculées. Le succès reproducteur *ante-partum* a été calculé, comme étant le nombre de tentatives ayant produit des petits vivants, sur le nombre de tentatives totales effectuées. Lorsqu'une tentative contenait des mort-nés, elle a été comptabilisée comme étant la proportion de petits nés vivants sur cette tentative. Par exemple, si deux petits naissent, mais l'un d'entre eux est mort-né, la tentative comptera pour 0,5 dans le succès reproducteur *ante-partum*. Le succès reproducteur *post-partum* est défini comme étant la proportion de petits toujours vivants au sevrage parmi la totalité de ceux qui sont nés vivants. Le succès reproducteur global a été calculé en utilisant le nombre moyen de petits par portée chez l'espèce considérée (voir Partie 1.2) dans le cas des tentatives échouées *ante-partum* (toutes étapes confondues hors mort-nés).

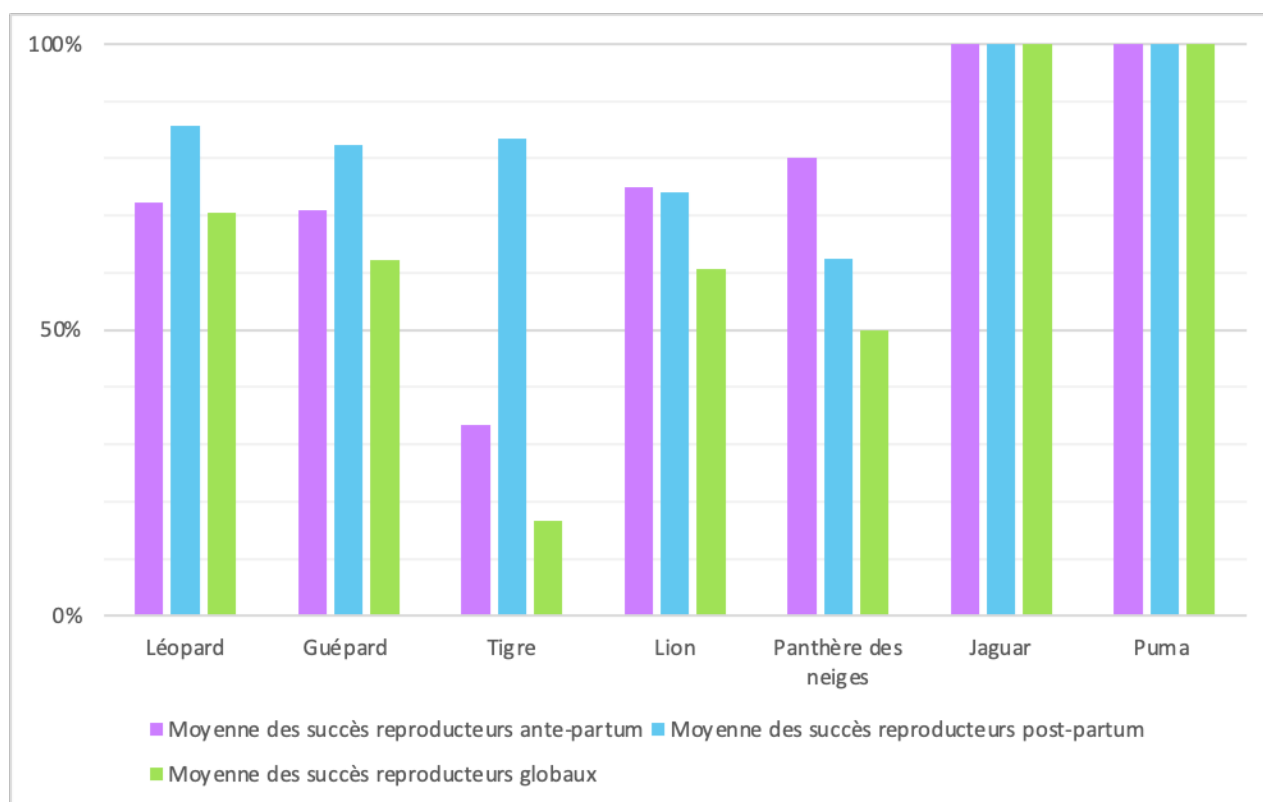
Les moyennes des succès reproducteurs *ante-partum* et *post-partum* ont été comparées dans les différentes espèces, à l'aide d'un test de Student lorsque les variances pouvaient être considérée comme voisines (guépard, lion), ou d'un test de Welch lorsque les variances n'étaient pas voisines (léopard, tigre). Chez le **tigre** la moyenne des succès reproducteurs *ante-partum* est significativement différente de la moyenne des succès reproducteurs *post-partum*. Dans l'échantillon, la moyenne de succès reproducteurs était inférieure *ante-partum* (33 % n=12) à celle *post-partum* (83,3 % n=6, Welch, p=0,0032). Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, dans la population de tigre captive, il y a de fortes chances pour qu'il existe une association réelle entre le succès reproducteur et l'étape de reproduction (*ante-* ou *post-partum*).

Chez les **guépards**, les **lions** et les **léopards**, la moyenne des succès reproducteurs *ante-partum* (70,8 % n=12, 75 % n=13, 72,2 % n=9 respectivement) n'est pas significativement différente de la moyenne des succès reproducteurs *post-partum* (82,4 % n=35, 74,1 % n=27, 85,7 % n=14, p=0,259, p=0,697, p=0,739 respectivement) (Tableau 17, Figure 35).

Tableau 17 : Succès reproducteurs des différentes espèces en fonction des zoos.

Espèce		Obtention de petits vivants	Survie des petits jusqu'au sevrage	Succès reproducteur de la mise en contact au sevrage	Moyenne
Léopard	Zoo 3	4/4 (100,0 %)	8/9 (88,9 %)	8/9 (88,9 %)	70,6 %
	Zoo 5	1/1 (100,0 %)	1/1 (100,0 %)	1/1 (100,0 %)	
	Zoo 7	1,5/4 (37,5 %)	3/4 (75,0 %)	3/7 (42,9 %)	
Guépard	Zoo 2	1/1 (100,0 %)	4/4 (100,0 %)	4/4 (100,0 %)	62,2 %
	Zoo 11	3,5/4 (87,5 %)	10/12 (83,3 %)	10/13 (76,9 %)	
	Zoo 13	2/3 (66,7 %)	9/9 (100,0 %)	9/13 (69,2 %)	
	Zoo 16	2/4 (50,0 %)	5/9 (55,6 %)	5/15 (33,3 %)	
Tigre	Zoo 2	1/3 (33,3 %)	2/2 (100,0 %)	6/8 (25,0 %)	16,7 %
	Zoo 5	1/1 (100,0 %)	1/1 (100,0 %)	1/1 (100,0 %)	
	Zoo 14	2/2 (100,0 %)	2/3 (66,7 %)	2/3 (66,7 %)	
	Zoo 15	0/2 (0,0 %)		0/6 (0,0 %)	
	Zoo 16	0/4 (0,0 %)		0/12 (0,0 %)	
Lion	Zoo 2	2/2 (100,0 %)	4/4 (62,5 %)	4/4 (100,0 %)	60,6 %
	Zoo 12	3/3 (100,0 %)	5/9 (55,6 %)	5/9 (55,6 %)	
	Zoo 13	2,75/4 (68,8 %)	5/8 (62,5 %)	5/10 (50,0 %)	
	Zoo 16	2/4 (50,0 %)	6/6 (100,0 %)	6/10 (60,0 %)	
Panthère des neiges	Zoo 2	4/4 (100,0 %)	5/8 (62,5 %)	5/8 (62,5 %)	50,0 %
	Zoo 18	0/1 (0,0 %)		0/2 (0,0 %)	
Jaguar	Zoo 2	1/1 (100,0 %)	2/2 (100,0 %)	2/2 (100,0 %)	/
Puma	Zoo 2	3/3 (100,0 %)	9/9 (100,0 %)	9/9 (100,0 %)	/

Figure 35 : Moyenne des succès reproducteurs au sein des institutions sondées chez les grands félins (hors panthère nébuleuse)



4.11.2. Mortalité avant le sevrage

Concernant la mortalité, chez le **léopard**, le taux est de 29 % (n=17) avec une majorité de décès durant les 15 premiers jours *post-partum*, principalement des mort-nés. Une occurrence de cannibalisme maternel a été rapportée par une institution chez une femelle primipare (Figure 36, Figure 37, Tableau 18).

Chez le **lion**, un taux de mortalité de 39 % est observé (n=33) avec la très grande majorité des décès survenant dans les 15 jours *post-partum*, principalement des mort-nés puis de causes liées à la mère (cannibalisme). Après 15 jours, les décès sont en totalité pour cause d'anomalie congénitale (Figure 36, Figure 37, Tableau 18).

Chez le **tigre**, un taux de mortalité de 17 % est observé (n=6) avec la totalité des décès survenant dans les 15 jours *post-partum*, de cause inconnue (Figure 36, Figure 37, Tableau 18).

Chez le **guépard**, un taux de 20 % de mortalité est observé (n=35). Plus précisément, 43 % des décès (n=7) surviennent dans les 15 jours *post-partum* dont 33 % de mort-nés, et 66 % de causes liées à la mère (cannibalisme et agalactie). La totalité des décès entre 15 jours et le sevrage sont liés à du parasitisme (Figure 36, Figure 37, Tableau 18).

Chez la **panthère des neiges**, une mortalité avant sevrage de 37,5 % est observée, en totalité durant les 15 jours *post-partum*, de cause inconnue (Figure 36, Figure 37, Tableau 18).

Tableau 18 : Âge et causes de mortalité des grands félins en parc zoologique

Age	Léopard n=5		Guépard n=7		Tigre n=1		Lion n=13		Panthère des neiges n=3	
	< 15j	> 15j	< 15j	> 15j	< 15j	> 15j	< 15j	> 15j	< 15j	> 15j
	3 (60 %)	2 (40 %)	3 (43 %)	4 (57 %)	1 (100 %)	0 (0 %)	11 (85 %)	2 (15 %)	3 (100 %)	0 (0 %)
Causes										
Mort-nés	3 (100 %)		1 (33 %)				6 (55 %)			
Cannibalisme			1 (33 %)				4 (36 %)			
Congénitale							2 (100 %)			
Agalactie			1 (33 %)							
Parasitisme			4 (100 %)							
Inconnue	2 (100 %)				1 (100 %)		1 (9 %)		3 (100 %)	

n : nombre de petits décédés

Toutes espèces confondues, la mortalité survient principalement dans les 15 jours *post-partum* (Figure 36). La cause majoritaire est la survenue de mort-nés, dont l'origine est inconnue. Ensuite viennent les causes liées à la mère (cannibalisme et agalactie). Presque un quart de la mortalité est de cause inconnue au sein des institutions sondées (Figure 37).

Figure 36 : Moyenne des taux de mortalité infantile des grands félins en captivité au sein des institutions sondées

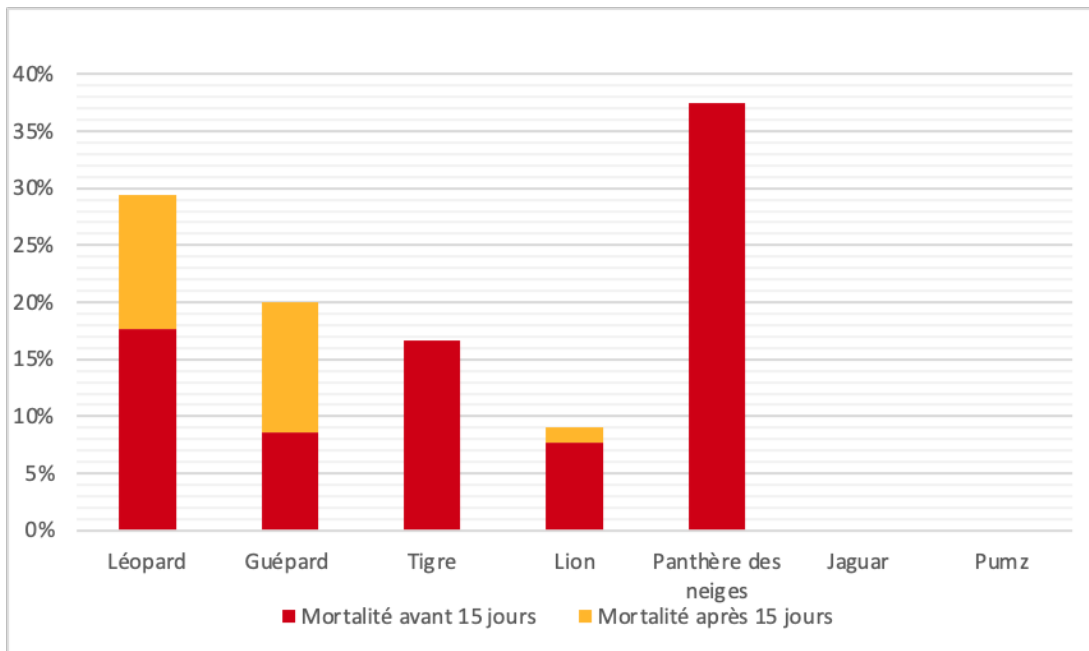
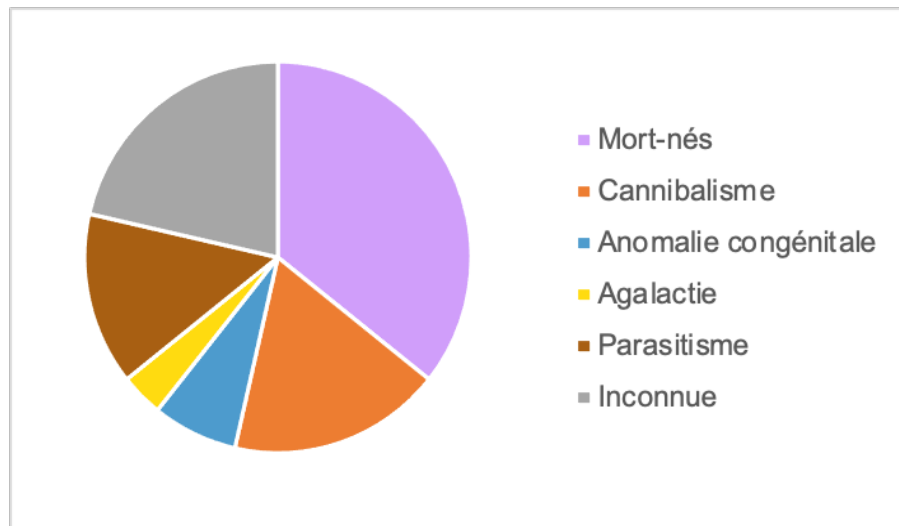


Figure 37 : Part des causes de mortalité infantile toutes espèces confondues au sein des institutions sondées



4.12. Synthèse des résultats par espèce.

Cette partie présente la synthèse des résultats obtenus par espèce afin d'avoir une meilleure vue d'ensemble pour chacune d'entre elles (Tableau 19, Tableau 20, Tableau 21, Tableau 22, Tableau 23, Tableau 24, Tableau 25).

4.12.1. Léopard

Tableau 19 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le léopard

Léopard n=6	Mise en contact	Gestation	Mise-bas	Élevage
Détection humaine des chaleurs	29 % *			
Méthode de mise en contact				
Ensemble	67 %			
Progressive	17 %			
Directe	17 %			
Séparation du mâle pendant la gestation		57 %		
Enclos spécifique de gestation		29 %		
Suivi de gestation		29 %		
Enclos spécifique de mise-bas			29 % *	
Élevage maternel				100 %
Enclos d'élevage				
Intérieur				71 % *
Extérieur				
Intérieur et extérieur				29 % *
Surveillance				
Aucune	33 %		17 %	
Visuelle accrue	67 %			
Visuelle épisodique			83 %	
Télésurveillance				
Moyens de séparation d'urgence	17 %			
Restriction de la présence humaine				
Aucune	100 %	86 %	17 %	17 %
Public				33 %
Personnel			17 %	17 %
Public et personnel		14 %	67 %	33 %
Échecs	0 % **	0 % *	0 %	
Mortalité avant sevrage				29 % ***
Succès reproducteur <i>ante-partum</i>		72,2 % ***		
Succès reproducteur <i>post-partum</i>		85,7 % ***		
Succès reproducteur global		70,6 % ***		

n = nombre d'institutions. * 7 institutions. ** 4 institutions. *** 3 institutions.

4.12.2. Guépard

Tableau 20 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le guépard

Guépard n=6	Mise en contact	Gestation	Mise-bas	Élevage
Détection humaine des chaleurs	67 %			
Méthode de mise en contact				
Ensemble				
Progressive	50 %			
Directe	67 %			
Séparation du mâle pendant la gestation		100 %		
Enclos spécifique de gestation		100 %		
Suivi de gestation		50 %		
Enclos spécifique de mise-bas			67 %	
Élevage maternel				100 %
Enclos d'élevage				
Intérieur				17 %
Extérieur				17 %
Intérieur et extérieur				67 %
Surveillance				
Aucune			17 %	
Visuelle accrue	100 %			
Visuelle épisodique			17 %	
Télé-surveillance			50 %	
Visuelle + caméra			17 %	
Moyens de séparation d'urgence	17 %			
Restriction de la présence humaine				
Aucune	50 %	67 %		
Public	17 %	33 %	17 %	50 %
Personnel	17 %		17 %	
Public et personnel	17 %		67 %	50 %
Échecs	50 %*	50 %	25 %*	
Mortalité avant sevrage				20 %*
Succès reproducteur <i>ante-partum</i>	70,8 % *			
Succès reproducteur <i>post-partum</i>	82,4 % *			
Succès reproducteur global	62,2 % *			

n = nombre d'institutions. * 4 institutions.

4.12.3. Tigre

Tableau 21 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le tigre

Tigre n=5	Mise en contact	Gestation	Mise-bas	Élevage
Détection humaine des chaleurs	20 %			
Méthode de mise en contact				
Ensemble	80 %			
Progressive	20 %			
Directe				
Séparation du mâle pendant la gestation		0 %		
Enclos spécifique de gestation		0 %		
Suivi de gestation		20 %		
Enclos spécifique de mise-bas			40 %	
Élevage maternel				100 %
Enclos d'élevage				
Intérieur				25 %
Extérieur				25 %
Intérieur et extérieur				50 %
Surveillance				
Aucune	20 %			
Visuelle accrue	80 %		80 %	
Visuelle épisodique				
Télésurveillance				
Visuelle + caméra			20 %	
Moyens de séparation d'urgence	20 %			
Restriction de la présence humaine				
Aucune	80 %	100 %		25 %
Public	20 %		60 %	25 %
Personnel			40 %	
Public et personnel				50 %
Échecs	20 %	50 % *	0 %	
Mortalité avant sevrage				17 % **
Succès reproducteur <i>ante-partum</i>			33,3 %	
Succès reproducteur <i>post-partum</i>			83,3 %	
Succès reproducteur global			16,7 %	

n = nombre d'institutions. * 4 institutions. ** 3 institutions.

4.12.4. Lion

Tableau 22 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le lion

Lion n=4	Mise en contact	Gestation	Mise-bas	Élevage
Détection humaine des chaleurs	0 %			
Méthode de mise en contact				
Ensemble	100 %			
Progressive				
Directe				
Séparation du mâle pendant la gestation	0 %			
Enclos spécifique de gestation	0 %			
Suivi de gestation	25 %			
Enclos spécifique de mise-bas			25 %	
Élevage maternel				100 %
Enclos d'élevage				
Intérieur				25 %
Extérieur				
Intérieur et extérieur				75 %
Surveillance				
Aucune			25 %	
Visuelle accrue	100 %			
Visuelle épisodique			75 %	
Télésurveillance			25 %	
Visuelle + caméra				
Moyens de séparation d'urgence	20 %			
Restriction de la présence humaine				
Aucune	75 %	100 %	25 %	25 %
Public	25 %		50 %	75 %
Personnel			25 %	
Public et personnel				
Échecs	25 %	25 %	50 %	
Mortalité avant sevrage				39 %
Succès reproducteur <i>ante-partum</i>	75,0 %			
Succès reproducteur <i>post-partum</i>	74,1 %			
Succès reproducteur global	60,6 %			

n = nombre d'institutions.

4.12.5. Panthère des neiges

Tableau 23 : Synthèse des résultats de l'enquête chez la panthère des neiges

Panthère des neiges n=2	Mise en contact	Gestation	Mise-bas	Élevage	
Détection humaine des chaleurs	50 %				
Méthode de mise en contact					
Ensemble	100 %				
Progressive					
Directe					
Séparation du mâle pendant la gestation					0 %
Enclos spécifique de gestation					0 %
Suivi de gestation					50 %
Enclos spécifique de mise-bas			0 %		
Élevage maternel				100 %	
Enclos d'élevage					
Intérieur				100 %	
Extérieur					
Intérieur et extérieur					
Surveillance					
Aucune	50 %		50 %		
Visuelle accrue	50 %				
Visuelle épisodique			50 %		
Télésurveillance					
Visuelle + caméra					
Moyens de séparation d'urgence	0 %				
Restriction de la présence humaine					
Aucune	100 %	100 %	50 %		
Public				50 %	
Personnel					
Public et personnel			50 %	50 %	
Échecs	50 %	0 %	0 %		
Mortalité avant sevrage				38 %	
Succès reproducteur <i>ante-partum</i>	80,0 %				
Succès reproducteur <i>post-partum</i>	62,5 %				
Succès reproducteur global	50,0 %				

n = nombre d'institutions.

4.12.6. Jaguar

Tableau 24 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le jaguar

Jaguar n=2	Mise en contact	Gestation	Mise-bas	Élevage
Détection humaine des chaleurs	0 %			
Méthode de mise en contact				
Ensemble	50 %			
Progressive				
Directe	50 %			
Séparation du mâle pendant la gestation		50 %		
Enclos spécifique de gestation		0 %		
Suivi de gestation		0 %		
Enclos spécifique de mise-bas			0 %	
Élevage maternel				100 %
Enclos d'élevage				
Intérieur				
Extérieur				
Intérieur et extérieur				100 %*
Surveillance				
Aucune			50 %	
Visuelle accrue	100 %			
Visuelle épisodique			50 %	
Télésurveillance				
Visuelle + caméra				
Moyens de séparation d'urgence	50 %			
Restriction de la présence humaine				
Aucune	100 %	100 %		
Public				
Personnel			50 %	
Public et personnel			50 %	100 %*
Échecs	0 %	0 %	0 %	
Mortalité avant sevrage				0 %*
Succès reproducteur <i>ante-partum</i>		100,0 % *		
Succès reproducteur <i>post-partum</i>		100,0 % *		
Succès reproducteur global		100,0 % *		

n = nombre d'institutions. * 1 institution.

4.12.7. Puma

Tableau 25 : Synthèse des résultats de l'enquête chez le puma

Puma n=1	Mise en contact	Gestation	Mise-bas	Élevage
Détection humaine des chaleurs	0 %			
Méthode de mise en contact				
Ensemble	100 %			
Progressive				
Directe				
Séparation du mâle pendant la gestation		0 %		
Enclos spécifique de gestation		0 %		
Suivi de gestation		0 %		
Enclos spécifique de mise-bas			0 %	
Élevage maternel				100 %
Enclos d'élevage				
Intérieur				
Extérieur				
Intérieur et extérieur				100 %
Surveillance				
Aucune			100 %	
Visuelle accrue	100 %			
Visuelle épisodique				
Télésurveillance				
Visuelle + caméra				
Moyens de séparation d'urgence	0 %			
Restriction de la présence humaine				
Aucune	100 %	100 %		
Public				
Personnel				
Public et personnel			100 %	100 %
Échecs	0 %	0 %	0 %	
Mortalité avant sevrage				0 %
Succès reproducteur <i>ante-partum</i>	100,0 %			
Succès reproducteur <i>post-partum</i>	100,0 %			
Succès reproducteur global	100,0 %			

n = nombre d'institutions.

4.12.8. Panthère nébuleuse

Aucune des institutions n'a effectué de reproduction dans les cinq dernières années.

Troisième partie : discussion

1. Amélioration du taux de réponse des zoos

Les objectifs ambitieux de cette thèse se sont heurtés à des défis, notamment la difficulté pour certaines institutions à ménager du temps afin de produire des réponses complètes aux sondages. Cette inertie a limité le taux de réponse, qui ne représente qu'une fraction modeste (19/64) des établissements sollicités. Un plus grand nombre de relances aurait peut-être permis d'obtenir plus de réponses. Enfin, une initiative pour officialiser et renforcer la validité du sondage par le FelidTAG aurait potentiellement encouragé davantage de réponses, incitant les institutions à participer. D'autant plus que certaines institutions répondent uniquement aux enquêtes supervisées par les TAGs ou l'EAZA.

Ce manque de temps se reflète dans la proportion croissante de questions ignorées au fur et à mesure de l'avancée du questionnaire (que ce soit au sein d'une espèce ou entre les espèces). Cela limite d'autant plus l'analyse de l'impact des pratiques de gestion sur le succès reproducteur (dernière question de chaque espèce mais partie clef dans l'objectif de notre travail). Un agencement différent de l'ordre des questions aurait peut-être pu permettre un meilleur taux de réponse et favoriser l'identification de différences statistiques.

La recherche de facteurs d'échec précis divise l'échantillon en sous-groupes aux caractéristiques différentes, réduisant ainsi l'effectif de ces sous-groupes. Cette réduction complique l'identification de différences statistiques significatives à partir d'un échantillon initial déjà de petite taille. De plus, certains sous-groupes ne disposent pas de groupes de comparaison pertinents ne variant que sur un paramètre spécifique, ce qui ampute les possibilités d'analyse statistique.

2. Caractérisation de la population de grands félins dans les parcs zoologiques en France

Les institutions françaises représentent entre 8 et 40 % des institutions mondiales hébergeant des grands félins (IZY, 2018). Une grande majorité d'entre elles étant membre de l'EAZA, les pratiques appliquées en France sont donc probablement représentatives *a minima* des pratiques européennes. Certaines pratiques diffèrent cependant de ce qui est pratiqué par les autres institutions mondiales, comme par exemple en Amérique du Nord, où un moratoire sur la reproduction a fait perdre un certain nombre de connaissances chez le lion (Daigle et al., 2015).

Afin d'établir la représentativité de l'échantillon des réponses obtenues au sujet de la mise à la reproduction des grands félins dans les parcs zoologiques français, la proportion de réponses obtenues parmi les zoos hébergeant les différentes espèces a été calculée. Les zoos ayant répondu qu'ils n'hébergeaient pas l'espèce n'ont pas été pris en compte. Pour chacune des espèces, l'échantillon représente entre 11 % et 50 % des institutions les hébergeant (Tableau 26).

Tableau 26 : Représentativité de l'échantillon de réponses obtenues

Espèce	Zoos ayant reçus un questionnaire et hébergeant l'espèce	Réponses obtenues parmi les zoos hébergeant l'espèce	
		n	%
Léopard	24	10	42 %
Lion	40	13	33 %
Panthère des neiges	19	5	26 %
Jaguar	8	4	50 %
Tigre	35	11	31 %
Panthère nébuleuse	7	2	29 %
Guépard	23	10	43 %
Puma	9	1	11 %

Cette étude a, malgré tout, permis de faire un état des lieux sur les pratiques de gestion dans les zoos français à chaque étape de la reproduction, de manière robuste chez quatre espèces (lion, léopard, guépard, tigre) et de manière moins solide chez trois espèces (jaguar, puma, panthère des neiges) sur les huit visées.

3. Comparaison des résultats obtenus avec les données de la littérature

En ce qui concerne la contraception, la technique principale utilisée consiste en la pose d'un implant de desloréline malgré une durée d'efficacité et de réversion variable (Asa et al., 2012). Chez le lion, seules les femelles sont implantées, en raison des effets secondaires existant chez les mâles tels que la perte de crinière ainsi qu'un retour à la fertilité non prouvé (Bertschinger et al., 2002). Chez le tigre, seulement 33 % des institutions utilisant un moyen de contraception font appel aux implants, de manière efficace. Cela peut s'expliquer par l'absence de données sur leur efficacité ou leur réversibilité dans la littérature.

La vasectomie des mâles est la seconde pratique la plus utilisée parmi les zoos utilisant un moyen de contraception, et concerne uniquement des animaux ayant déjà eu des naissances (AZA Lion Species Survival Plan, 2012) malgré son absence d'effet sur l'exposition à la fluctuation hormonale des femelles. En effet, les mâles vasectomisés peuvent toujours s'accoupler avec les femelles, ce qui déclenche l'ovulation et expose les femelles à d'importantes variations hormonales (progestérone notamment) (Biddle, 2022). La séparation des individus n'est employée que par une seule institution. Ce résultat reflète les problèmes logistiques (place et nombre d'enclos disponibles entre autres) associés à cette méthode (Pukazhenth et al., 2000).

La faible utilisation de l'insémination artificielle (1/19) et les résultats obtenus (échec systématique), reflètent les faibles taux de réussite rapportés et conforte la nécessité de continuer les recherches afin de parfaire sa maîtrise (Fontbonne *et al.*, 2007 ; Pelican *et al.*, 2006).

En ce qui concerne la **panthère nébuleuse**, le très faible nombre d'institutions ayant un jour mis à la reproduction leurs panthères nébuleuses peut refléter la réticence des zoos à faire se reproduire cette espèce, compte tenu des risques encourus lors de la mise en contact (Herrick *et al.*, 2007). De plus, l'absence de mise à la reproduction récente par les institutions françaises pourrait être une conséquence de l'arrêt de mise à la reproduction par les EEP des individus ayant déjà produit une descendance conséquente (Brown *et al.*, 1995).

Chez le **puma**, la reproduction étant plutôt aisée (Currier, 1983), la littérature est pauvre en informations sur sa gestion en parc zoologique. Dans cette étude, les résultats sont basés sur une seule institution ayant effectué trois tentatives de reproduction réussies et ne peuvent donc pas être considérés comme un protocole confirmé. Cependant ils permettent de donner des pistes de caractérisation ainsi qu'un exemple de gestion permettant d'obtenir un bon succès reproducteur.

3.1. Choix des partenaires

L'importance des EEP ressort également dans notre étude avec leur implication dans la totalité des mises à la reproduction et des choix des partenaires chez presque toutes les espèces. Cet impact se reflète sur la provenance des animaux avec une majorité provenant des zoos hors de France (principalement européens) afin de maximiser la diversité génétique présente en captivité.

La provenance exclusive de zoo hors de France des mâles guépards, comparée aux autres espèces, peut peut-être trouver une explication dans la faible variabilité génétique de cette espèce. Les accouplements étant effectués dans le but de maximiser la diversité génétique de l'espèce, compte tenu de la faible variabilité génétique de l'espèce, il n'est pas aisé de trouver des partenaires appropriés au sein des zoos français. Cette tendance n'est pas présente chez les femelles, car tout transport de celles-ci est stressant et peut nuire aux chances de reproduction ultérieure. Les mâles sont moins sensibles à ce procédé et s'adaptent plus vite à un nouvel environnement. Il aurait de ce fait pu être intéressant de demander aux zoos s'ils utilisaient des identifications génétiques (cartes d'identité génétique, marqueurs ...) pour décider des partenaires à accoupler.

La faible pratique de détection des chaleurs, et d'observation visuelle des saillies est curieuse car le moment de mise à la reproduction est décisif pour le bon déroulement des étapes suivantes. Ce faible taux peut néanmoins être expliqué par le fait que la majorité des institutions hébergent leurs animaux en contact toute l'année. C'est donc le mâle qui détecte l'œstrus et choisit le moment opportun pour s'accoupler, sans nécessité d'impliquer le personnel. De plus, le choix d'une méthode de détection comportementale est certes, moins contraignante en termes de moyens mis en œuvre, mais implique d'avoir un personnel entraîné à détecter les subtilités de chacune des femelles et ne permet pas de détecter les chaleurs silencieuses. Les méthodes artificielles (dosages hormonaux, échographie, cytologie) sont forcément plus invasives (*cf.* 3.3.1).

3.2. Mise en contact du mâle et de la femelle

Toutes espèces confondues, entre 17 % et 50 % des institutions ont à disposition des moyens de séparation d'urgence (véhicule, téléanesthésie, ...) en cas d'agressivité trop importante lors de la

mise en contact, comme cela est recommandé dans la littérature (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Baker JR., 2003b ; Frank et Saffoe, 2005 ; Rai et Jha, 2013).

3.2.1. Léopard

Le logement par paires est en adéquation avec les données recueillies dans la littérature pour cette espèce. La solitude ou le contact de longue durée avec un membre de la fratrie peut être à l'origine de défaut de compatibilité. Les individus appariés précocement ont une meilleure réussite en reproduction (Crandall, 1964 ; Shoemaker, 1982).

3.2.2. Guépard

Le logement séparé des individus est en adéquation avec la possibilité d'œstrus induit permanent en cas de logement de plusieurs femelles ensemble (Wielebnowski *et al.*, 2002b) et avec le refus de s'accoupler avec des partenaires trop familiers par la femelle. En outre, il est recommandé de loger les animaux hors du public car sa présence constitue un facteur de stress (Ziegler–Meeks, 2009), ce qui est appliqué par 50 % des institutions.

Cependant dans notre étude toutes les institutions rencontrant des échecs restreignent l'accès du public et/ou du personnel, sans que la différence soit significative par rapport à celles n'effectuant aucune restriction. Cela est étonnant par rapport aux recommandations de la littérature. Cependant, ces restrictions, d'autant plus lorsqu'elles sont appliquées au personnel, représentent un changement de routine. Or, celui-ci est également facteur de stress chez le guépard et peut peut-être expliquer en partie cette différence (Wells *et al.*, 2004). De plus, le moment de mise en place des restrictions n'a pas été demandé dans notre enquête. Les réactions physiologiques au stress étant longues à disparaître, si la restriction a été mise en place tardivement cela peut fausser les résultats en défaveur des institutions pratiquant la restriction (Wells *et al.*, 2004). Une autre explication pourrait être que la suppression du public et/ou du personnel offre trop de calme à la femelle. Or pour des introductions réussies et une entrée en œstrus, chez le guépard, un stress de courte durée, tel qu'un changement d'environnement ou l'introduction de nouvelles personnes, est bénéfique (Carlstead et Sliepherdson, 1994).

D'autres éléments non étudiés ici, peuvent également être des facteurs de confusion et fausser les résultats comme la présence de prédateurs à proximité (Woc Colburn *et al.*, 2018), une absence de réceptivité de la femelle (Beekman *et al.*, 1997), les conditions de gestion précédant la mise en contact (isolement deux à trois mois avant) (Bertschinger *et al.*, 2008b ; Kinoshita *et al.*, 2011b), le nombre de mâles proposés à la femelle (Bertschinger *et al.*, 2008b), et l'espace disponible (Eaton, 1974).

Bien que la méthode d'introduction soit un facteur d'échecs, connu dans la littérature, la survenue d'échecs quelle que soit la méthode de mise en contact appliquée, est en faveur de la présence d'autres facteurs également à l'œuvre. Une surveillance étroite est effectuée par le personnel dans toutes les institutions, comme recommandé, pour prévenir les blessures sévères (Saffoe, 2005).

3.2.3. Tigre

Une seule institution n'a réussi aucune de ses tentatives de mise en contact. Elle diffère des autres sur le logement de ses animaux, la surveillance et les restrictions de présence humaine mises en place. Le fait qu'elle ne loge pas ses partenaires ensemble toute l'année, augmente par définition

le risque d'échec à cette étape, mais est en accord avec la prudence préconisée par les sources bibliographiques. En effet, le tigre a un fort potentiel pour des agressions létales et intenses lorsqu'il est logé continuellement avec un congénère (Saunders et al., 2014), ce qui n'est pas le cas des institutions sondées dans notre enquête. Le succès reproducteur nul de cette institution est en désaccord avec la littérature, où le succès reproducteur n'est pas différent entre les animaux logés ensemble et des introductions discontinues (Saunders et al., 2014).

La mise en place de moyens de séparation d'urgence à disposition lors des mises en contact est probablement une conséquence des échecs rencontrés puisque les institutions ayant déjà eu des agressions lors des mises en contact seront nécessairement plus précautionneuses lors des suivantes. Il en est de même pour la mise en place d'une surveillance accrue, qui pourrait être envisagée comme étant la cause des échecs par son augmentation de la présence humaine à proximité des tigres (puisque cette institution n'utilise pas de caméra pour cette étape). Néanmoins, la présence de ces mesures dans les institutions effectuant des mises en contact, suit les recommandations existantes pour l'espèce, en prévision du fort potentiel agressif des tigres (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016). De plus, la mise en place d'une restriction du public lors des mises en contact, est en adéquation avec les recommandations (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016), bien que la présence de public n'ait pas été prouvée comme facteur de stress chez le tigre (Margulis et al., 2003). Cependant, elle peut être vue comme un changement dans la routine des animaux. Or, toute perturbation affecte négativement la survenue des accouplements (Palita et al., 1996).

De plus, cette institution étant la seule à ne pas loger ses animaux ensemble, à posséder des moyens de séparation d'urgence, comme préconisé (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016), et à mettre en place des restrictions, il est impossible de comparer individuellement chaque variable afin de déterminer la ou lesquelles entrent dans les causes des échecs, et si elles y entrent.

A ceci s'ajoutent d'autres facteurs non étudiés, comme le nombre de mâles et de femelles présents dans le zoo, la qualité séminale du mâle, la non-confirmation de survenue d'une saillie etc., soit tout ce qui concerne le suivi de la reproduction, peu réalisé en pratique et qui pourrait expliquer un faible succès reproducteur, chez le tigre comme les autres félins.

La vidéo surveillance n'est utilisée par aucune des institutions françaises ayant répondu, malgré la possibilité de comportement différent en l'absence de surveillant (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016). En l'absence de groupe de comparaison (surveillance par caméra) l'influence de ce paramètre n'a pu être quantifiée.

3.2.4. Lion

La totalité des zoos respectent le mode de vie naturel en logeant leurs animaux sous forme de clans (Orsdol et al., 1985) ce qui semble permettre le bon déroulement de l'accouplement puisqu'aucune agressivité surdimensionnée ni blessure n'a été rapportée. L'absence de restrictions quant à la présence humaine pour la mise en contact en zoo français sans échecs associés, est en faveur du fait que le public n'est pas un facteur de stress chez les **léopards** ni chez les **lions** (Margulis et al., 2003).

3.2.5. Panthère des neiges

Le logement des paires ensemble toute l'année, effectué par toutes les institutions dans cette étude, est contraire aux recommandations existantes qui démontrent un taux de corticoïdes, et donc un stress, plus élevé chez ces animaux par opposition à ceux logés seuls (Kinoshita et al., 2011a). Malgré cela, des gestations ont été observées dans les institutions sondées contrairement à ce qui a pu être décrit par le passé, où seuls les partenaires isolés l'un de l'autre pendant une longue période se reproduisaient avec succès (Kinoshita et al., 2011a).

L'institution ayant les pratiques de gestion les plus proches des recommandations présentes dans la littérature, mettant en place une détection comportementale des chaleurs et un suivi échographique de la gestation, est cependant celle avec le succès reproducteur le plus faible (0 %). Les résultats peuvent être biaisés par un nombre de tentatives effectuées par cette institution quatre fois inférieur à celui de l'autre institution à laquelle elle est comparée. Cette institution n'a pas réussi à obtenir d'accouplement entre ses animaux. A cette étape, la seule différence de gestion est la mise en place d'une surveillance accrue dans l'institution en échec. Selon la façon dont cette surveillance est effectuée (intensification de la présence humaine ou autre changement) cela a pu perturber la routine des animaux, ce qui a pu s'avérer stressant et pourrait potentiellement expliquer l'absence d'accouplement.

3.2.6. Jaguar

La littérature recommande une prudence et une patience extrêmes lors des mises en contact (Baker JR., 2003b ; Biddle, 2022), cependant ici, l'institution effectuant des mises en contact directes n'a rencontré aucun échec. Néanmoins, à l'instar des recommandations, toutes les autres institutions effectuent une surveillance rapprochée à cette étape (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016).

3.3. Gestation

Un diagnostic de gestation est peu souvent réalisé malgré son importance pour la préparation d'un logement adéquat à temps pour les petits (Graham, 2006), hormis chez le guépard qui présente fréquemment des pseudogestations (Byron et al., 2020). La méthode utilisée est systématiquement échographique ou radiographique malgré la nécessité d'une anesthésie ou d'un entraînement en amont des animaux (lions, guépards et tigres par exemple) (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Crosier *et al.*, 2018 ; Spindler et Johnson, 2003). Ni les dosages hormonaux, ni les changements comportementaux et physiques (modification des mamelles, élargissement du ventre, lactation ...) ne sont utilisés par les zoos français ayant répondu. Un nombre plus important de réponses permettrait de faire une analyse plus exhaustive des méthodes de suivi utilisées en France. Le diagnostic de gestation par échographie peut être effectué précocement (30 jours) post-accouplement chez toutes les espèces, hormis la panthère des neiges (60 jours).

Chez le **guépard**, la totalité des institutions loge ses femelles, en adéquation avec les recommandations pour l'espèce, dans un enclos spécifique, isolé du mâle (Ziegler-Meeks, 2009). Un logement hors-public est également préconisé (Ziegler-Meeks, 2009). Paradoxalement, les institutions restreignant la présence du public durant cette étape ont un taux d'échec plus élevé (100 %) que celles ne le faisant pas, même si cette différence n'est pas significative. Tout comme pour la mise en contact, les potentiels facteurs de confusion (la date de mise à disposition de

l'enclos, les caractéristiques du logement...) n'ont pas été étudiés et la faible taille de l'échantillon augmente les biais d'échantillonnage.

Chez le **tigre**, aucune des institutions ne sépare ses partenaires pendant la gestation ni ne fournit d'enclos spécifique. Ces résultats sont en contradiction directe avec les recommandations littéraires, visant à limiter toute source de stress le plus tôt possible dans la gestation (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016). Ces pratiques peuvent expliquer le faible succès reproducteur de cette espèce, comparé aux autres. La stratégie utilisée peut également être impliquée. En effet, 50 % des tentatives infructueuses font suite à une reproduction par insémination artificielle. Or, le succès des IA chez le tigre n'est que de 29 % (Pelican *et al.*, 2006). Le recours aux IA abaisse donc artificiellement le succès de reproduction et peut expliquer en partie la moyenne obtenue dans notre étude (17 %). La différence entre les stratégies utilisées n'est cependant pas significative, du fait du faible nombre d'institutions dans l'échantillon.

Chez le **lion**, paradoxalement, les échecs sont présents dans une institution qui réalise un diagnostic de gestation sans pour autant que la différence ne soit significative. La réalisation d'un diagnostic implique une manutention supplémentaire de la femelle à cause de la méthode utilisée (ici l'échographie). La réalisation d'une échographie, même chez une femelle entraînée (AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; AZA Tiger Species Survival Plan, 2016), peut être source de stress mais semble peu probable pour expliquer ce résultat paradoxal. De plus, l'existence de facteurs de confusion non évalués dans cette étude, tels que l'alimentation (AZA Lion Species Survival Plan, 2012), peut également être à l'origine de ce résultat.

3.4. Parturition

Chez le **léopard**, les pratiques lors de la parturition semblent adaptées, puisqu'aucun échec n'a été rapporté, et s'accordent aux données de la littérature qui préconise la mise en place de restrictions quant à la présence du public et du personnel pour respecter l'intimité de la femelle (Zhang *et al.*, 1999)

Chez le **guépard** les pratiques sont les plus proches de celles recommandées. Un enclos dédié, au calme, sans public, et d'accès restreint pour le personnel, est fourni, le plus tôt possible (Sengenberger *et al.*, 2018). C'est également l'espèce pour laquelle la vidéo surveillance est la plus largement utilisée. Malgré cela, 8 % des tentatives de reproduction se soldent par un échec à cette étape.

Chez le **tigre**, les pratiques de gestion appliquées par les institutions françaises semblent adaptées puisqu'aucun échec n'est rapporté et qu'elles sont plutôt bien corrélées avec les données de la littérature (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016).

Chez le **lion**, les femelles ne sont isolées que dans 25 % des institutions et leur déplacement n'est effectué que dans les trois jours précédant la mise-bas, ce qui est en contradiction directe avec les recommandations scientifiques, la date la plus tardive préconisée pour le déplacement étant une semaine avant (AZA Lion Species Survival Plan, 2012). La majorité des institutions mettent en place une surveillance mais peu ont recours à la vidéo-surveillance malgré ses avantages (Sinn, 2018). Le pourcentage plus élevé, de manière non significative, d'échecs lors de la mise en place d'enclos spécifiques dans lesquels les femelles sont isolées, peut également trouver son origine dans la méthode de mise à disposition de cet enclos qui n'a

pas été investiguée ici. En effet, les lions étant des animaux sociaux, la séparation doit s'effectuer progressivement pour diminuer le stress (Sinn, 2018).

Chez la **panthère des neiges**, les pratiques de gestion en France diffèrent de la littérature. Aucun isolement dans un enclos dédié n'est effectué et la moitié des institutions ne mettent en place ni surveillance ni restriction humaine (Koivisto et al., 1977 ; Rai et Jha, 2013). Cependant cela ne semble pas affecter les résultats puisqu'aucun échec n'a été rapporté.

3.5. Élevage des jeunes

Le nourrissage exclusif au biberon n'est effectué par aucune des institutions sondées. L'une d'entre elle peut y avoir recours avec ses guépards pour compléter les petits si l'apport énergétique journalier par la mère est insuffisant mais les petits sont toujours rendus à la mère juste après. Ces pratiques correspondent aux résultats des études les plus récentes, ne préconisant plus un biberonnage systématique des petits sauf en cas de négligences ou mauvais traitements maternels (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Baker, 2006). Hormis chez le lion, la majorité des institutions restreignent la présence humaine dans les premiers stades de l'élevage des jeunes afin de respecter l'intimité de la femelle (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Biddle, 2022 ; Sengenberger *et al.*, 2018 ; von Schmalz-Peixoto, 2003 ; Zhang *et al.*, 1999). Dans la littérature les lions sont également ceux nécessitant le moins de précautions et le retour aux conditions de vie habituelle peut être entamé dès le 4^e jour *post-partum* (AZA Lion Species Survival Plan, 2012).

3.6. Succès et mortalité des jeunes

De fortes disparités entre les zoos sont observées au sein des espèces, ce qui confirme que les pratiques de gestion ont un impact important sur la réussite de la reproduction en captivité (Crosier et al., 2018). Dans notre étude, les succès reproducteurs des espèces sont plutôt similaires (50-70 %) hormis chez le **tigre** qui se reproduit moins bien contrairement à ce qui a pu être rapporté dans la littérature (Asa *et al.*, 2012 ; Brown, 2011 ; Wildt *et al.*, 2010). Les causes principales d'échec étant ici *ante-partum* (incompatibilité de partenaires, absence d'accouplement, absence de fécondation) ce qui souligne l'importance de la gestion des accouplements chez cette espèce pour laquelle les échecs lors de la mise en contact sont particulièrement connus (AZA Tiger Species Survival Plan, 2016). Une fois qu'un petit est né vivant, le succès reproducteur est alors similaire aux autres espèces (83 %), les pratiques de gestion à partir de ce stade sont donc adaptées. Cette disparité peut aussi être liée au faible nombre de résultats. Les institutions ayant un taux de succès nul étant celles ayant réalisé le plus de tentatives de reproduction, elles ont un poids conséquent dans les calculs et abaissent considérablement le taux moyen de succès toutes institutions confondues. L'excellent succès de la reproduction en captivité du **jaguar** et du **puma** est artéfactuel à cause du très faible nombre de réponses et ne reflète donc pas la réalité de la situation.

Chez toutes les espèces, le taux de mortalité le plus élevé est observé durant les 15 premiers jours *post-partum*, comme l'observent d'autres auteurs (von Schmalz-Peixoto, 2003). Les causes étant principalement liées à la mise-bas (mort-nés) cela confirme les données bibliographiques de forte prévalence de mort-nés chez les grands félins captifs (von Schmalz-Peixoto, 2003). De même que pour d'autres auteurs, dans notre étude les causes de mortalité sont rarement renseignées ce qui complique les analyses (von Schmalz-Peixoto, 2003). Les causes

liées à la mère (cannibalisme et agalactie) ont été rapportées seulement chez le lion et le guépard et sont observées dans des proportions similaires à celles rapportées dans la littérature (Metz et al., 2017).

Le fort taux de mortalité d'origine inconnue reflète le peu d'autopsies pratiquées ainsi que le peu d'examens complémentaires effectués dans les zoos. Cette absence de recherche systématique des causes de la mort complique l'analyse de l'impact des pratiques de gestion et des conditions sanitaires et par conséquent la création et la mise en place de recommandations pour y remédier.

Les résultats contradictoires avec la littérature peuvent également être une conséquence de l'adaptation des zoos aux échecs rencontrés. En effet, les pratiques de gestion, notamment quant à la restriction humaine ou à la surveillance, ont pu être instaurées en réponse aux échecs, et non en être la cause. Un questionnaire permettant de s'affranchir de ce biais (explicitier la gestion pour chaque tentative) aurait toutefois été beaucoup trop contraignant à remplir par les participants, c'est pourquoi nous n'avons pas davantage détaillé les questions sur ce point.

3.7. Utilisation de la vidéosurveillance

La télésurveillance est peu utilisée en pratique par les institutions françaises, seulement chez le lion (une institution sur quatre) et le guépard (trois institutions sur six), et seulement pour surveiller la mise-bas. Cette méthode permet pourtant un suivi continu des animaux avec le minimum de perturbations humaines possibles et est largement recommandée chez toutes les espèces dans la littérature (AZA Jaguar Species Survival Plan, 2016 ; AZA Lion Species Survival Plan, 2012 ; AZA Tiger Species Survival Plan, 2016 ; Fletchall, 2000 ; Sengenberger *et al.*, 2018). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer la faible incidence de cette méthode : coût non négligeable ; conservation des habitudes de surveillance ; loges non adaptées (angle-morts conséquents) ; nécessité d'un membre du personnel attiré aux visionnages des films.

4. Points faibles de l'enquête – Améliorations potentielles

4.1. Impact des méthodes de contraception

La part pratique de la contraception dans les zoos français, ainsi que de ses effets à long terme (efficacité et effets secondaires) sur la reproduction pourrait être étudiée davantage.

Chez de nombreuses espèces (panthère des neiges, jaguar, tigre, panthère nébuleuse, puma) les durées d'action manquent dans la littérature et leur utilisation se base sur l'autorisation de mise sur le marché du produit et sur les durées observées chez les chiens (six mois pour les petits implants et un an pour les gros). Cependant chez les félins, même domestiques, les durées d'action sont souvent plus longues (Cowl et Bertschinger, 2019 ; EAZA RMG, 2024b, 2024c). De plus, chez les grands félins, les données existantes sont obtenues à partir d'un faible nombre d'individus (2008a, 2006, 2002).

Il pourrait donc être intéressant d'augmenter l'ampleur de ces études afin de caractériser précisément les durées d'action et temps de réversion après retrait des implants ce qui faciliterait la planification de la reproduction chez des individus ayant été momentanément soumis à une contraception. Cela pourrait augmenter la fréquence d'utilisation des moyens de contraception non

permanente et améliorerait la logistique du maintien de ces espèces en captivité (manque de place pour séparer les individus, nécessité d'une reproduction précoce pour éviter le vieillissement asymétrique des organes reproducteurs).

4.2. Protocoles de gestion de la reproduction

Une étude sur un plus grand nombre de zoos pourrait permettre de dégager des différences de pratiques de gestions agissant significativement sur le succès reproducteur. Une comparaison entre les pratiques françaises et les pratiques mondiales ou américaines pourrait également s'avérer intéressante afin de déterminer avec précision s'il existe une différence de résultats et quelles sont les différences de pratiques de gestion.

A l'échelle des individus, une analyse approfondie des tentatives de reproduction effectuées et des partenaires impliqués au sein d'un faible nombre de zoos pourrait également permettre de démontrer l'impact du « tempérament » des individus (calme, nerveux, peureux, actif, proche de l'humain ...). L'étude de ce paramètre est de plus en plus fréquente pour tenter d'expliquer les causes de mal-être de certains individus en captivité par rapport à leurs congénères sous les mêmes conditions de gestion. Outre le bien-être, au sein de la reproduction, le « tempérament » pourrait influencer le bon déroulement des mises en contact, comme cela a été prouvé chez les panthères nébuleuses (DeCaluwe, 2012).

De plus, une anamnèse complète des pratiques de gestion effectuées pour chaque tentative permettrait de mettre en évidence des disparités, lissées ici puisque l'institution a été considérée comme entité. Enfin, une étude prospective mettant en place, en amont de l'étude, des protocoles pour chaque tentative de reproduction, ne variant que sur un seul paramètre entre deux tentatives, serait plus à même de révéler l'impact de chaque pratique sur le succès.

Les contradictions entre les données bibliographiques et les résultats obtenus dans notre étude sont également à investiguer afin de déterminer si cela est effectivement dû à la faible taille de l'échantillon ou si des facteurs non découverts à ce jour existent. Par exemple, l'absence de public est considérée, dans la littérature, comme nécessaire pour le bon déroulement de la reproduction, cependant dans notre étude les résultats suggèrent que la mise en place d'une restriction pourrait diminuer le succès reproducteur dans certaines espèces. Il faudrait donc poursuivre des recherches et investiguer si, outre la présence ou l'absence en elle-même, la méthode de mise en place de la restriction (brutale/progressive) ainsi que le moment de mise en place de cette restriction n'influenceraient pas la réussite de la reproduction.

4.3. Autres facteurs à étudier

La gestion de la reproduction en captivité englobe de très nombreux facteurs et tous n'ont pu être étudiés ici. Il serait intéressant d'étudier l'impact de la quantité de mâles et de femelles présents dans un zoo sur le succès reproducteur. De même que d'évaluer l'incidence pratique d'une vérification de la survenue réelle d'une saillie, d'une confirmation de l'occurrence d'une ovulation, d'une analyse de la qualité séminale du mâle en amont, etc. En effet, à l'heure actuelle, la reproduction des animaux captifs ne fait pas l'objet d'un suivi efficace, il n'est donc pas étonnant qu'elle fonctionne mal.

Conclusion

Les objectifs de ce travail étaient de caractériser la reproduction des grands félins en France et de démontrer l'impact des pratiques de gestion sur le succès reproducteur par le biais d'un questionnaire. En France, tous hormis la panthère nébuleuse sont activement mis à la reproduction dans les zoos. Les panthères des neiges, les pumas et les jaguars le sont cependant de façon plus marginale que les léopards, tigres, lions et guépards. Les lions, les léopards, les jaguars et les pumas se reproduisent bien en captivité dans les zoos français contrairement aux tigres, aux panthères nébuleuses et aux panthères des neiges. Le guépard se reproduit plutôt bien en captivité dans les zoos ayant répondu au sondage, ce qui n'est cependant pas le cas en générale et dans la littérature.

Les institutions gèrent de façon souvent disparate les différentes étapes de la reproduction. On retrouve cependant des consensus généraux concernant la méthode d'élevage maternel chez toutes les espèces (100 %), et la gestation chez le guépard (100 % séparent les couples et fournissent un enclos spécifique à la femelle). Des pratiques majoritaires ressortent également de l'analyse de notre enquête pour certaines étapes de certaines espèces.

Des problèmes peuvent survenir à toutes les étapes de la reproduction, avec une prévalence différente selon les espèces. En moyenne, 78,5 % des zoos questionnés ont rencontré au moins un échec de la reproduction chez l'une des espèces qu'ils reproduisent. La mise en contact est problématique principalement dans 50 % des institutions chez le guépard et la panthère des neiges. La gestation est particulièrement à risque pour 50 % de celles qui reproduisent le tigre et le guépard. La mise-bas constitue l'étape la plus à risque pour la moitié des institutions, en ce qui concerne le lion. Le taux de mortalité avant sevrage est le plus élevé chez le léopard (29 %) et la panthère des neiges (38 %). Chez le tigre, les échecs sont significativement plus fréquemment rencontrés avant la mise-bas (67 % vs *post-partum* 16,7 %). Chez les autres espèces, ils surviennent de manière équitable que ce soit *ante-* ou *post-partum*.

Nous avons pu détailler les pratiques effectuées par les zoos français à chaque étape de la reproduction et les comparer aux pratiques des autres institutions mondiales et aux recommandations décrites dans la littérature. Un des points étonnants est le faible succès reproducteur des tigres au sein des institutions françaises (17 %) comparé aux autres espèces (65 %) et comparé à ce qui est rapporté dans la littérature, principalement en raison d'un échec de mise en contact ou de gestation. Pour ce qui est des protocoles de gestion mis en place dans les zoos, ceux-ci sont rarement en adéquation avec les recommandations, hormis chez le guépard et pour l'étape de parturition où les résultats sont les plus proches des recommandations.

Une étude prospective sur un plus grand nombre de zoos et/ou se focalisant sur les caractéristiques de chaque tentative de reproduction, avec la mise en place préalable de protocoles variant sur un seul paramètre, permettrait sans doute de mieux déterminer l'impact des conditions de gestion sur la reproduction. Un élargissement de l'étude rétrospective au niveau européen, avec un contexte plus important apporterait des résultats plus probants au sein des espèces, et permettrait une comparaison actualisée des pratiques françaises avec d'autres pays.

Malgré les difficultés rencontrées, notre étude a permis de caractériser la reproduction des grands félins en parcs zoologiques français et de soulever des disparités importantes que l'on ne peut expliquer. Un défaut de suivi de la reproduction au sein des zoos français a également été constaté.

Enfin, les espèces étudiées étant menacées dans leur environnement naturel, la reproduction en captivité est capitale pour pérenniser leur survie et sa compréhension nécessite encore de nombreuses recherches. Nous espérons donc que notre étude sera complétée et élargie par des recherches approfondies induisant une prise de conscience par les institutions, de l'importance d'effectuer un suivi rigoureux de la reproduction et d'élaborer des protocoles scientifiques afin de maximiser les chances de réussite.

Liste des références bibliographiques

- ACHARJYO, L.N., MISHRA, CH.G. (1985) On some aspects of reproduction among the tigers (*Panthera tigris*) of Nandankanan biological park (Orissa). *The Journal of the Bombay Natural History Society* vol. 82, p. 628-632.
- ACHARJYO, L.N., MISHRA, R. (1976) A note on inter-parturition interval of some captive wild mammals. *The Journal of the Bombay Natural History Society* vol. 72, p. 841-845.
- ACHARJYO, L.N., MISRA, R. (1975) Age of Sexual Maturity of 2 Species of Wild Carnivores in Captivity. *The Journal of the Bombay Natural History Society* n° 72, p. 196-197.
- ACHARJYO, L.N., PATNAIK, S.K. (1985) Observations on some aspects of reproduction among the panthers (*Panthera pardus*) of Nandankanan Biological Park, Orissa. *Indian Journal of Forestry* vol. 81, p. 8-14.
- ACKERMAN, B.B. (1982) Cougar Predation and Ecological Energetics in Southern Utah. Thèse de master de science. Logan, Utah, Utah State University.
- ADACHI, I., KUSUDA, S., KAWAI, H., *et al.* (2011) Fecal progesteragens to detect and monitor pregnancy in captive female cheetahs (*Acinonyx jubatus*). *The Journal of Reproduction and Development* vol. 57, n° 2, p. 262-266. [<https://doi.org/10.1262/jrd.10-057t>]
- AHLBORN, G.G., JACKSON, R.M. (1988) Marking in free-ranging snow leopards in west Nepal: a preliminary assessment. *In Proceedings of the Fifth International Snow Leopard Symposium*. Srinagar, IN, 13-15 October 1986, Seattle, Washington, ISLT, p. 25-49.
- ALI, A., AZAM, S.M., IQBAL, K.J., *et al.* (2017) Breeding and Mortality of Royal Bengal Tiger (*Panthera tigris tigris* Linnaeus 1758) at Bahawalpur Zoo, Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* vol. 49, n° 4, p. 1499-1502. [<https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.4.sc1>]
- ALLEN BIN CZIK, G., REINDL, N.J., TAYLOR, R., *et al.* (1987) A Neonatal Growth Model for Captive Amur Tigers. *In* Tilson, Ronald L., Seal, Ulysses S. (Éds.), *Tigers of the World: The Biology, Biopolitics, Management, and Conservation of an Endangered Species, Animal Behavior, Ecology, Conservation, and Management*. Park Ridge, N.J., U.S.A, Noyes Publications, p. 167-170.
- ALLEN, M.L., WITTMER, H.U., HOUGHTALING, P., *et al.* (2015) The Role of Scent Marking in Mate Selection by Female Pumas (*Puma concolor*). *PloS One* vol. 10, n° 10, p. e0139087. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139087>]
- ALLEN, M.L., WITTMER, H.U., SETIAWAN, E., *et al.* (2016) Scent marking in Sunda clouded leopards (*Neofelis diardi*): novel observations close a key gap in understanding felid communication behaviours. *Scientific Reports* vol. 6, n° 1, p. 35433. [<https://doi.org/10.1038/srep35433>]
- ALLEN, M.L., WITTMER, H.U., WILMERS, C.C. (2014) Puma communication behaviours: understanding functional use and variation among sex and age classes. *Behaviour* vol. 151, n° 6,

p. 819-840. [<https://doi.org/10.1163/1568539X-00003173>]

ALLWIN, B., PA, K. (2016) The Reproductive Behavior of Indian Leopards (*Panthera pardus fusca*). *Journal of Veterinary Science & Technology* vol. 7, n° 5, p. 358. [<https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000358>]

ALVES, S.E., JOYNER, P.H., AITKEN-PALMER, C., *et al.* (2018) Full-term pregnancy with vaginal birth following dystocia and caesarean section in two cheetahs (*Acinonyx jubatus*). *Veterinary Record Case Reports* vol. 6, n° 2, p. e000582. [<https://doi.org/10.1136/vetreccr-2017-000582>]

ANDERSON, N. (2023) A 31-year retrospective analysis on breeding success and cub mortality of African lions [*Panthera Leo*] in the Australasian captive population. *Lupine Online Journal of Sicences* vol. 1, n° 2, p. 25-37. [<https://doi.org/LOJS.MS.ID.000106>]

ANDREWS, C.J., THOMAS, D.G., WELCH, M.V., *et al.* (2020) Monitoring ovarian function and detecting pregnancy in felids: A review. *Theriogenology* vol. 157, p. 245-253. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.06.036>]

ANDREWS, C.J., THOMAS, D.G., YAPURA, J., *et al.* (2019) Reproductive biology of the 38 extant felid species: a review. *Mammal Review* vol. 49, n° 1, p. 16-30. [<https://doi.org/10.1111/mam.12145>]

ANIMAL PROGRAMS DATABASE (2024) Animal programs. *In Animal Programs Database* [<https://ams.aza.org/eweb/DynamicPage.aspx?Site=AZA&WebKey=2b7e3aaf-dc68-49da-ab2e-0dc83ef91a5d&FromSearchControl=Yes>] (consulté le 12/10/2023)

APPEL, M.J.G., YATES, R.A., FOLEY, G.L., *et al.* (1994) Canine Distemper Epizootic in Lions, Tigers, and Leopards in North America. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* vol. 6, n° 3, p. 277-288. [<https://doi.org/10.1177/104063879400600301>]

ARMSTRONG, D.L., CRICHTON, E.G., DANKOF, S.M., *et al.* (2004) Ovarian stimulation, laparoscopic oocyte retrieval, IVF and blastocyst production using sequential media in the african lion (*Panthera leo*). *Reproduction, Fertility and Development* vol. 16, n° 2, p. 221. [<https://doi.org/10.1071/RDv16n1Ab200>]

ASA, C., BOUTELLE, S., BAUMAN, K. (2012) AZA Wildlife Contraception Center Programme for Wild Felids and Canids. *Reproduction in Domestic Animals* vol. 47, p. 377-380. [<https://doi.org/10.1111/rda.12004>]

ASA, C.S., JUNGE, R.E., BIRCHER, J.S., *et al.* (1992) Assessing reproductive cycles and pregnancy in cheetahs (*Acinonyx jubatus*) by vaginal cytology. *Zoo Biology* vol. 11, n° 3, p. 139-151. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430110303>]

ASA, C.S., TRAYLOR-HOLZER, K., LACY, R.C. (2011) Can conservation-breeding programmes be improved by incorporating mate choice? *International Zoo Yearbook* vol. 45, n° 1, p. 203-212. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.2010.00123.x>]

AUGUSTUS, P., CASAVANT, K., TROXEL, N., *et al.* (2006) Reproductive life history of South African cheetahs (*Acinonyx jubatus jubatus*) at the San Diego Zoo Wild Animal Park, 1970–2005. *Zoo Biology* vol. 25, n° 5, p. 383-390. [<https://doi.org/10.1002/zoo.20097>]

AZA JAGUAR SPECIES SURVIVAL PLAN (2016) Jaguar Care Manual. Silver Spring, MD,

Association of Zoos and Aquariums. [https://assets.speakcdn.com/assets/2332/jaguar_care_manual_2016.pdf] (consulté le 14/03/2023)

AZA LION SPECIES SURVIVAL PLAN (2012) Lion Care Manual. Silver Spring, MD, Association of Zoos and Aquariums. [https://bigcatrescue.org/wp-content/uploads/2013/10/LionCareAZA.pdf] (consulté le 09/04/2023)

AZA TIGER SPECIES SURVIVAL PLAN (2016) Tiger Care Manual. Silver Spring, MD, Association of Zoos and Aquariums. [https://assets.speakcdn.com/assets/2332/tiger_care_manual_2016.pdf] (consulté le 28/03/2022)

BAKER JR., W.K. (2003a) Natural History, Behavior, and Social Organization. In Law, C. (Éd.), *Guidelines for Captive Management of Jaguars*. Elmwood Park Zoo, Jaguar Species Survival Plan, p. 8-16.

BAKER JR., W.K. (2003b) Captive Management. In Law, C. (Éd.), *Guidelines for Captive Management of Jaguars*. Elmwood Park Zoo, Jaguar Species Survival Plan, p. 17-23.

BAKER, R. (2006) Husbandry Guidelines For The Tiger. Husbandry guidelines. Western Institute of Sydney. [https://aszk.org.au/wp-content/uploads/2020/05/Mammals.-Tiger-2008RB.pdf] (consulté le 28/02/2022)

BALME, G., BATCHELOR, A., BRITZ, N., *et al.* (2013) Reproductive success of female leopards *Panthera pardus*: The importance of top-down processes. *Mammal Review* vol. 43, p. 221-237. [https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2012.00219.x]

BALME, G., HUNTER, L., BRITZ, N.D.W. (2012) A Case of Offspring Adoption in Leopards, *Panthera pardus*. *South African Journal of Wildlife Research* vol. 42, n° 1, p. 63-66. [https://doi.org/10.3957/056.042.0101]

BALME, G.A., HUNTER, L.T.B. (2013) Why leopards commit infanticide. *Animal Behaviour* vol. 86, n° 4, p. 791-799. [https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.07.019]

BALME, G.A., SLOTOW, R., HUNTER, L.T.B. (2009) Impact of conservation interventions on the dynamics and persistence of a persecuted leopard (*Panthera pardus*) population. *Biological Conservation* vol. 142, n° 11, p. 2681-2690. [https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.06.020]

BARNES, S.A., ANDREW TEARE, J., STAADEN, S., *et al.* (2016) Characterization and manipulation of reproductive cycles in the jaguar (*Panthera onca*). *General and Comparative Endocrinology* vol. 225, p. 95-103. [https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2015.09.012]

BARNETT, R., YAMAGUCHI, N., SHAPIRO, B., *et al.* (2014) Revealing the maternal demographic history of *Panthera leo* using ancient DNA and a spatially explicit genealogical analysis. *BMC Evolutionary Biology* vol. 14, n° 1, p. 70. [https://doi.org/10.1186/1471-2148-14-70]

BARONE, M.A., ROELKE, M.E., HOWARD, J., *et al.* (1994) Reproductive Characteristics of Male Florida Panthers: Comparative Studies from Florida, Texas, Colorado, Latin America, and North American Zoos. *Journal of Mammalogy* vol. 75, n° 1, p. 150-162. [https://doi.org/10.2307/1382247]

BARTAREAU, T.M. (2020) Reproductive Characteristics and Performance of the Florida Panther: A Retrospective Examination of Long-Term Data. *Journal of Fish and Wildlife Management* vol. 11, n° 2, p. 550-561. [https://doi.org/10.3996/JFWM-20-006]

BARTNICK, T.D., CUTHILL, M., CRAIGHEAD, D., *et al.* (2014) Apparent Adoption of Orphaned Cougars (*Puma concolor*) in Northwestern Wyoming. *Western North American Naturalist* vol. 74, n° 1, p. 133-137. [<https://doi.org/10.3398/064.074.0115>]

BAUER, H. (2008) Synthesis of threats, distribution and status of the Lion from the two Lion Conservation Strategies. In Croes, B., Buij, R., de Longh, H., *et al.* (Éds.), *Proceedings of an International Seminar on the Conservation of Small and Hidden Species*. Management and conservation of large carnivores in West and Central Africa, 15-16 Nov. 2006, Maroua, Cameroon, p. 13-28.

BAUER, H., CHAPRON, G., NOWELL, K., *et al.* (2015) Lion (*Panthera leo*) populations are declining rapidly across Africa, except in intensively managed areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* vol. 112, p. 1-6. [<https://doi.org/10.1073/pnas.1500664112>]

BAUER, H., NOWELL, K., SILLERO-ZUBIRI, C., *et al.* (2018) Lions in the modern arena of CITES. *Conservation Letters* vol. 11, n° 5, p. e12444. [<https://doi.org/10.1111/conl.12444>]

BAUER, H., PACKER, C., FUNSTON, P.F., *et al.* (2016) *Panthera leo*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. [<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T15951A107265605.en>] (consulté le 04/04/2023)

BAUMAN, K., BLUMER, E., CROSIER, A., *et al.* (2010) Global Cheetah Ex situ Planning: Linking Managed Populations Working Group. 2009 CBSG Annual Meeting, St. Louis, MO, USA. *CBSG News* vol. 21, n° 1, p. 1-4.

BEEKMAN, S.P.A., KEMP, B., LOUWMAN, H.C.M., *et al.* (1999) Analyses of factors influencing the birth weight and neonatal growth rate of Cheetah (*Acinonyx jubatus*) cubs. *Zoo Biology* vol. 18, n° 2, p. 129-139. [[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2361\(1999\)18:2<129::AID-ZOO4>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2361(1999)18:2<129::AID-ZOO4>3.0.CO;2-9)]

BEEKMAN, S.P.A., WIT, M.D., LOUWMAN, J., *et al.* (1997) Breeding and observations on the behaviour of Cheetah at Wassenaar Wildlife Breeding Centre. *International Zoo Yearbook* vol. 35, n° 1, p. 43-50.

BEIER, P. (1995) Dispersal of Juvenile Cougars in Fragmented Habitat. *The Journal of Wildlife Management* vol. 59, n° 2, p. 228. [<https://doi.org/10.2307/3808935>]

BEIER, P., BARRETT, R.H. (1993) The Cougar in the Santa Ana Mountain Range, California. Rapport final, Orange county cooperative mountain lion study. Berkeley CA, Department of Forestry and Resource Management, University of California.

BELL, K. (2005) Morbidity and Mortality in Hand-Reared Cheetah Cubs. *Animal keepers' forum* vol. 32, n° 7/8, p. 306-314. [http://www.catsg.org/cheetah/05_library/5_3_publications/B/Bell_2005_Mortality_in_hand_reared_cheetah_cubs.pdf]

BEN SHAUL, M. (1962) The composition of the milk of wild animals. *International Zoo Yearbook* vol. 4, n° 1, p. 333-334. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1963.tb03691.x>]

BENSON, J.F., LOTZ, M.A., JANSEN, D. (2008) Natal Den Selection by Florida Panthers. *The Journal of Wildlife Management* vol. 72, n° 2, p. 405-410.

- BENZON, T.A., SMITH, R.F. (1977) A technique for propagating cheetahs. In Eaton, R.L. (Éd.), *The World's Cats: Contributions to Breeding: Biology, Behavior and Husbandry; Proceedings of the Third International Symposium on the World's Cats, The World's Cats*. Seattle, Wash, Carnivore Research Institute, Burke Museum, University of Washington, p. 81-97.
- BENZON, T.A., SMITH, R.F. (1975) A case of programmed cheetah breeding. *International Zoo Yearbook* vol. 15, n° 1, p. 154-157. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1975.tb01384.x>]
- BERNAL-ESCOBAR, A., PAYAN, E., CORDOVEZ, J.M. (2015) Sex dependent spatially explicit stochastic dispersal modeling as a framework for the study of jaguar conservation and management in South America. *Ecological Modelling* vol. 299, p. 40-50. [<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.12.002>]
- BERRY, A. (2011) Maternal behavior of tigers: time allocation in a mother tiger. Thèse d'honneur. Muncie, Indiana, Ball state university.
- BERRY, H., BUSH, M., DAVIDSON, B., *et al.* (1997) Population and Habitat Viability Assessment for the Namibian Cheetah (*Acinonyx jubatus*) and Lion (*Panthera leo*). Workshop Report. Apple Valley, MN, UCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group.
- BERTRAM, B.C.R. (1975a) The Social System of Lions. *Scientific American* vol. 232, n° 5, p. 54-65. [<https://doi.org/10.1038/scientificamerican0575-54>]
- BERTRAM, B.C.R. (1975b) Social factors influencing reproduction in wild lions. *Journal of Zoology* vol. 177, n° 4, p. 463-482. [<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1975.tb02246.x>]
- BERTSCHINGER, H.J., GUIMARÃES, M.A.D.B.V., TRIGG, T.E., *et al.* (2008a) The use of deslorelin implants for the long-term contraception of lionesses and tigers. *Wildlife Research* vol. 35, n° 6, p. 525. [<https://doi.org/10.1071/WR07141>]
- BERTSCHINGER, H.J., JAGO, M., NÖTHLING, J.O., *et al.* (2006) Repeated use of the GnRH analogue deslorelin to down-regulate reproduction in male cheetahs (*Acinonyx jubatus*). *Theriogenology* vol. 66, n° 6-7, p. 1762-1767. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.01.040>]
- BERTSCHINGER, H.J., MELTZER, D., VAN DYK, A. (2008b) Captive Breeding of Cheetahs in South Africa 30 Years of Data from the de Wildt Cheetah and Wildlife Centre. *Reproduction in Domestic Animals* vol. 43, Suppl. 2, p. 66-73. [<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01144.x>]
- BERTSCHINGER, H.J., TRIGG, T.E., JOCHLE, W., *et al.* (2002) Induction of contraception in some African wild carnivores by downregulation of LH and FSH secretion using the GnRH analogue deslorelin. *Reproduction* Suppl 60, p. 41-52.
- BIDDLE, R. (2022) Jaguar (*Panthera onca*), EAZA Best Practice Guidelines. Chester Zoo, EAZA.
- BIRCHER, J.S., NOBLE, G.A. (1997) Management of Cheetah *Acinonyx jubatus* at Saint Louis Zoological Park. *International Zoo Yearbook* vol. 35, n° 1, p. 51-58. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1997.tb01188.x>]
- BISSETT, C., BERNARD, R.T.F. (2011) Demography of Cheetahs in Fenced Reserves in South Africa: Implications for Conservation. *South African Journal of Wildlife Research* vol. 41, n° 2, p. 181-191. [<https://doi.org/10.3957/056.041.0205>]

- BLOMQVIST, L. (2008) International Pedigree Book for Snow leopards, *Uncia uncia*. Helsinki, Finlande, Helsinki zoo.
- BLOMQVIST, L. (1995) Three decades of Snow leopards *Panthera uncia* in captivity. *International Zoo Yearbook* vol. 34, n° 1, p. 178-185. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1995.tb00677.x>]
- BLOMQVIST, L., SLIWA, A. (2016) Role of Zoos in Snow Leopard Conservation: Management of Captive Snow Leopards in the EAZA Region. In McCarthy, T., Mallon, D. (Éds.), *Snow Leopards*. Cambridge, Academic Press, p. 293-300. [<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00021-3>]
- BONIER, F., QUIGLEY, H., AUSTAD, S.N. (2004) A technique for non-invasively detecting stress response in cougars. *Wildlife Society Bulletin* vol. 32, n° 3, p. 711-717. [[https://doi.org/10.2193/0091-7648\(2004\)032\[0711:ATFNDS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0091-7648(2004)032[0711:ATFNDS]2.0.CO;2)]
- BONNEY, R.C., MOORE, H.D., JONES, D.M. (1981) Plasma concentrations of oestradiol-17 beta and progesterone, and laparoscopic observations of the ovary in the puma (*Felis concolor*) during oestrus, pseudopregnancy and pregnancy. *Journal of Reproduction and Fertility* vol. 63, n° 2, p. 523-531. [<https://doi.org/10.1530/jrf.0.0630523>]
- BORQUE, C., PEREZ-GARNELO, S.S., LOPEZ, M., *et al.* (2005) Validating a commercially available enzyme immunoassay for the determination of 17 β -estradiol dans progestogens in the feces of cheetahs (*Acinonyx jubatus*): a case report. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* vol. 36, n° 1, p. 54-61. [<https://doi.org/10.1638/03-068>]
- BOTHMA, J. du P., COERTZE (2004) Scent marking frequency on southern Kalahari leopard. *South African Journal of Wildlife Research* vol. 34, n° 2, p. 163-169.
- BOTHMA, J. du P., LE RICHE, E.A.N. (1995) Evidence of the use of rubbing, scent-marking and scratching-posts by Kalahari leopards. *Journal of Arid Environments* vol. 29, n° 4, p. 511-517. [[https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(95\)80023-9](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(95)80023-9)]
- BOTHMA, J. du P., LE RICHE, E.A.N. (1984) Aspects of the ecology and the behaviour of the Leopard *Panthera pardus* in the Kalahari desert. *Koedoe* vol. 27, n° 2, p. 259-279. [<https://doi.org/10.4102/koedoe.v27i2.585>]
- BRAND, D.J. (1980) Captive propagation at the National Zoological Gardens of South Africa, Pretoria. *International Zoo Yearbook* vol. 20, n° 1, p. 107-112. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1980.tb00952.x>]
- BRAND, D.J. (1963) Records of mammals bred in the national zoological gardens of South Africa during the period 1908 to 1960. *Proceedings of the Zoological Society of London* vol. 140, n° 4, p. 617-659. [<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1963.tb01991.x>]
- BREITENMOSER, U., MALLON, D.P., AHMAD KHAN, J., *et al.* (2023) *Panthera leo* ssp. *persica*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2023* n° e.T247279613A247284471, p. 1-12. [<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20231.RLTS.T247279613A247284471.en>] (consulté le 12/03/2024)
- BROWN, J.L. (2011) Female reproductive cycles of wild female felids. *Animal Reproduction Science*, Special Issue: Reproductive Cycles of Animals vol. 124, n° 3, p. 155-162. [<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.024>]

- BROWN, J.L. (2006) Comparative endocrinology of domestic and nondomestic felids. *Theriogenology* vol. 66, n° 1, p. 25-36. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.03.011>]
- BROWN, J.L., WASSER, S.K., HOWARD, J., *et al.* (1993) Development and utility of fecal progesterone analysis to assess reproductive status in felids. *Annual Proceedings American Association of Zoo Veterinarians* p. 237-239.
- BROWN, J.L., WASSER, S.K., WILDT, D.E., *et al.* (1994) Comparative aspects of steroid hormone metabolism and ovarian activity in felids, measured noninvasively in feces. *Biology of Reproduction* vol. 51, n° 4, p. 776-786. [<https://doi.org/10.1095/biolreprod51.4.776>]
- BROWN, J.L., WILDT, D.E. (1997) Assessing reproductive status in wild felids by noninvasive faecal steroid monitoring. *International Zoo Yearbook* vol. 35, n° 1, p. 173-191. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1997.tb01208.x>]
- BROWN, J.L., WILDT, D.E., GRAHAM, L.H., *et al.* (1995) Natural versus chorionic gonadotropin-induced ovarian responses in the clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) assessed by fecal steroid analysis. *Biology of Reproduction* vol. 53, n° 1, p. 93-102. [<https://doi.org/10.1095/biolreprod53.1.93>]
- BROWN, J.L., WILDT, D.E., WIELEBNOWSKI, N., *et al.* (1996) Reproductive activity in captive female cheetahs (*Acinonyx jubatus*) assessed by faecal steroids. *Journal of Reproduction and Fertility* vol. 106, n° 2, p. 337-346. [<https://doi.org/10.1530/jrf.0.1060337>]
- BRUNBÄCK, M.P. (2015) Problem med att hålla snöleopard (*Panthera uncia*) i fångenskap. Thèse de médecine vétérinaire. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences.
- BUCKLEY-BEASON, V.A., JOHNSON, W.E., NASH, W.G., *et al.* (2006) Molecular Evidence for Species-Level Distinctions in Clouded Leopards. *Current Biology* vol. 16, n° 23, p. 2371-2376. [<https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.08.066>]
- BYERS, A.P., HUNTER, A.G., SEAL, U.S., *et al.* (1990) Effect of season on seminal traits and serum hormone concentrations in captive male Siberian tigers (*Panthera tigris*). *Reproduction* vol. 90, n° 1, p. 119-125. [<https://doi.org/10.1530/jrf.0.0900119>]
- BYRON, M.J., KOESTER, D.C., EDWARDS, K.L., *et al.* (2020) Immunoglobulin J chain as a non-invasive indicator of pregnancy in the cheetah (*Acinonyx jubatus*). *PloS One* vol. 15, n° 2, p. e0225354. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225354>]
- CALLEALTA, I., GANSWINDT, A., GONCALVES, S., *et al.* (2018) Detection of *Simonsiella* spp. in the Vagina of Lions and Leopard in Oestrus. *Reproduction in Domestic Animals* vol. 53, n° 6, p. 1605-1608. [<https://doi.org/10.1111/rda.13298>]
- CALLEALTA, I., GANSWINDT, A., LUEDERS, I. (2020) Reproductive cycle stage assessment using vaginal cytology evaluation in African lions (*Panthera leo*). *Animal Reproduction Science* vol. 213, p. 106260. [<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106260>]
- CALLEALTA, I., GANSWINDT, A., MALAN, M., *et al.* (2019) Non-surgical artificial insemination using a GnRH analogue for ovulation induction during natural oestrus in African lions (*Panthera leo*). *Theriogenology* vol. 139, p. 28-35. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.07.022>]
- CALVIN, L.O. (1969) A brief note on the birth of Snow leopards *Panthera uncia* at Dallas Zoo.

International Zoo Yearbook vol. 9, n° 1, p. 96-96. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1969.tb02638.x>]

CAN, Ö.E., YADAV, B.P., JOHNSON, P.J., *et al.* (2020) Factors affecting the occurrence and activity of clouded leopards, common leopards and leopard cats in the Himalayas. *Biodiversity and Conservation* vol. 29, n° 3, p. 839-851. [<https://doi.org/10.1007/s10531-019-01912-7>]

CARLSTEAD, K., BROWN, J.L., MONFORT, S.L., *et al.* (1992) Urinary monitoring of adrenal responses to psychological stressors in domestic and nondomestic felids. *Zoo Biology* vol. 11, n° 3, p. 165-176. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430110305>]

CARLSTEAD, K., SLIEPHERDSON, D. (1994) Effects of Environmental Enrichment on Reproduction. *Zoo Biology* vol. 13, p. 447-458.

CARO, T., COLLINS, A. (1986) Male cheetah of the Serengeti. *National Geographic Research* n° 2, p. 75-86.

CARO, T.M. (1994) Cheetahs of the Serengeti Plains: group living in an asocial species, Wildlife behavior and ecology. Chicago, University of Chicago Press.

CARO, T.M. (1993) Behavioral solutions to breeding cheetahs in captivity: Insights from the wild. *Zoo Biology* vol. 12, n° 1, p. 19-30. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430120105>]

CARO, T.M., COLLINS, D.A. (1987) Male Cheetah Social Organization and Territoriality. *Ethology* vol. 74, n° 1, p. 52-64. [<https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1987.tb00921.x>]

CARO, T.M., LAURENSEN, M.K. (1990) Serengeti Cheetah Project preliminary report. In Huish, S.A., Campbell, K.L.I. (Éds.), *Serengeti wildlife research center biennial report of scientific results for 1988 and 1989*. Arusha, Tanzania, Serengeti wildlife research center, p. 33-39.

CARRILLO, E., SAENZ, J., FULLER, T. (2009) Interbirth interval of a free-ranging jaguar. *Mammalian Biology* vol. 74, n° 4, p. 319-320. [<https://doi.org/10.1016/j.mambio.2009.02.005>]

CARVALHO, C.T.D. (1968) Comparative growth rates of hand-reared big cats. *International Zoo Yearbook* vol. 8, n° 1, p. 56-59. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1968.tb00436.x>]

CASSARO, K., OLIVEIRA, T.G. de (1999) Guia de Identificação dos Felinos Brasileiros, 2^{ème} édition. São Paulo, Sociedade de zoológicos do brasil.

CASTRO-PRIETO, A., WACHTER, B., SOMMER, S. (2011) Cheetah Paradigm Revisited: MHC Diversity in the World's Largest Free-Ranging Population. *Molecular Biology and Evolution* vol. 28, n° 4, p. 1455-1468. [<https://doi.org/10.1093/molbev/msq330>]

CAVALCANTI, S.M.C., GESE, E.M. (2009) Spatial Ecology and Social Interactions of Jaguars (*Panthera Onca*) in the Southern Pantanal, Brazil. *Journal of Mammalogy* vol. 90, n° 4, p. 935-945. [<https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-188.1>]

CENTRAL ZOO AUTHORITY (2022) National Studbook of Snow Leopard (*Panthera uncia*), IV. New Delhi. [https://cza.nic.in/uploads/documents/studbooks/english/snow_leopard_2.pdf] (consulté le 05/03/2023)

CHADWICK, C.L. (2014) Social behaviour and personality assesement as a tool for improving the

management of cheetahs (*Acinonyx jubatus*) in captivity. Doctor of Philosophy. University of Salford, UK, School of Environment and Life Sciences.

CHADWICK, C.L., REES, P.A., STEVENS-WOOD, B. (2013) Captive-housed male cheetahs (*Acinonyx jubatus soemmeringii*) form naturalistic coalitions: Measuring associations and calculating chance encounters: Coalition Behavior of Male Cheetahs. *Zoo Biology* vol. 32, n° 5, p. 518-527. [<https://doi.org/10.1002/zoo.21085>]

CHARDONNET, Ph., JORI, F., GAIDET (2000) Le conflit homme/jaguar au Pantanal brésilien. Rapport Cirad n° 056-00. Montpellier, CIRAD-EMVT. [<https://agritrop.cirad.fr/478216/1/ID478216.pdf>] (consulté le 19/12/2023)

CHRISTIANSEN, P. (2008) Species Distinction and Evolutionary Differences in the Clouded Leopard (*Neofelis nebulosa*) and Diard's Clouded Leopard (*Neofelis diardi*). *Journal of Mammalogy* vol. 89, n° 6, p. 1435-1446. [<https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-013.1>]

CHUNDAWAT, R.S., GOGATE, N., MALIK, P.K. (2005) Understanding Tiger Ecology in the Tropical Dry Forest of Panna Tiger Reserve. UK, Global Tiger Patrol, UK, National Fish and Wildlife Foundation, Wildlife Institute of India, Wildlife Conservation Society.

CITES (2023) Annexes I, II et III. *Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction* [<https://cites.org/sites/default/files/fra/app/2023/F-Appendices-2023-11-25.pdf>] (consulté le 04/03/2024).

COOLEY, H.S., WIELGUS, R.B., KOEHLER, G., *et al.* (2009) Source populations in carnivore management: cougar demography and emigration in a lightly hunted population. *Animal Conservation* vol. 12, n° 4, p. 321-328. [<https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2009.00256.x>]

COQUEMPOT, P., LINDEN, A., VOLPE, R., *et al.* (2014) État des connaissances sur la physiologie de la reproduction des grands félins sauvages, sa maîtrise, et les techniques de reproduction assistée. *Annale de Médecine Vétérinaire* vol. 158, n° 2, p. 109-120.

CORNER, S., PARYS, M., AGNEW, D., *et al.* (2015) Ovarian adenocarcinoma in captive north american jaguars (*Panthera onca*): tumor characterization and investigation of BRCA1 mutations. Proceedings Annual Conference AAZV, Portland, Oregon, September 26 – 2 October 2015, Yulee, Florida, Association of Zoos and Aquariums, p. 144-145.

COWL, V., BERTSCHINGER, H.J. (2019) Animal name: Snow leopard (*Uncia uncia*). *EAZA Group on Zoo Animal Contraception (EGZAC)*. [<https://www.zoocontraceptiondata.org/home/viewdocument?filename=EAZA%20RMG%20Snow%20leopard%20contraceptive%20guideline%202019.pdf>] (consulté le 15/03/2024)

CRANDALL, L.S. (1964) The management of wild mammals in captivity. Chicago, University of Chicago Press.

CRAWSHAW JR., P.G. (1995) Comparative ecology of ocelot (*Felis pardalis*) and jaguar (*Panthera onca*) in a protected subtropical forest in Brazil and Argentina. Doctor of Philosophy. University of Florida, Graduate School of the University of Florida.

CROSIER, A.E., COMIZZOLI, P., KOESTER, D.C., *et al.* (2017) Circumventing the natural, frequent oestrogen waves of the female cheetah (*Acinonyx jubatus*) using oral progestin

- (Altrenogest). *Reproduction, Fertility and Development* vol. 29, n° 8, p. 1486. [https://doi.org/10.1071/RD16007]
- CROSIER, A.E., MARKER, L., HOWARD, J., *et al.* (2007) Ejaculate traits in the Namibian cheetah (*Acinonyx jubatus*): influence of age, season and captivity. *Reproduction, Fertility and Development* vol. 19, n° 2, p. 370-382. [https://doi.org/10.1071/RD06057]
- CROSIER, A.E., WACHTER, B., SCHULMAN, M., *et al.* (2018) Reproductive Physiology of the Cheetah and Assisted Reproductive Techniques. In *Cheetahs: Biology and Conservation*. Amsterdam, Elsevier, p. 385-402. [https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804088-1.00027-7]
- CUAUHTÉMOC CHÁVEZ TOVAR, J. (2005) Puma concolor (Linnaeus, 1771). In Ceballos, G., Oliva, G. (Éds.), *Los mamíferos silvestres de México, Sección de obras de ciencia y tecnología*. México, D.F, Fondo de Cultura Económica, p. 364-367.
- CULVER, M. (2000) Genomic ancestry of the American puma (*Puma concolor*). *Journal of Heredity* vol. 91, n° 3, p. 186-197. [https://doi.org/10.1093/jhered/91.3.186]
- CUNNINGHAM, P., GROSS, C. (2000) Reproduction and development of the Arabian Leopard, *Panthera pardus nimr*, in captivity. *Zoology in the Middle East* vol. 20, n° 1, p. 9-14. [https://doi.org/10.1080/09397140.2000.10637805]
- CURRIER, M.J.P. (1983) *Felis concolor*. *Mammalian Species* n° 200, p. 1-7.
- CZEKALA, N.M., DURRANT, B.S., CALLISON, L., *et al.* (1994) Fecal steroid hormone analysis as an indicator of reproductive function in the cheetah. *Zoo Biology* vol. 13, n° 2, p. 119-128. [https://doi.org/10.1002/zoo.1430130204]
- DAIGLE, C., BROWN, J., CARLSTEAD, K., *et al.* (2015) Multi-institutional survey of social, management, husbandry and environmental factors for the SSP African lion *Panthera leo* population: examining the effects of a breeding moratorium in relation to reproductive success: Multi-Institutional Survey: African Lion SSP Population. *International Zoo Yearbook* vol. 49, n° 1, p. 198-213. [https://doi.org/10.1111/izy.12073]
- DARESTANI FARAHANI, M., ABARKAR, M., FARHOODI MOGHADAM, M., *et al.* (2023) Dystocia and Cesarean Section in a Lioness (*Panthera leo*). *Iranian Journal of Veterinary Surgery* n° Online First, p. 69-72. [https://doi.org/10.30500/ivsa.2023.398008.1350]
- DAS, A.K. (1980) Observations on the reproductive behaviour of the tiger, *Panthera tigris tigris* linn., in captivity. *Journal of Bombay Natural History Society* vol. 77, n° 2, p. 153-260.
- DE LA TORRE, J.A., GONZÁLEZ-MAYA, J.F., ZARZA, H., *et al.* (2018) The jaguar's spots are darker than they appear: assessing the global conservation status of the jaguar *Panthera onca*. *Oryx* vol. 52, n° 2, p. 300-315. [https://doi.org/10.1017/S0030605316001046]
- DE ROUCK, M., KITCHENER, A., LAW, G., *et al.* (2005) A comparative study of the influence of social housing conditions on the behaviour of captive tigers (*Panthera tigris*). *Animal Welfare* vol. 14, n° 3, p. 229-238. [https://doi.org/10.1017/S0962728600029390]
- DE WAAL, H.O., OSTHOFF, G., HUGO, A., *et al.* (2004) The composition of African lion (*Panthera leo*) milk collected a few days postpartum. *Mammalian Biology* vol. 69, n° 6, p. 375-383. [https://doi.org/10.1078/1616-5047-00159]

- DEBELMAS, M., BRIAND, L., GUINTARD, C., *et al.* (2011) Le guépard : aspects d'anatomie et de reproduction. Thèse de médecine vétérinaire. Nantes, Oniris - Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes Atlantique.
- DECALUWE, H.B. (2012) Characterization and control of aggression and reproduction in the male clouded leopard (*Neofelis nebulosa*). Doctor of Philosophy. Maryland, Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park.
- DECALUWE, H.B., WIELEBNOWSKI, N.C., HOWARD, J., *et al.* (2013) Behavioral reactions relate to adrenal activity and temperament in male clouded leopards (*Neofelis nebulosa*). *Applied Animal Behaviour Science* vol. 149, n° 1, p. 63-71. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.09.008>]
- DEGENAAR, J.P.P. (1977) Aspects of reproduction in captive cheetah *Acinonyx jubatus* (schreber 1776). MSC thesis. University of Pretoria.
- DE HAAS VAN DORSSER, F.J., GREEN, D.I., HOLT, W.V., *et al.* (2007) Ovarian activity in Arabian leopards (*Panthera pardus nimr*): sexual behaviour and faecal steroid monitoring during the follicular cycle, mating and pregnancy. *Reproduction, Fertility and Development* vol. 19, n° 7, p. 822-830. [<https://doi.org/10.1071/RD07053>]
- DE HAAS VAN DORSSER, F.J., STRICK, J.A. (2005) Semen characteristics and sperm morphology in the Arabian leopard (*Panthera pardus nimr*) and how these vary with age and season. *Reproduction, Fertility and Development* vol. 17, n° 7, p. 675-682. [<https://doi.org/10.1071/RD05052>]
- DE HAAS VAN DORSSER, F.J., SWANSON, W.F., LASANO, S., *et al.* (2006) Development, Validation, and Application of a Urinary Relaxin Radioimmunoassay for the Diagnosis and Monitoring of Pregnancy in Felids. *Biology of Reproduction* vol. 74, n° 6, p. 1090-1095. [<https://doi.org/10.1095/biolreprod.105.050146>]
- DEHNHARD, M., FINKENWIRTH, C., CROSIER, A., *et al.* (2012) Using PGFM (13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F2 α) as a non-invasive pregnancy marker for felids. *Theriogenology* vol. 77, n° 6, p. 1088-1099. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.10.011>]
- DEHNHARD, M., KUMAR, V., CHANDRASEKHAR, M., *et al.* (2015) Non-Invasive Pregnancy Diagnosis in Big Cats using the PGFM (13,14-dihydro-15-keto-PGF2 α) Assay. *PLoS One* vol. 10, n° 12, p. e0143958. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143958>]
- DESAI, J.H. (1976) Observations on the Reproductive Biology and Early Postnatal Development of the Panther, *Panthera Pardus* L., in Captivity. *The Journal of the Bombay Natural History Society*. vol. 72, p. 293-304.
- DESIMONE, R., ROBINSON, H.S. (2011) The Garnet Range Mountain Lion Study : Characteristics of a Hunted Population in West-Central Montana. Rapport final n° Project W-154-R. Helena, Montana, Montana Department of Fish Wildlife and Parks, Wildlife Bureau.
- DHOOT, V.M., UPADHYE, S.V., PANDE, M.R. (2000) Successful handrearing of a Leopard cub at Maharajbag Zoo. *Zoos' Print Journal* vol. 15, n° 8, p. 314-316. [<https://doi.org/10.11609/JoTT.ZPJ.15.8.314-6>]
- DONOGHUE, A.M., BYERS, A.P., JOHNSTON, L.A., *et al.* (1996) Timing of ovulation after

gonadotrophin induction and its importance to successful intrauterine insemination in the tiger (*Panthera tigris*). *Reproduction* vol. 107, n° 1, p. 53-58. [<https://doi.org/10.1530/jrf.0.1070053>]

DONOGHUE, A.M., JOHNSTON, L.A., ARMSTRONG, D.L., *et al.* (1993) Birth of a siberian tiger cub (*Panthera tigris altaica*) following laparoscopic intrauterine artificial insemination. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* vol. 24, n° 2, p. 185-189.

DRUCE, D., GENIS, H., BRAAK, J., *et al.* (2004) Population demography and spatial ecology of a reintroduced lion population in the Greater Makalali Conservancy, South Africa. *Koedoe* vol. 47, n° 1, p. 103-118. [<https://doi.org/10.4102/koedoe.v47i1.64>]

DUQUE-CORREA, M.J., BIDDLE, R., PATTERSON, S., *et al.* (2022) Retrospective study of captive jaguar *Panthera onca* mortality in the European breeding population from 1998 to 2018. *Journal of Zoo and Aquarium Research* vol. 10, n° 2, p. 66-73. [<https://doi.org/10.19227/jzar.v10i2.595>]

DURANT, S.M. (2004) Factors affecting life and death in Serengeti cheetahs: environment, age, and sociality. *Behavioral Ecology* vol. 15, n° 1, p. 11-22. [<https://doi.org/10.1093/beheco/arg098>]

DURANT, S.M., DICKMAN, A.J., MADDOX, T., *et al.* (2010) Past, present, and future of cheetahs in Tanzania: their behavioural ecology and conservation. In Macdonald, D.W., Loveridge, A.J. (Éds.), *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford, Oxford University Press, p. 373-382.

DURANT, S.M., GROOM, R., IPAVEC, A., *et al.* (2022) *Acinonyx jubatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2022. [<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T219A124366642.en>] (consulté le 05/04/2023)

DURANT, S.M., MITCHELL, N., GROOM, R., *et al.* (2017) The global decline of cheetah *Acinonyx jubatus* and what it means for conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* vol. 114, n° 3, p. 528-533. [<https://doi.org/10.1073/pnas.1611122114>]

EATON, R.L. (1978) Why Some Felids Copulate So Much: A Model for the Evolution of Copulation Frequency. In Eaton R.L., *Carnivorous Mammals Including Man, Carnivore*. Seattle, Wash, Inst, p. 42-51.

EATON, R.L. (1974) The cheetah: the biology, ecology, and behavior of an endangered species. Malabar, Fla., USA, R.E. Krieger.

EATON, R.L. (1971) The cheetah - fastest of the world's land animals is racing towards extinction. *African Wild Life* vol. 25, p. 123-128.

EATON, R.L. (1970) Notes on the reproductive biology of the cheetah. *International Zoo Yearbook* vol. 10, n° 1, p. 86-89. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1970.tb01290.x>]

EATON, R.L. (1969) The social life of the cheetah. *Animals* vol. 12, p. 172-175.

EATON, R.L., CRAIG, S.J. (1973) Captive Management and Mating Behavior of the Cheetah. In Eaton, R.L. (Éd.), *The World's Cats: The Proceedings of an International Symposium, Lion Country Safari, Laguna Hills, California, 15-17 March 1971*. Winston, Oregon, World Wildlife Safari, p. 217-254.

EATON, R.L., YORK, W. (1971) Reproductive biology and preliminary observations on mating

preferences in a captive lion population. In Lucas, J., Biegler, R. (Éds.), *International Zoo Yearbook*. London, Zoological Society of London.

EAZA (2017) EAZA breeding Programmes overview. *European Association of Zoos and Aquaria* [<https://www.eaza.net/assets/Uploads/201707-EAZA-Breeding-Programmes-Overview.pdf>] (consulté le 19/12/2023)

EAZA RMG (2024a) Contraception in Amur leopards (*Panthera pardus orientalis*). *EAZA Reproductive Management Group*. [<https://www.zoocontraceptiondata.org/home/viewdocument?filename=EAZA%20RMG%20Amur%20leopard%20contraception%20BPG%202021.pdf>] (consulté le 15/03/2024)

EAZA RMG (2024b) Jaguar Veterinary Guidelines Contraception. *EAZA Reproductive Management Group* p. 1-7. [<https://eazarmg.org/home/viewdocument?filename=EAZA%20RMG%20Jaguar%20Veterinary%20Guidelines%202019.pdf>] (consulté le 16/03/2024)

EAZA RMG (2024c) EAZA RMG contraception protocols in Amur tigers (*Panthera tigris altaica*). *EAZA Reproductive Management Group* p. 1. [<https://eazarmg.org/home/viewdocument?filename=EAZA%20RMG%20contraception%20guidelines%20for%20Amur%20tigers.pdf>] (consulté le 16/03/2024)

EDWARDS, K.L., EDES, A.N., BROWN, J.L. (2019) Stress, Well-Being and Reproductive Success. In Comizzoli, P., Brown, J.L., Holt, W.V. (Éd.), *Reproductive Sciences in Animal Conservation, Advances in Experimental Medicine and Biology*. Cham, Springer International Publishing, p. 91-162. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-23633-5_5]

EISENBERG, J.F., LOCKHART, M. (1972) The Leopard (*Panthera pardus*). In *An ecological reconnaissance of Wilpattu National Park, Ceylon, Smithsonian contributions to zoology*. City of Washington, Smithsonian Institution Press, p. 65-101.

ELBROCH, L.M., QUIGLEY, H. (2013) Observations of Wild Cougar (*Puma concolor*) Kittens with Live Prey: Implications for Learning and Survival. *The Canadian Field-Naturalist* vol. 126, n° 4, p. 333. [<https://doi.org/10.22621/cfn.v126i4.1380>]

ELOFF, F. (1973) Ecology and Behavior of the Kalahari Lion. In Eaton, R.L. (Éd.), *The World's Cats; the Proceedings of an International Symposium, Lion Country Safari, Laguna Hills, California, 15-17 March 1971*. Winston, Oregon, World Wildlife Safari, p. 90-126.

ELOFF, F.C. (1980) Cub mortality in the kalahari lion *Panthera leo vernayi*. *Koedoe* vol. 23, p. 163-170.

EMMONS, L.H. (1987) Comparative feeding ecology of felids in a neotropical rainforest. *Behavioral Ecology and Sociobiology* vol. 20, n° 4, p. 271-283. [<https://doi.org/10.1007/BF00292180>]

EWER, R.F. (1973) *The carnivores*. Ithaca, N.Y., Cornell University Press.

FARHADINIA, M.S., MAHDAVI, A., HOSSEINI-ZAVAREI, F. (2009) Reproductive ecology of the Persian Leopard, *Panthera pardus saxicolor*, in Sarigol National Park, northeastern Iran: (Mammalia: Felidae). *Zoology in the Middle East* vol. 48, n° 1, p. 13-16. [<https://doi.org/10.1080/09397140.2009.10638361>]

- FARRINGTON, J.D., LI, J. (2016) Climate Change Impacts on Snow Leopard Range. In McCarthy, T., Mallon, D., Nyhus, P.J. (Éds.), *Snow Leopards, Biodiversity of the World: Conservation from Genes to Landscapes*. London, Academic Press, p. 85-95. [<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00008-0>]
- FAZIO, J.M. (2010) Behavioral assessment of the clouded leopard (*Neofelis nebulosa*): a comparative analysis of reproductive success. Thèse de master de science. Fairfax, VA, George Mason University.
- FELLNER, K. (1965) Natural rearing of clouded leopards (*Neofelis nebulosa*) at Frankfurt zoo. *International Zoo Yearbook* vol. 5, n° 1, p. 111-113. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1965.tb01595.x>]
- FLETCHALL, NB. (2002) International studbook for the Clouded leopard (*Neofelis nebulosa*), 6th edition. Grand Rapids, Michigan, John Ball Zoological Garden.
- FLETCHALL, NB. (2000) Clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) Husbandry Guidelines. Grand Rapids, Michigan, John Ball Zoological Garden.
- FLORIO, P.L., SPINELLI, L. (1968) Second successful breeding of cheetahs *Acinonyx jubatus* in a private zoo. *International Zoo Yearbook : Canids and Felids in captivity* vol. 8, p. 76-78.
- FLORIO, P.L., SPINELLI, L. (1967) Successful breeding of a cheetah *Acinonyx jubatus* in a private zoo. *International Zoo Yearbook* vol. 7, n° 1, p. 150-152. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1967.tb00357.x>]
- FONTAINE, P.A. (1965) Breeding clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) at Dallas zoo. *International Zoo Yearbook* vol. 5, n° 1, p. 113-114. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1965.tb01596.x>]
- FONTBONNE, A., LÉVY, X., FONTAINE, E., *et al.* (2007) L'insémination artificielle chez les félidés. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* vol. 160, n° 2, p. 143-151. [<https://doi.org/10.4267/2042/47878>]
- FOSTER, J.W. (1977) The Induction of Estrus in the Cheetah. In Eaton R.L. (Éd.), *The World's Cats: Contributions to Breeding: Biology, Behavior and Husbandry; Proceedings of the Third International Symposium on the World's Cats, The World's Cats, Seattle, April 26-28, 1974*. University of Washington, Seattle, Carnivore Research Institute, Burke Museum, p. 101-110.
- FOWLER, M.E. (2001) *Biology, Medicine, and Surgery of South American Wild Animals: Fowler/Biology*. Ames, Iowa, USA, Iowa State University Press. [<https://doi.org/10.1002/9780470376980>]
- FOX, J.L., CHUNDAWAT, R.S. (2016) What is a Snow Leopard? Behavior and Ecology. In McCarthy, T., Mallon, D., Nyhus, P.J. (Éd.), *Snow Leopards, Biodiversity of the World: Conservation from Genes to Landscapes*. London, Academic Press, p. 13-21.
- FOX, J.L., SINHA, S.P., CHUNDAWAT, R.S., *et al.* (1991) Status of the snow leopard *Panthera uncia* in Northwest India. *Biological Conservation* vol. 55, n° 3, p. 283-298. [[https://doi.org/10.1016/0006-3207\(91\)90033-6](https://doi.org/10.1016/0006-3207(91)90033-6)]
- FRAME, G., FRAME, L. (1981) *Swift & enduring: cheetahs and wild dogs of the Serengeti*. New York, E.P. Dutton.

- FRAME, G.W. (1984) How cheetah cubs learn to hunt? *Swara* p. 8-9. [http://www.catsg.org/cheetah/05_library/5_3_publications/F/Frame_1984_How_cheetah_cubs_learn_to_hunt.pdf]
- FRANÇIS, C.M. (2008) A field guide to the mammals of South-East Asia. London, UK, New Holland.
- FRANK, J., SAFFOE, C. (2005) Breeding Management Strategy for Cheetahs at the Smithsonian's National Zoo. *Animal keepers' forum* vol. 32, n° 7/8, p. 393-397.
- FREEMAN, H. (1983) Behavior in adult pairs of captive snow leopards (*Panthera uncia*). *Zoo Biology* vol. 2, n° 1, p. 1-22. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430020102>]
- FREEMAN, H.E. (1975) A preliminary study of the behaviour of captive Snow leopards. *International Zoo Yearbook* vol. 15, n° 1, p. 217-222. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1975.tb01403.x>]
- FUNSTON, P.J., MILLS, M.G.L., RICHARDSON, P.R.K., *et al.* (2003) Reduced dispersal and opportunistic territory acquisition in male lions (*Panthera leo*). *Journal of Zoology* vol. 259, n° 2, p. 131-142. [<https://doi.org/10.1017/S0952836902003126>]
- GEHLOT, H.S., RATHORE, S.S., ADHIKARI, T., *et al.* (2020) Successful Hand Rearing of an Asiatic Lion Cub at Machia Biological Park, Jodhpur, Rajasthan. *Applied Ecology and Environmental Sciences* vol. 8, n° 3, p. 92-99. [<https://doi.org/10.12691/aees-8-3-4>]
- GEIDEL, B., GENSCH, W. (1976) The rearing of Clouded leopards in the presence of the male. *International Zoo Yearbook* vol. 16, n° 1, p. 124-126. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1976.tb00153.x>]
- GILBERT, D.A., PACKER, C., PUSEY, A.E., *et al.* (1991) Analytical DNA Fingerprinting in Lions: Parentage, Genetic Diversity, and Kinship. *Journal of Heredity* vol. 82, n° 5, p. 378-386. [<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a111107>]
- GONÇALVES, S. (2019) Correlation of Vaginal Cytology and Reproductive Tract Ultrasonography in Wild Felids for Oestrus Cycle Stage Determination. Thèse de médecine vétérinaire. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- GOODRICH, J.M., KERLEY, L.L., SMIRNOV, E.N., *et al.* (2008) Survival rates and causes of mortality of Amur tigers on and near the Sikhote-Alin Biosphere Zapovednik. *Journal of Zoology* vol. 276, n° 4, p. 323-329. [<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2008.00458.x>]
- GOODRICH, J.M., WIBISONO, H., MIQUELLE, D.G., *et al.* (2022) *Panthera tigris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2022. [<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T15955A214862019.en>] (consulté le 04/04/2023)
- GÖRITZ, F., PAINER, J., JEWGENOW, K., *et al.* (2012) Embryo Retrieval after Hormonal Treatment to Control Ovarian Function and Non-surgical Artificial Insemination in African Lions (*Panthera leo*). *Reproduction in domestic animals* vol. 47, Suppl 6, p. 156-60. [<https://doi.org/10.1111/rda.12026>]
- GOTTELLI, D., WANG, J., BASHIR, S., *et al.* (2007) Genetic analysis reveals promiscuity among female cheetahs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* vol. 274, n° 1621, p.

1993-2001. [<https://doi.org/10.1098/rspb.2007.0502>]

GRAHAM, L.H. (2006) Non-Invasive Monitoring of Reproduction in Zoo and Wildlife Species. *Annual Review of Biomedical Sciences* vol. 6, n° 0, p. 91-98. [<https://doi.org/10.5016/1806-8774.2004v6p91>]

GRAHAM, L.H., BYERS, A.P., ARMSTRONG, D.L., *et al.* (2006) Natural and gonadotropin-induced ovarian activity in tigers (*Panthera tigris*) assessed by fecal steroid analyses. *General and Comparative Endocrinology* vol. 147, n° 3, p. 362-370. [<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2006.02.008>]

GRAHAM, L.H., GOODROWE, K.L., RAESIDE, J.I., *et al.* (1995) Non-invasive monitoring of ovarian function in several felid species by measurement of fecal estradiol-17 β and progestins. *Zoo Biology* vol. 14, n° 3, p. 223-237. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430140304>]

GRANT, K. (2005) Hand-Rearing Cheetah Cubs: Milk Formula. *Animal keepers' forum* vol. 32, n° 7/8, p. 294-302.

GRASSMAN JR., L.I. (1999) Ecology and behavior of the indochinese leopard in Kaeng Krachan National Park, Thailand. *Natural History Bulletin of the Siam Society* vol. 47, p. 77-93.

GRASSMAN, L.I., TEWES, M.E., SILVY, N.J., *et al.* (2005) Ecology of three sympatric felids in a mixed evergreen forest in north-central Thailand. *Journal of Mammalogy* vol. 86, n° 1, p. 29-38. [[https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2005\)086<0029:EOTSFI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2005)086<0029:EOTSFI>2.0.CO;2)]

GRAY, T., BORAH, J., COUDRAT, C.N.Z., *et al.* (2021) *Neofelis nebulosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021. [<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-2.RLTS.T14519A198843258.en>] (consulté le 04/04/2023)

GROOT, E.M.E., STOUT, T.A.E., BERTSCHINGER, H.J., *et al.* (2013) Use of behavioural observations and faecal progesterone sampling to monitor reproductive cyclicity and pregnancy in captive South China tigers, with regard to breeding and rewilding. Master Thesis. Utrecht, The Netherlands, Utrecht University.

GRZIMEK, B. (2004) Grzimek's animal life encyclopedia, Mammals. 2nd Edition. Detroit, Michigan, Thomson Gale.

GU, J., GUO, Y., STOTT, P., *et al.* (2016) A comparison of reproductive parameters of female Amur tigers (*Panthera tigris altaica*) in the wild and captivity. *Integrative Zoology* vol. 11, n° 1, p. 33-39. [<https://doi.org/10.1111/1749-4877.12177>]

GUERRERO (1997) Animal Behavior Concerns & Solutions. *Animal keepers' forum* vol. 24, n° 6, p. 240-242.

GUGGISBERG, C.-A.W. (1975) Wild cats of the world. New York, Etats-Unis d'Amérique, Taplinger.

HAMPSON, M.C., SCHWITZER, C. (2016) Effects of Hand-Rearing on Reproductive Success in Captive Large Cats *Panthera tigris altaica*, *Uncia uncia*, *Acinonyx jubatus* and *Neofelis nebulosa*. *PLoS One* vol. 11, n° 5, p. e0155992. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155992>]

HANBY, J.P., BYGOTT, J.D. (1987) Emigration of subadult lions. *Animal Behaviour* vol. 35, n° 1, p.

161-169. [[https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(87\)80221-X](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(87)80221-X)]

HARMSSEN, B.J., FOSTER, R.J., GUTIERREZ, S.M., *et al.* (2010) Scrape-marking behavior of jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*). *Journal of Mammalogy* vol. 91, n° 5, p. 1225-1234. [<https://doi.org/10.1644/09-MAMM-A-416.1>]

HARRIS, L.A., STEINETZ, B.G., BOND, J.B., *et al.* (2008) Refinement of a Commercial Bench-top Relaxin Assay for Pregnancy Diagnosis Using Urine from Domestic and Nondomestic Felids. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* vol. 39, n° 2, p. 170-179. [<https://doi.org/10.1638/2007-0093R.1>]

HAYES, L., METRIONE, L. (2019) Rotating Group System to Mitigate Potential Social Stress and Promote Breeding at the Dallas Zoo. *Animal keepers' forum* vol. 46, n° 1, p. 10-16.

HEARN, A., ROSS, J., BRODIE, J., *et al.* (2015) Neofelis diardi. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. [<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T136603A50664601.en>] (consulté le 04/04/2023)

HEDBERG, G. (2002) Exotic felids. In Gage L., *Hand-Rearing Wild and Domestic Mammals*. Ames, Iowa, Iowa State Press, p. 207-216.

HEINSOHN, R., PACKER, C., PUSEY, A.E. (1996) Development of cooperative territoriality in juvenile lions. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* vol. 263, n° 1369, p. 475-479. [<https://doi.org/10.1098/rspb.1996.0071>]

HENSCHER, P., BAUER, H., SOGBOHOSSOU, E., *et al.* (2014) Panthera leo (West Africa subpopulation). *The IUCN Red List of Threatened Species 2015* n° e.T68933833A54067639. [<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T68933833A54067639.en>] (consulté le 19/12/2023)

HEPTNER, V.G., SLUDSKII, A.A. (1992) Carnivora (Hyenas and Cats), Mammals of the Soviet Union. New Delhi, Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd.

HERRICK, J., FLETCHALL, N., SWANSON, W. (2007) Felid Taxon Advisory Group (TAG) Association of Zoos & Aquariums. Annual Report. [<https://www.yumpu.com/en/document/view/18018919/felid-taxon-advisory-group-tag-national-zoo>] (consulté le 04/04/2023)

HERRICK, J.R., ISKE, C.J., SANTYMIRE, R.M., *et al.* (2020) Factors affecting reproductive traits in male snow leopards (*Uncia uncia*). *Reproduction and Fertility* vol. 1, n° 1, p. 35-49. [<https://doi.org/10.1530/RAF-20-0013>]

HOAT, R. (2003) Cheetah. In Hoat, R. (Éd.), *A Field Guide to the Mammals of Egypt*. Cairo - New York, The American University in Cairo Press, p. 104-015.

HOOGESTEIJN, R., MONDOLFF, E. (1996) Body mass and skull measurement in four jaguar populations and observations on their prey base. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* vol. 39, n° 6, p. 195-219.

HOPE, K., DEEM, S.L. (2006) Retrospective study of morbidity and mortality of captive jaguars (*Panthera onca*) in North America: 1982–2002. *Zoo Biology* vol. 25, n° 6, p. 501-512. [<https://doi.org/10.1002/zoo.20112>]

HOSTETLER, J.A., ONORATO, D.P., BOLKER, B.M., *et al.* (2012) Does genetic introgression improve female reproductive performance? A test on the endangered Florida panther. *Oecologia* vol. 168, n° 1, p. 289-300. [<https://doi.org/10.1007/s00442-011-2083-0>]

HOWARD, J., BYERS, A.P., BROWN, J.L., *et al.* (1996) Successful ovulation induction and laparoscopic intrauterine artificial insemination in the clouded leopard (*Neofelis nebulosa*). *Zoo Biology* vol. 15, n° 1, p. 55-69. [[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2361\(1996\)15:1<55::AID-ZOO6>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2361(1996)15:1<55::AID-ZOO6>3.0.CO;2-B)]

HOWARD, J., DONOGHUE, A.M., BARONE, M.A., *et al.* (1992) Successful Induction of Ovarian Activity and Laparoscopic Intrauterine Artificial Insemination in the Cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* vol. 23, n° 3, p. 288-300.

HOWARD, J.G., ROTH, T.L., BYERS, A.P., *et al.* (1997) Sensitivity to Exogenous Gonadotropins for Ovulation Induction and Laparoscopic Artificial Insemination in the Cheetah and Clouded Leopard. *Biology of Reproduction* vol. 56, n° 4, p. 1059-1068. [<https://doi.org/10.1095/biolreprod56.4.1059>]

HUNT, H. (1967) Growth rate of a new-born, hand-reared jaguar *Panthera onca* at Topeka Zoo. *International Zoo Yearbook* vol. 7, n° 1, p. 147-148. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1967.tb00355.x>]

HUNTER, L. (2015) *Wild cats of the world*. London, Bloomsbury Natural History.

HUNTER, L. (1998) The behavioural ecology of reintroduced lions and cheetahs in the Phinda Resource Reserve, KwaZulu-Natal, South Africa. Doctor of Philosophy. Pretoria, South Africa, Faculty of Biological and Agricultural Sciences University of Pretoria.

HUNTER, L., HENSCHER, P., RAY, J. (2013) *Panthera pardus*. In Kingdon, J., Hoffmann, M. (Éds.), *Carnivores, pangolins, equids and rhinoceroses, Mammals of Africa*. London, Bloomsbury, p. 159-168.

HUNTER, L.T.B., SKINNER, J.D. (2003) Do male cheetahs *Acinonyx jubatus* commit infanticide? *Transactions of the Royal Society of South Africa* vol. 58, n° 1, p. 79-82. [<https://doi.org/10.1080/00359190309519937>]

IRIARTE, J.A., FRANKLIN, W.L., JOHNSON, W.E., *et al.* (1990) Biogeographic Variation of Food Habits and Body Size of the America Puma. *Oecologia* vol. 85, n° 2, p. 185-190. [<http://www.jstor.org/stable/4219496>]

IUCN SSC CAT SPECIALIST GROUP (2006a) Conservation strategy for the lion (*Panthera leo*) in Eastern and Southern Africa. [http://www.catsg.org/fileadmin/filessharing/3.Conservation_Center/3.4._Strategies__Action_Plans/African_lion/IUCN_CatSG_2006_East_and_South_Africa_Lion_Conservation_Strategy.pdf] (consulté le 24/05/2023)

IUCN SSC CAT SPECIALIST GROUP (2006b) Conservation Strategy for the Lion in West and Central Africa. [http://www.catsg.org/fileadmin/filessharing/3.Conservation_Center/3.4._Strategies__Action_Plans/African_lion/IUCN_CatSG_2006_West_and_Central_Africa_Lion_Conservation_Strategy.pdf] (consulté le 24/05/2023)

IZY (2018) International Zoo Yearbook. Yearbook.

JACKSON, R. (1996) Home Range, Movements and Habitat Use of Snow Leopard (*Uncia Uncia*) In Nepal. PhD. Doctor of Philosophy, London, United Kingdom, University of London.

JACKSON, R., AHLBORN, G. (1984) A preliminary habitat suitability model for the Snow Leopard, *Panthera uncia*, in west Nepal. In Blomqvist L., *International Pedigree Book of Snow Leopard*. Helsinki, Finland, p. 43-52.

JACKSON, R., MISHRA, C., MCCARTHY, T.M., *et al.* (2010) Snow leopards: Conflict and conservation. In Macdonald, D.W., Loveridge, A.J. (Éd.), *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford, Oxford University Press, p. 417-430.

JACOBSON, A.P., GERNGROSS, P., LEMERIS JR., J.R., *et al.* (2016) Leopard (*Panthera pardus*) status, distribution, and the research efforts across its range. *PeerJ* vol. 4, p. e1974. [<https://doi.org/10.7717/peerj.1974>]

JANSEN, B.D., JENKS, J.A. (2012) Birth Timing for Mountain Lions (*Puma concolor*): Testing the Prey Availability Hypothesis. *PLoS One* vol. 7, n° 9, p. e44625. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044625>]

JANSEN, D., KELLAM, J., JOHNSON, A. (2013) Florida Panther (*Puma concolor coryi*) Research and Monitoring in Big Cypress National Preserve 2011-2012 Annual Report, Endangered Species Permit TE146761-2. Ochopee, Florida, U. S. Fish and Wildlife Service.

JANSEN, D., LUNDGREN, I., JOHNSON, A. (2005) Florida Panther (*Puma concolor coryi*) Research and Monitoring in Big Cypress National Preserve 2004-2005 Annual Report, Endangered Species Permit TE051015-1. Ochopee, Florida, U. S. Fish and Wildlife Service.

JEDRZEJEWSKI, W., ABARCA, M., VILORIA, Á., *et al.* (2011) Jaguar conservation in Venezuela against the backdrop of current knowledge on its biology and evolution. *Interciencia* vol. 36, n° 12, p. 954-966.

JIMENEZ GONZALEZ, S., HOWARD, J.G., BROWN, J., *et al.* (2017) Reproductive analysis of male and female captive jaguars (*Panthera onca*) in a Colombian zoological park. *Theriogenology* vol. 89, p. 192-200. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.09.049>]

JOHANSSON, Ö., AUSILIO, G., LOW, M., *et al.* (2021) The timing of breeding and independence for snow leopard females and their cubs. *Mammalian Biology* vol. 101, n° 2, p. 173-180. [<https://doi.org/10.1007/s42991-020-00073-3>]

JOHANSSON, Ö., KOEHLER, G., RAUSET, G.R., *et al.* (2018) Sex-specific seasonal variation in puma and snow leopard home range utilization. *Ecosphere* vol. 9, n° 8, p. e02371. [<https://doi.org/10.1002/ecs2.2371>]

JOHANSSON, Ö., MALMSTEN, J., MISHRA, C., *et al.* (2013) Reversible immobilization of free-ranging Snow Leopards (*Panthera uncia*) with a combination of medetomidine and tiletamine-zolazepam. *Journal of Wildlife Diseases* vol. 49, n° 2, p. 338-346. [<https://doi.org/10.7589/2012-02-049>]

JOHANSSON, Ö., MCCARTHY, T., SAMELIUS, G., *et al.* (2015) Snow leopard predation in a livestock dominated landscape in Mongolia. *Biological Conservation* vol. C, n° 184, p. 251-258.

[<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.02.003>]

JONES, M. (1973) The Snow Leopard in Captivity. In Eaton, R.L. (Éd.), *The World's Cats; the Proceedings of an International Symposium, Lion Country Safari, Laguna Hills, California, 15-17 March 1971*. Winston, Or., World Wildlife Safari, p. 264-272.

JORGE-NETO, P.N., PIZZUTTO, C.S., ARAÚJO, G.R. de, *et al.* (2018) Copulatory behavior of the Jaguar *Panthera onca* (Mammalia: Carnivora: Felidae). *Journal of Threatened Taxa* vol. 10, n° 15, p. 12933-12939. [<https://doi.org/10.11609/jott.4218.10.15.12933-12939>]

JURKE, M.H., CZEKALA, N.M., LINDBURG, D.G., *et al.* (1997) Fecal corticoid metabolite measurement in the cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Zoo Biology* vol. 16, n° 2, p. 133-147. [[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2361\(1997\)16:2<133::AID-ZOO4>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2361(1997)16:2<133::AID-ZOO4>3.0.CO;2-B)]

KAWANISHI, K. (2015) *Panthera tigris* ssp. *jacksoni*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2015* n° e.T136893A50665029. [<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20152.RLTS.T136893A50665029.en>] (consulté le 19/12/2023)

KELLY, M.J., LAURENSEN, M.K., FITZGIBBON, C.D., *et al.* (1998) Demography of the Serengeti cheetah (*Acinonyx jubatus*) population: the first 25 years. *Journal of Zoology* vol. 244, n° 4, p. 473-488. [<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1998.tb00053.x>]

KERLEY, L.L., GOODRICH, J.M., MIQUELLE, D.G., *et al.* (2003) Reproductive Parameters of Wild Female Amur (Siberian) Tigers (*Panthera tigris altaica*). *Journal of Mammalogy* vol. 84, n° 1, p. 288-298. [[https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2003\)084<0288:RPOWFA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2003)084<0288:RPOWFA>2.0.CO;2)]

KHAN, M. (1987) Tigers in Malaysia: Prospects for the Future. In Tilson, R.L., Seal, U.S. (Éd.), *Tigers of the World: The Biology, Biopolitics, Management, and Conservation of an Endangered Species, Animal Behavior, Ecology, Conservation, and Management*. Park Ridge, N.J., U.S.A, Noyes Publications, p. 75-84.

KHAN, M.M.H. (2004) Ecology and Conservation of the Bengal Tiger in the Sundarbans Mangrove Forest of Bangladesh. Doctor of Philosophy. Cambridge, U.K, University of Cambridge.

KILIAN, P.J., BOTHMA, J. du P. (2003) Notes on the social dynamics and behaviour of reintroduced lions in the Welgevonden Private Game Reserve. *South African Journal of Wildlife Research* vol. 33, n° 2, p. 119-124.

KINGDON, J. (1977) Carnivores, East African mammals an atlas of evolution in Africa. 2nd Edition. London, UK., Academic Press.

KINOSHITA, K., INADA, S., ARAMAKI, Y., *et al.* (2009) Relationship between Sexual Behaviors and Fecal Estrogen Levels in a Female Snow Leopard (*Uncia uncia*) and a Female Cheetah (*Acinonyx jubatus*) under Captivity. *Japanese Journal of Zoo and Wildlife Medicine* vol. 14, n° 1, p. 59-66. [<https://doi.org/10.5686/jjzwm.14.59>]

KINOSHITA, K., INADA, S., SEKI, K., *et al.* (2011a) Long-Term Monitoring of Fecal Steroid Hormones in Female Snow Leopards (*Panthera uncia*) during Pregnancy or Pseudopregnancy. *PLoS One* vol. 6, n° 5, p. e19314. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019314>]

KINOSHITA, K., OHAZAMA, M., ISHIDA, R., *et al.* (2011b) Daily fecal sex steroid hormonal changes and mating success in captive female cheetahs (*Acinonyx jubatus*) in Japan. *Animal*

Reproduction Science vol. 125, n° 1-4, p. 204-210.
[<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.003>]

KITCHENER, A.C., BEAUMONT, M.A., RICHARDSON, D. (2006) Geographical Variation in the Clouded Leopard, *Neofelis nebulosa*, Reveals Two Species. *Current Biology* vol. 16, n° 23, p. 2377-2383. [<https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.10.066>]

KITCHENER, A.C., BREITENMOSER-WÜRSTEN, C., EIZIRIK, E., *et al.* (2017) A revised taxonomy of the Felidae: The final report of the Cat Classification Task Force of the IUCN Cat Specialist Group. *Cat News special issue* n° 11, p. 80.

KITCHENER, S.L., MERITT, D.A., ROSENTHAL, M.A. (1975) Observations on the breeding and husbandry of Snow leopards at Lincoln Park Zoo, Chicago. *International Zoo Yearbook* vol. 15, n° 1, p. 212-217.

KLEIMAN, D.G. (1994) Mammalian sociobiology and zoo breeding programs. *Zoo Biology* vol. 13, n° 5, p. 423-432. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430130505>]

KLEIMAN, D.G., THOMPSON, K.V., BAER, C.K. (Éds.) (2010) Wild mammals in captivity: principles and techniques for zoo management. Chicago, USA, University of Chicago Press.

KLOFT, H.M., RAMSAY, E.C., SULA, M.M. (2019) Neoplasia in Captive Panthera Species. *Journal of Comparative Pathology* vol. 166, p. 35-44. [<https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2018.10.178>]

KOESTER, D., MALY, M., PUTMAN, S., *et al.* (2022) An Investigation of Ovarian and Adrenal Hormone Activity in Post-Ovulatory Cheetahs (*Acinonyx jubatus*). *Animals* vol. 12, n° 7, p. 809-826. [<https://doi.org/10.3390/ani12070809>]

KOESTER, D.C. (2014) The effect of the environment on the reproductive potential of ex situ cheetahs (*Acinonyx jubatus*). Doctor of Philosophy Environmental Science and Public Policy. Fairfax, VA, Graduate Faculty of George Mason University.

KOESTER, D.C., FREEMAN, E.W., BROWN, J.L., *et al.* (2015a) Motile Sperm Output by Male Cheetahs (*Acinonyx jubatus*) Managed Ex Situ Is Influenced by Public Exposure and Number of Care-Givers. *PLoS One* vol. 10, n° 9, p. e0135847. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135847>]

KOESTER, D.C., FREEMAN, E.W., WILDT, D.E., *et al.* (2015b) Group management influences reproductive function of the male cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Reproduction, Fertility, and Development* vol. 29, n° 3, p. 496-508. [<https://doi.org/10.1071/RD15138>]

KOESTER, D.C., WILDT, D.E., BROWN, J.L., *et al.* (2017a) Public exposure and number of conspecifics have no influence on ovarian and adrenal activity in the cheetah (*Acinonyx jubatus*). *General and Comparative Endocrinology* vol. 243, p. 120-129. [<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.11.010>]

KOESTER, D.C., WILDT, D.E., MALY, M., *et al.* (2017b) Non-invasive identification of protein biomarkers for early pregnancy diagnosis in the cheetah (*Acinonyx jubatus*). *PLoS One* vol. 12, n° 12, p. e0188575. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188575>]

KOIVISTO, I., WAHLBERG, C., MUURONEN, P. (1977) Breeding the Snow Leopard *Panthera uncia* at Helsinki Zoo 1967–1976. *International Zoo Yearbook* vol. 17, n° 1, p. 39-44. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1977.tb00863.x>]

- KREIDER, C. (2012) North American Regional Amur Leopard Studbook (*Panthera pardus orientalis*)., Amur Leopard Studbook Publication.
- KUENKEL, R. (1978) Cheetahs: Swift Cats of the Serengeti. *Geo* vol. 1, n° 1, p. 96-110.
- KUMAR, A., LUNA, R.K. (2004) Retrospective study on reproductive patterns of large wild cats in captivity. *Zoos' Print Journal* vol. 20, n° 1, p. 1749-1750. [https://doi.org/10.11609/JoTT.ZPJ.1219.1749-50]
- LABUSCHAGNE, W. (1979) 'N Bio-ekologiese en gedragstudie van de jagliuperd *Acinonyx jubatus jubatus* (Schreber 1775). M.Sc. Pretoria, South Africa, University of Pretoria.
- LAMAN, T., KNOTT, C. (1997) An observation of leopard (*Panthera pardus* Linnaeus) mating behaviour in Serengeti national Park. Tanzania. *African Journal of Ecology* vol. 35, n° 2, p. 165-167. [https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.1997.069-89069.x]
- LAMBERSKI, N. (2015) Felidae. In Miller, R.E., Fowler, M.E. (Éds.), *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine*. St. Louis, Missouri, Saunders, p. 467-476.
- LANIER, D.L., DEWSBURY, D.A. (1976) A quantitative study of copulatory behaviour of large Felidae. *Behavioural Processes* vol. 1, n° 4, p. 327-333. [https://doi.org/10.1016/0376-6357(76)90014-0]
- LAUNDRÉ, J.W. (2005) Puma energetics: a recalculation. *Journal of Wildlife Management* vol. 69, n° 2, p. 723-732. [https://doi.org/10.2193/0022-541X(2005)069[0723:PEAR]2.0.CO;2]
- LAUNDRÉ, J.W., HERNÁNDEZ, L. (2007) Do Female Pumas (*Puma concolor*) Exhibit a Birth Pulse? *Journal of Mammalogy* vol. 88, n° 5, p. 1300-1304. [https://doi.org/10.1644/06-MAMM-A-296R.1]
- LAURENSEN, M.K. (1995a) Cub growth and maternal care in cheetahs. *Behavioral Ecology* vol. 6, n° 4, p. 405-409. [https://doi.org/10.1093/beheco/6.4.405]
- LAURENSEN, M.K. (1995b) Implications of high offspring mortality for cheetah population dynamics. In Sinclair, A.R.E., Arcese, P. (Éds.), *Serengeti II: Dynamics, Management, and Conservation of an Ecosystem*. Chicago, University of Chicago Press, p. 1-28.
- LAURENSEN, M.K. (1994) High juvenile mortality in cheetahs (*Acinonyx jubatus*) and its consequences for maternal care. *Journal of Zoology (London)* n° 234, p. 387- 408.
- LAURENSEN, M.K. (1993) Early maternal behavior of wild cheetahs: Implications for captive husbandry. *Zoo Biology* vol. 12, n° 1, p. 31-43. [https://doi.org/10.1002/zoo.1430120106]
- LAURENSEN, M.K., CARO, T., BORNER, M. (1992) Female cheetah reproduction. *National Geographic Research & Exploration* vol. 8, n° 1, p. 64-75.
- LAW, C. (2003) Environmental Enrichment. In Law, C. (Éd.), *Guidelines for Captive Management of Jaguars*. Elmwood Park Zoo, Jaguar Species Survival Plan, p. 49-55.
- LEAL, R.P. (1979) Ensaios sobre a reproducao do jaguar em cativoiro Phanthera Onca L. 1758 (Carnivora - Felidae). *Acta Zoológica Lilloana* n° XXXIV, p. 107-112.
- LEHMANN, M.B., FUNSTON, P.J., OWEN, C.R., *et al.* (2008a) Reproductive biology of a pride of

- lions on Karongwe Game Reserve, South Africa. *African Zoology* vol. 43, n° 2, p. 230-236. [https://doi.org/10.1080/15627020.2008.11657239]
- LEHMANN, M.B., FUNSTON, P.J., OWEN, C.R., *et al.* (2008b) Home Range Utilisation and Territorial Behaviour of Lions (*Panthera leo*) on Karongwe Game Reserve, South Africa. *PLoS One* vol. 3, n° 12, p. e3998. [https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003998]
- LEOPOLD, A.S. (1972) *Wildlife of Mexico. The game birds and mammals*, 2nd Edition. Los Angeles, University of California Press.
- LE ROUX, P.G., SKINNER, J.D. (1989) A note on the ecology of the leopard (*Panthera pardus* Linnaeus) in the Londolozi Game Reserve, South Africa. *African Journal of Ecology* vol. 27, n° 2, p. 167-171. [https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.1989.tb00940.x]
- LEUCHTENBERGER, C., CRAWSHAW, P., MOURÃO, G., *et al.* (2009) Courtship behavior by Jaguars in the Pantanal of Mato Grosso do Sul. *Natureza & Conservação* vol. 7, n° 1, p. 218-222.
- LINDBURG, D.G., DURRANT, B.S., MILLARD, S.E., *et al.* (1993) Fertility assessment of cheetah males with poor quality semen. *Zoo Biology* vol. 12, n° 1, p. 97-103. [https://doi.org/10.1002/zoo.1430120109]
- LINDZEY, F., SICKLE, W.D.V., ACKERMAN, B.B., *et al.* (1994) Cougar Population Dynamics in Southern Utah. *The Journal of Wildlife Management* vol. 58, n° 4, p. 619-624. [https://doi.org/10.2307/3809674]
- LINKIE, M., WIBISONO, H.T., MARTYR, D.J., *et al.* (2008) *Panthera tigris ssp. sumatrae*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2008* n° e.T15966A5334836. [https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T15966A5334836.en] (consulté le 19/12/2023)
- LIU, Y.-C., SUN, X., DRISCOLL, C., *et al.* (2018) Genome-Wide Evolutionary Analysis of Natural History and Adaptation in the World's Tigers. *Current Biology* vol. 28, n° 23, p. 3840- 3849.e6. [https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.09.019]
- LIU, Z., LI, F., TENG, L., *et al.* (2003) Mating Behavior of Captive Amur Tigers (*Panthera tigris altaica*). *Chinese Journal of Zoology* vol. 38, n° 1, p. 49-52.
- LIVERS, T.H. (1973) The use of milk replacers for hand-rearing carnivores. *International Zoo Yearbook* vol. 13, n° 1, p. 211-213. [https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1973.tb02151.x]
- LOGAN, K.A., IRWIN, L.L., SKINNER, R. (1986) Characteristics of a Hunted Mountain Lion Population in Wyoming. *The Journal of Wildlife Management* vol. 50, n° 4, p. 648-654. [https://doi.org/10.2307/3800975]
- LOGAN, K.A., SWEANOR, L.L. (2010) Behavior and social organization of a solitary carnivore. In Hornocker, M., Négri, S. (Éd.), *Cougar: ecology and conservation*. Chicago, Etats-Unis d'Amérique, The University of Chicago Press, p. 105-117.
- LOGAN, K.A., SWEANOR, L.L. (2001) *Desert puma: evolutionary ecology and conservation of an enduring carnivore*, Hornocker Wildlife Institute a program of the Wildlife Conservation Society. Washington, Island Press.
- LOMBARDI, C., MCFERRON, K., SRAVANTHI, B. (2009) Collection and Analysis of Hand-reared

- Cheetah (*Acinonyx jubatus*) Records in the Captive North American Population. In Ziegler–Meeks, K. (Éd.), *Husbandry Manual for the Cheetah*. White Oak Conservation Center, p. 148-163.
- LOUWMAN, J.W.W., LOUWMAN, J.C.M. (2005) Cheetah Breeding Program at Wassenaar Wildlife Breeding Centre. *Animal keepers' forum* vol. 32, n° 7/8, p. 368-370.
- LOVELY, K.R. (2009) Issues of captivity and conservation surrounding pantherine cats with a focus on the lion (*Panthera leo*) and the tiger (*Panthera tigris*). Senior Thesis. Cambridge, Harvard University.
- LOVERIDGE, A.J., HEMSON, G., DAVIDSON, Z., *et al.* (2010a) African lions on the edge: reserve boundaries as 'attractive sinks'. In Macdonald, D.W., Loveridge, A.J. (Éd.), *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford, Oxford University Press, p. 283-304.
- LOVERIDGE, A.J., WANG, S.W., FRANK, L.G., *et al.* (2010b) People and wild felids: conservation of cats and management of conflicts. In Macdonald, D.W., Loveridge, A.J. (Éd.), *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford, Oxford University Press, p. 161-195.
- LUDWIG, C., DEHNHARD, M., PRIBBENOW, S., *et al.* (2019) Asymmetric reproductive aging in cheetah (*Acinonyx jubatus*) females in European zoos. *Journal of Zoo and Aquarium Research* vol. 7, n° 2, p. 87-93.
- LUKAS, D., HUCHARD, E. (2014) The evolution of infanticide by males in mammalian societies. *Science* vol. 346, n° 6211, p. 841-844. [<https://doi.org/10.1126/science.1257226>]
- LYNAM, A.J., JENKS, K.E., TANTIPISANUH, N., *et al.* (2013) Terrestrial activity patterns of wild cats from camera-trapping. *The Raffles Bulletin of Zoology* vol. 61, n° 1, p. 407-415.
- MACDONALD, D.W., LOVERIDGE, A.J., NOWELL, K. (2010) Dramatis personae: an introduction to the wild felids. In Macdonald, D.W., Loveridge, A.J. (Éds.), *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford, Oxford University Press, p. 3-58.
- MACDONALD, D. W., MOSSER, A., GITTLEMAN, J.L. (2010) Felid society. In Macdonald, David W., Loveridge, A.J. (Éds.), *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford, Oxford University Press, p. 125-160.
- MACKINNON, K.M. (2008) Pairing Clouded Leopards (*Neofelis nebulosa*) in a Captive Breeding Program. Master of Science in Animal Sciences. Washington, DC, Washington State University.
- MAEHR, D.S., CADDICK, G.B. (1995) Demographics and Genetic Introgression in the Florida Panther. *Conservation Biology* vol. 9, n° 5, p. 1295-1298.
- MAEHR, D.S., LAND, E.D., ROOF, J.C., *et al.* (1990) Day Beds, Natal Dens, and Activity of Florida Panthers. *Proceedings of the Annual Conference of the Southeast Fish and Wildlife Agencies* vol. 44, p. 310-318.
- MAEHR, D.S., LAND, E.D., ROOF, J.C., *et al.* (1989) Early Maternal Behavior in the Florida Panther (*Felis concolor coryi*). *American Midland Naturalist* vol. 122, n° 1, p. 34. [<https://doi.org/10.2307/2425680>]
- MAEHR, D.S., LAND, E.D., SHINDLE, D.B., *et al.* (2002) Florida panther dispersal and conservation. *Biological Conservation* vol. 106, n° 2, p. 187-197. [<https://doi.org/10.1016/S0006->

3207(01)00245-2]

MAHESHWARI, A., VON MEIBOM, S. (2016) Monitoring Illegal Trade in Snow Leopards (2003–2012). In McCarthy, T., Mallon, D., Nyhus, P.J. (Éds.), *Snow Leopards, Biodiversity of the World: Conservation from Genes to Landscapes*. London, Academic Press, p. 77-84. [<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00007-9>]

MAIA, C.M., VOLPATO, G.L., SANTOS, E.F. (2012) A Case Study: The Effect of Visitors on Two Captive Pumas with Respect to the Time of the Day. *Journal of Applied Animal Welfare Science* vol. 15, n° 3, p. 222-235. [<https://doi.org/10.1080/10888705.2012.683758>]

MAJUMDER, A., BASU, S., SANKAR, K., *et al.* (2012) Home ranges of Bengal tiger (*Panthera tigris tigris* L.) in Pench Tiger Reserve, Madhya Pradesh, Central India. *Wildlife Biology in Practice* vol. 8, n° 1, p. 230. [<https://doi.org/10.2461/wbp.2012.8.4>]

MALLAPUR, A., CHELLAM, R. (2002) Environmental influences on stereotypy and the activity budget of Indian leopards (*Panthera pardus*) in four zoos in Southern India. *Zoo Biology* vol. 21, n° 6, p. 585-595. [<https://doi.org/10.1002/zoo.10063>]

MALY, M. (2015) Assessing Puberty in Ex situ Cheetahs (*Acinonyx jubatus*) via Growth Patterns and Fecal Hormone Metabolites. Thèse de master de science. Raleigh, North Carolina, Graduate Faculty of North Carolina State University.

MALY, M.A., EDWARDS, K.L., FARIN, C.E., *et al.* (2018) Assessing puberty in ex situ male cheetahs (*Acinonyx jubatus*) via fecal hormone metabolites and body weights. *General and Comparative Endocrinology* vol. 268, p. 22-33. [<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.07.011>]

MANSFIELD, K.G., LAND, E.D. (2002) Cryptorchidism in Florida panthers: prevalence, features, and influence of genetic restoration. *Journal of Wildlife Diseases* vol. 38, n° 4, p. 693-698. [<https://doi.org/10.7589/0090-3558-38.4.693>]

MANTON, V.J.A. (1975) Cheetah breeding at Whipsnade Park: a report on the first 17 births. *International Zoo Yearbook* vol. 15, n° 1, p. 157-160. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1975.tb01385.x>]

MANTON, V.J.A. (1974) Birth of a cheetah, *Acinonyx jubatus*, to a captive-bred mother. *International Zoo Yearbook* vol. 14, n° 1, p. 126-129. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1974.tb00794.x>]

MANTON, V.J.A. (1971) A further report on breeding cheetahs (*Acinonyx jubatus*) at Whipsnade Park. *International Zoo Yearbook* vol. 11, n° 1, p. 125-126.

MANTON, V.J.A. (1970) Breeding cheetahs: at Whipsnade Park. *International Zoo Yearbook* vol. 10, n° 1, p. 85-86. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1970.tb01289.x>]

MARGULIS, S.W., HOYOS, C., ANDERSON, M. (2003) Effect of felid activity on zoo visitor interest. *Zoo Biology* vol. 22, n° 6, p. 587-599. [<https://doi.org/10.1002/zoo.10115>]

MARISMAS NACIONALES NAYARIT (2013) Monitoreo de Jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/marismas_nacionales/info.pdf&ved=2ahUKEwj3p6mYz9mFAxV6Q6QEhCLsA]

8gQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw3cpsLoXHeSXJy2IFqJBw0k] (consulté le 09/03/2022)

MARKER, L. (2015) International cheetah (*Acinonyx jubatus*) studbook. *Cheetah Conservation Fund*.

MARKER, L. (2002a) Aspects of Cheetah (*Acinonyx jubatus*) Biology, Ecology and Conservation Strategies on Namibian Farmlands. Doctor of Philosophy. Lady Margaret Hall, University of Oxford Trinity Term.

MARKER, L. (2002b) International cheetah (*Acinonyx jubatus*) studbook. *Cheetah Conservation Fund*.

MARKER, L., O'BRIEN, S.J. (1989) Captive breeding of the cheetah (*Acinonyx jubatus*) in North American zoos (1871-1986). *Zoo Biology* vol. 8, n° 1, p. 3-16. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430080103>]

MARKER, L., SCHUMANN, B. (1998) Husbandry Manual for Cheetahs - Appendix II. [http://www.catsg.org/cheetah/05_library/5_6_material-&-methods/manuals/ccf-capture_&-immobilization/ccf_appendix_II.pdf] (consulté le 18/10/2022)

MARKER, L.L., DICKMAN, A.J. (2003) Morphology, physical condition, and growth of the cheetah (*Acinonyx jubatus jubatus*). *Journal of Mammalogy* vol. 84, n° 3, p. 840-850.

MARKER, L.L., DICKMAN, A.J., JEO, R.M., *et al.* (2003a) Demography of the Namibian cheetah, *Acinonyx jubatus jubatus*. *Biological Conservation* vol. 114, n° 3, p. 413-425. [[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00069-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00069-7)]

MARKER, L.L., DICKMAN, A.J., MILLS, M.G.L., *et al.* (2003b) Aspects of the management of cheetahs, *Acinonyx jubatus jubatus*, trapped on Namibian farmlands. *Biological Conservation* vol. 114, n° 3, p. 401-412. [[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00068-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00068-5)]

MARKER, L.L., WILKERSON, A.J.P., SARNO, R.J., *et al.* (2008) Molecular Genetic Insights on Cheetah (*Acinonyx jubatus*) Ecology and Conservation in Namibia. *Journal of Heredity* vol. 99, n° 1, p. 2-13. [<https://doi.org/10.1093/jhered/esm081>]

MARKER-KRAUS, L. (1997) History of the Cheetah, *Acinonyx jubatus*, in zoos 1829–1994. *International Zoo Yearbook* vol. 35, n° 1, p. 27-43. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1997.tb01186.x>]

MARKER-KRAUS, L., GRISHAM, J. (1993) Captive breeding of cheetahs in North American Zoos: 1987-1991. *Zoo Biology* vol. 12, n° 1, p. 5-18. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430120104>]

MARMA, B.B., YUNCHIS, V.V. (1968) Observations on the breeding, management and physiology of Snow leopards *Panthera u. uncia* at Kaunas Zoo from 1962 to 1967. *International Zoo Yearbook* vol. 8, n° 1, p. 66-74. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1968.tb00440.x>]

MARNEWICK, K.A., BOTHMA, J. du P., VERDOORN, G.H. (2006) Using camera-trapping to investigate the use of a tree as a scent-marking post by cheetahs in the Thabazimbi district. *South African Journal of Wildlife Research* vol. 36, n° 2, p. 139-145.

MARTIN, R.B., DE MEULENAER, T. (1988) Survey of the status of the leopard (*Panthera pardus*) in subsaharan Africa. *Secretariat of the Convention on International Trade in Endangered Species*

of *Wild Fauna and Flora* p. 106.

MAZAK, V. (1981) *Panthera tigris*. *Mammalian Species* n° 152, p. 1. [https://doi.org/10.2307/3504004]

MCBRIDE, R., MCBRIDE, C. (2011) Photographic Evidence of Florida Panthers Claw-Marking Logs. *Southeastern Naturalist* vol. 10, n° 2, p. 384-386. [https://doi.org/10.1656/058.010.0220]

MCBRIDE, R., SENSOR, R. (2012) Photographic Evidence of Wild Florida Panthers Scent-Marking with Facial Glands. *Southeastern Naturalist* vol. 11, n° 2, p. 349-354. [https://doi.org/10.1656/058.011.0216]

MCCARTHY, T., CHAPRON, G. (2003) *Snow Leopard Survival Strategy*. Seattle, USA, ISLT and SLN.

MCCARTHY, T., MALLON, D., NYHUS, P.J. (2016) Resource Extraction. In *McCarthy, T., Mallon, D., Nyhus, P.J. (Éds.), Snow Leopards, Biodiversity of the World: Conservation from Genes to Landscapes*. London, Academic Press, p. 113-136. [https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802213-9.00010-9]

MCCARTHY, T.M., FULLER, T.K., MUNKHTSOG, B. (2005) Movements and activities of snow leopards in Southwestern Mongolia. *Biological Conservation* vol. 124, n° 4, p. 527-537. [https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.03.003]

MCCARTHY, T.M., MALLON, D.P., JACKSON, R., *et al.* (2017) *Panthera uncia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017. [https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-2.RLTS.T22732A50664030.en] (consulté le 04/04/2023)

MCDUGAL, C. (1988) Leopard and tiger interaction at Royal Chitwan National Park, Nepal. *The journal of the Bombay Natural History Society* n° 85, p. 609- 611.

MCKAY, S. (2003) Personality profiles of the cheetah in the UK and Ireland, in relation to environmental factors and performance variables. In *Proceedings of the Fifth Annual Symposium on Zoo Research, Marwell Zoological Park, Winchester, UK*. London, UK., Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland, p. p 177-189.

MCPHEE, M.E., CARLSTEAD, K. (2010) The Importance of Maintaining Natural Behaviors in Captive Mammals. In *Kleiman D.G., Thompson K.V., Baer C.K. (Éds.), Wild Mammals in Captivity: Principles and Techniques for Zoo Management, 2nd Edition*. Chicago, University of Chicago Press, p. 303-313. [https://doi.org/10.7208/chicago/9780226440118.001.0001]

MCVITTIE, R. (1978) Nursing behavior of snow leopard cubs. *Applied Animal Ethology* vol. 4, n° 2, p. 159-168. [https://doi.org/10.1016/0304-3762(78)90081-0]

MEENA, V. (2010) Unique mating behaviour of Asiatic lion (*Panthera leo persica*) in the Gir Forest, Gujarat. *Current Science* vol. 99, n° 3, p. 281.

MEENA, V. (2008) Reproductive strategy and behaviour of male asiatic lions. Doctor of philosophy in Forestry. Dehra Dun, Forest research institute.

MEHRER, C.F. (1975) Some aspects of Reproduction in Captive Mountain Lions *Felis concolor*, Bobcats *Lynx rufus* and Lynx *Lynx canadensis*. Doctor of Philosophy. North Dakota, Graduate

Faculty of the University of North Dakota.

MEROLA, M. (1994) A Reassessment of Homozygosity and the Case for Inbreeding Depression in the Cheetah, *Acinonyx jubatus*: Implications for Conservation. *Conservation Biology* vol. 8, n° 4, p. 961-971.

METZ, O., WILLIAMS, J., NIELSEN, R.K., *et al.* (2017) Retrospective study of mortality in Asiatic lions (*Panthera leo persica*) in the European breeding population between 2000 and 2014. *Zoo Biology* vol. 36, n° 1, p. 66-73. [<https://doi.org/10.1002/zoo.21344>]

MILLER, S.M., FUNSTON, P.J. (2014) Rapid Growth Rates of Lion (*Panthera leo*) Populations in Small, Fenced Reserves in South Africa: A Management Dilemma. *South African Journal of Wildlife Research* vol. 44, n° 1, p. 43-55. [<https://doi.org/10.3957/056.044.0107>]

MILLS, M.G.L., MILLS, M.E.J. (2014) Cheetah cub survival revisited: a re-evaluation of the role of predation, especially by lions, and implications for conservation. *Journal of Zoology* vol. 292, n° 2, p. 136-141. [<https://doi.org/10.1111/jzo.12087>]

MIQUELLE, D.G., GOODRICH, J.M., SMIRNOV, E.N., *et al.* (2010) Amur tiger: a case study of living on the edge. In Macdonald, D.W., Loveridge, A.J. (Éd.), *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford, Oxford University Press, p. 325-339.

MITHTHAPALA, S., SEIDENSTICKER, J., O'BRIEN, S.J. (1996) Phylogeographic Subspecies Recognition in Leopards (*Panthera pardus*): Molecular Genetic Variation. *Conservation Biology* vol. 10, n° 4, p. 1115-1132. [<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10041115.x>]

MOHAPATRA, R.K., SAHU, S.K., DAS, J.K., *et al.* (2019) Hand rearing of wild mammals in captivity. Government of Odisha, Nandankanan Biological Park, Forest and Environment Department.

MORATO, R.G., GUIMARÃES, M.A. de B.V., NUNES, A.L.V., *et al.* (1998) Colheita e avaliação do sêmen em onça pintada (*Panthera onca*). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* vol. 35, n° 4, p. 178-181. [<https://doi.org/10.1590/S1413-95961998000400007>]

MORATO, R.G., VERRESCHI, I.T.N., GUIMARÃES, M.A.B.V., *et al.* (2004) Seasonal variation in the endocrine–testicular function of captive jaguars (*Panthera onca*). *Theriogenology* vol. 61, n° 7-8, p. 1273-1281. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.07.011>]

MUCKENHIRN, N., EISENBERG, J.F. (1973) Home Ranges and Predation of the Ceylon Leopard. In Eaton, R.L. (Éd.), *The World's Cats; the Proceedings of an International Symposium, Lion Country Safari, Laguna Hills, California, 15-17 March 1971*. Winston, Or., World Wildlife Safari, p. 142-175.

MUNSON, L. (2006) Contraception in felids. *Theriogenology* vol. 66, n° 1, p. 126-134. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.03.016>]

MUNSON, L. (2003) Reproductive diseases of jaguars. In Law, C. (Éd.), *Guidelines for Captive Management of Jaguars*. Elmwood Park Zoo, Jaguar Species Survival Plan, p. 38-48.

MUNSON, L., GARDNER, I.A., MASON, R.J., *et al.* (2002) Endometrial Hyperplasia and Mineralization in Zoo Felids Treated with Melengestrol Acetate Contraceptives. *Veterinary Pathology* vol. 39, n° 4, p. 419-427. [<https://doi.org/10.1354/vp.39-4-419>]

- MUNSON, L., TERIO, K.A., RYSER-DEGIORGIS, M.-P., *et al.* (2010) Wild felid diseases: conservation implications and management strategies. In Macdonald, D.W., Loveridge, A.J. (Éd.), *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford, Oxford University Press, p. 237-259.
- MURPHY, E.T. (1976) Breeding the Clouded leopard at Dublin Zoo. *International Zoo Yearbook* vol. 16, n° 1, p. 122-124. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1976.tb00152.x>]
- MURRAY, M. (1967) The pathology of some diseases found in wild animals in east Africa. *African Journal of Ecology* vol. 5, n° 1, p. 37-45. [<https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.1967.tb00759.x>]
- MURTOUGH, K.L., POWER, M.L., MASLANKA, M. (2012) Comparison of proximate composition of domestic cat (*Felis catus*), clouded leopard (*Neofelis nebulosa*), snow leopard (*Uncia uncia*), african lion (*Panthera leo*), and sumatran tiger (*Panthera tigris sumatrae*) maternal milk with exotic cat hand-rearing formulae p. 4.
- NÁJERA, F., BROWN, J., WILDT, D.E., *et al.* (2015) Body mass dynamics in hand reared clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) cubs from birth to weaning: Body Mass in Clouded Leopard Cubs. *Zoo Biology* vol. 34, n° 3, p. 239-243. [<https://doi.org/10.1002/zoo.21206>]
- NARAYAN, E., BASKARAN, N., VAZ, J. (2017) Conservation Physiology of Tigers in Zoos: Integrating Stress Physiology and Behaviour to Monitor Their Health and Welfare, Big Cats. IntechOpen. [<https://doi.org/10.5772/intechopen.69780>]
- NICHOLSON, S., BAUER, H., STRAMPELLI, P., *et al.* (2023) *Panthera leo*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2023* n° e.T15951A231696234.
- NIELSEN, C., THOMPSON, D., KELLY, M., *et al.* (2015) *Puma concolor*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. [<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T18868A50663436.en>]
- NIGAM, P., MULIYA, S.K., SRIVASTAV, A., *et al.* (2016) Patterns of Mortality in Free Ranging Tigers. Rapport Technique n° 2016/012. Wildlife Institute of India National Tiger Conservation Authority.
- NOWAK, R.M. (2005) Cats: Felidae. In *Walker's Carnivores of the World*. Baltimore; London, Johns Hopkins University Press, p. 229-272.
- NOWELL, K., JACKSON, P. (1996) Wild cats: status survey and conservation action plan, IUCN/SSC action plans for the conservation of biological diversity. Gland, Switzerland, IUCN.
- NOWELL, K., LI, J., PALTSYN, M., *et al.* (2016) An ounce of prevention: snow leopard crime revisited. Cambridge, U.K, TRAFFIC.
- NYHUS, P. (2008) *Panthera tigris* ssp. *amoyensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2008* n° e.T15965A5334628. [<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T15965A5334628.en>] (consulté le 19/12/2023)
- O'BRIEN, S.J., ROELKE, M.E., MARKER, L., *et al.* (1985) Genetic Basis for Species Vulnerability in the Cheetah. *Science* vol. 227, n° 4693, p. 1428-1434. [<https://doi.org/10.1126/science.2983425>]
- O'CONNOR, T., FREEMAN, H. (1982) Maternal Behavior and Behavioral Development in the Captive Snow Leopard (*Panthera uncia*). *International Pedigree Book of Snow Leopards* vol. 3, p. 103-110.

- O'DONOVAN, D., HINDLE, J.E., MCKEOWN, S., *et al.* (1993) Effects of visitors on the behavior of female cheetahs and cubs. *International Zoo Yearbook* n° 32, p. 238-244.
- OFTEDAL, O.T., GITTLEMAN, J.L. (1989) Patterns of Energy Output During Reproduction in Carnivores. In Gittleman, J.L. (Éd.), *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*. Boston, MA, Springer US, p. 355-378. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4716-4_14]
- ONORATO, D., DESIMONE, R., WHITE, C., *et al.* (2011) Genetic assessment of paternity and relatedness in a managed population of cougars. *The Journal of Wildlife Management* vol. 75, n° 2, p. 378-384. [<https://doi.org/10.1002/jwmg.43>]
- ORFORD, H.J.L., PERRIN, M.R., BERRY, H.H. (1988) Contraception, reproduction and demography of free-ranging Etosha lions (*Panthera leo*). *Journal of Zoology* vol. 216, n° 4, p. 717-733. [<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1988.tb02467.x>]
- ORSOL, K.G.V., HANBY, J.P., BYGOTT, J.D. (1985) Ecological correlates of lion social organization (*Panthers, leo*). *Journal of Zoology* vol. 206, n° 1, p. 97-112. [<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1985.tb05639.x>]
- OSTHOFF, G., HUGO, A., DE WIT, M. (2006) The composition of cheetah (*Acinonyx jubatus*) milk. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* vol. 145, n° 3-4, p. 265-269. [<https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2006.05.016>]
- OWEN, C., NIEMANN, S., SLOTOW, R. (2010) Copulatory parameters and reproductive success of wild leopards in South Africa. *Journal of Mammalogy* vol. 91, n° 5, p. 1178-1187. [<https://doi.org/10.1644/09-MAMM-A-256.1>]
- PACKER, C., HERBST, L., PUSEY, A.E., *et al.* (1988) Reproductive succes of lions. In Clutton-Brock T.H., *Reproductive success: studies of individual variation in contrasting breeding systems*. Chicago, University of Chicago Press, p. 363-383.
- PACKER, C., PUSEY, A. (1983a) Adaptations of Female Lions to Infanticide by Incoming Males. *American Naturalist* vol. 121, n° 5, p. 716-728. [<https://doi.org/10.1086/284097>]
- PACKER, C., PUSEY, A.E. (1997) Divided We Fall: Cooperation among Lions. *Scientific American* vol. 276, n° 5, p. 52-59. [<https://doi.org/10.1038/scientificamerican0597-52>]
- PACKER, C., PUSEY, A.E. (1983b) Male takeovers and female reproductive parameters: A simulation of oestrous synchrony in lions (*Panthera leo*). *Animal Behaviour* vol. 31, n° 2, p. 334-340. [[https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(83\)80051-7](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(83)80051-7)]
- PACKER, C., PUSEY, A.E., EBERLY, L.E. (2001) Egalitarianism in female African lions. *Science* vol. 293, n° 5530, p. 690-693. [<https://doi.org/10.1126/science.1062320>]
- PACKER, C., SCHEEL, D., PUSEY, A.E. (1990) Why Lions Form Groups: Food is Not Enough. *The American Naturalist* vol. 136, n° 1, p. 1-19. [<https://doi.org/10.1086/285079>]
- PACKER, C., TATAR, M., COLLINS, A. (1998) Reproductive cessation in female mammals. *Nature* vol. 392, n° 6678, p. 807-811. [<https://doi.org/10.1038/33910>]
- PALITA, S.K., PATRA, A.K., PATNAIK, M.R. (1996) Studies on the reproductive behaviour of the tiger (*Panthera tigris* Linn.) in captivity. In Ramamurthi R., *Readings in behaviour*. New Delhi, New

Age International, p. 188-197.

PAZ, R.C.R.D., GONCALVES, R.M., CARCIOFI, A.C., *et al.* (2006) Influence of nutrition on the quality of semen in Jaguars *Panthera onca* in Brazilian zoos. *International Zoo Yearbook* vol. 40, n° 1, p. 351-359. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.2006.00351.x>]

PELICAN, K.M., WILDT, D.E., PUKAZHENTHI, B., *et al.* (2006) Ovarian control for assisted reproduction in the domestic cat and wild felids. *Theriogenology*, Feline Reproduction vol. 66, n° 1, p. 37-48. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.03.013>]

PETERSEN, W.J., SAVINI, T., NGOPRASERT, D. (2020) Strongholds under siege: Range-wide deforestation and poaching threaten mainland clouded leopards (*Neofelis nebulosa*). *Global Ecology and Conservation* vol. 24, p. e01354. [<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01354>]

PETTORELLI, N., DURANT, S.M. (2007) Longevity in cheetahs: the key to success? *Oikos* vol. 116, n° 11, p. 1879-1886. [<https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.16187.x>]

PFEIFER, S. (1980) Role of the nursing order in social development of mountain lion kittens. *Developmental Psychobiology* vol. 13, n° 1, p. 47-53. [<https://doi.org/10.1002/dev.420130108>]

PIERCE, B.M., BLEICH, V.C. (2003) Mountain lion. In Feldhamer, G.A., Thompson, B.C., Chapman, J.A. (Éds.), *Wild mammals of North America: biology, management, and conservation*, 2nd Edition. Baltimore, Md., Johns Hopkins University Press, p. 744-757.

PITSKO, L. (2016) Tiger Talk - Utilizing Common Communication Signals to Identify Estrus in a Sumatran Tiger (*Panthera tigris sumatrae*). *Animal keepers' forum* vol. 43, n° 2, p. 48-49.

PRATER, S.H. (1990) The book of Indian animals, 3rd Edition. Bombay, Bombay Natural History Society.

PUKAZHENTHI, B., NOILES, E., PELICAN, K., *et al.* (2000) Osmotic Effects on Feline Spermatozoa from Normospermic versus Teratospermic Donors. *Cryobiology* vol. 40, n° 2, p. 139-150. [<https://doi.org/10.1006/cryo.2000.2233>]

PUKAZHENTHI, B.S., NEUBAUER, K., JEWGENOW, K., *et al.* (2006) The impact and potential etiology of teratospermia in the domestic cat and its wild relatives. *Theriogenology* vol. 66, n° 1, p. 112-121. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.03.020>]

PUSEY, A.E., PACKER, C. (1994) Non-offspring nursing in social carnivores: minimizing the costs. *Behavioral Ecology* vol. 5, n° 4, p. 362-374. [<https://doi.org/10.1093/beheco/5.4.362>]

PUSEY, A.E., PACKER, C. (1987) The Evolution of Sex-Biased Dispersal in Lions. *Behaviour* vol. 101, n° 4, p. 275-310. [<https://doi.org/10.1163/156853987X00026>]

PUTMAN, S.B., BROWN, J.L., FRANKLIN, A.D., *et al.* (2015) Characterization of Ovarian Steroid Patterns in Female African Lions (*Panthera leo*), and the Effects of Contraception on Reproductive Function. *PLoS One* vol. 10, n° 10, p. e0140373. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140373>]

QUIGLEY, H., CRAWSHAW JR., P.G. (2002) Reproducción, crecimiento y dispersión del jaguar en Brasil. In Medellín, R.A., Fondo de Cultura Económica (Mexico), Universidad Nacional Autónoma de México, *et al.* (Éd.), *El jaguar en el nuevo milenio, Ediciones científicas universitarias. Serie Texto científico universitario*. México, D.F.: Bronx, N.Y, Fondo de Cultura

Económica: Universidad Nacional Autónoma de México; Wildlife Conservation Society, p. 289-299.

QUIGLEY, H., FOSTER, R.J., PETRACCA, L., *et al.* (2017) *Panthera onca* (errata version published in 2018). The IUCN Red List of Threatened Species 2017. [<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T15953A50658693.en>] (consulté le 04/04/2023)

QUINTAVALLE PASTORINO, G., BRERETON, J.E., DRAGO, F., *et al.* (2021) Investigating the effect of social grouping on the behaviour of captive leopards. *Journal of Zoo and Aquarium Research* vol. 9, n° 2, p. 116-123. [<https://doi.org/10.19227/jzar.v9i2.548>]

RABB, G.B. (1959) Reproductive and Vocal Behavior in Captive Pumas. *Journal of Mammalogy* vol. 40, n° 4, p. 616-617. [<https://doi.org/10.2307/1376293>]

RABINOWITZ, A. (2000) Jaguar: one man's struggle to establish the world's first jaguar preserve. Washington, DC, Island Press Shearwater Book.

RAI, S., JHA, A.K. (2013) Study of Snow leopard (*Uncia uncia*) at Padmaja Naidu Himalayan Zoological Park, Darjeeling. Project Report. Darjeeling, Padmaja Naidu Himalayan Zoological Park. [[https://cza.nic.in/uploads/documents/publications/english/2013%20\(2\).pdf](https://cza.nic.in/uploads/documents/publications/english/2013%20(2).pdf)] (consulté le 31/01/2022)

RAJU, R., RAO, G., KHADRY, S.M., *et al.* (1997) Breeding behavior of tigers at Mysore zoo. *Zoos' Print Journal* p. 20.

RATANAKORN, P. (1988) Mortality of Clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) in captive breeding. *In Seminar about Wildlife in Thailande*. Université de Kasetsart, p. 1-6.

REED-SMITH, J., KUMPF, M. (1998) Snow Leopards (*Uncia uncia*): Family Group Management Alternatives. *Animal keepers' forum* vol. 25, n° 10, p. 386-391.

REICHERT-STEWART, J.L., SANTYMIRE, R.M., ARMSTRONG, D., *et al.* (2014) Fecal endocrine monitoring of reproduction in female snow leopards (*Uncia uncia*). *Theriogenology* vol. 82, n° 1, p. 17-26. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.02.018>]

RIEGER, I. (1984) Oestrous Timing in Ounces, *Uncia uncia* Schreber (1775). *International Pedigree Book of Snow Leopards* n° 4, p. 99-103.

RIEGER, I. (1982) Breeding Ounces, *Uncia uncia* (Schreber, 1775) in Zoological Gardens. *International Pedigree Book of Snow Leopards* n° 3, p. 49-50.

RIEGER, I. (1980) Some difficulties in breeding ounces, *Uncia uncia*, at zoological gardens. *International Pedigree Book of Snow Leopards* vol. 2, p. 76-95.

RIEGER, I. (1978) Management Techniques of Captive Ounces, *Uncia uncia*. *In* Blomqvist, L. (Éd.), *International Pedigree Book of Snow Leopards*. Finlande, Helsinki Zoo, p. 50-70.

RIVIER, C., RIVEST, S. (1991) Effect of Stress on the Activity of the Hypothalamic-Pituitary-Gonadal Axis: Peripheral and Central Mechanisms. *Biology of Reproduction* vol. 45, n° 4, p. 523-532. [<https://doi.org/10.1095/biolreprod45.4.523>]

ROBERT, N. (2008) Neurologic Disorders in Cheetahs and Snow Leopards. *In* Fowler, M.E., Miller,

- R.E. (Éd.), *Zoo and Wild Animal Medicine*, 6th Edition. Saint Louis, W.B. Saunders, p. 265-271. [<https://doi.org/10.1016/B978-141604047-7.50035-X>]
- ROBINETTE, W.L., GASHWILER, J.S., MORRIS, O.W. (1961) Notes on Cougar Productivity and Life History. *Journal of Mammalogy* vol. 42, n° 2, p. 204. [<https://doi.org/10.2307/1376830>]
- ROBINSON, H.S., WIELGUS, R.B., COOLEY, H.S., *et al.* (2008) Sink populations in carnivore management: cougar demography and immigration in a hunted population. *Ecological Applications* vol. 18, n° 4, p. 1028-1037. [<https://doi.org/10.1890/07-0352.1>]
- ROBINSON, R. (1969) The Breeding of Spotted and Black Leopards. *Journal of the Bombay Natural History Society* vol. 66, n° 3, p. 423-429.
- ROSEN, T., MENGÜLLÜOĞLU, D. (2022) Biology, ecology and taxonomy of the Persian leopard. *Cat News special issue*, IUCN SSC Cat Specialist Group n° 15, p. 6-8.
- ROSEVEAR, D.R. (1974) The carnivores of West Africa. British Museum (Natural History). Department of Zoology. [Mammals], London : Trustees of the British Museum (Natural History).
- ROSS, J., HEARN, A.J., BERNARD, H., *et al.* (2010) The Bornean Wild Cats. A framework for a Wild Cat Action Plan for Sabah. Rapport Technique n° 10.13140/2.1.3511.2005. Oxford, UK, Global Canopy Programme.
- ROSS, P., JALKOTZY, M. (1992) Characteristics of a hunted population of cougars in southwestern Alberta. *The Journal of Wildlife Management* vol. 56, n° 3, p. 417-426. [<https://doi.org/10.2307/3808853>]
- ROWLANDS, I.W., SADLEIR, R.M.F.S. (1968) Induction of ovulation in the lion, *Panthera leo*. *Reproduction* vol. 16, n° 1, p. 105-111. [<https://doi.org/10.1530/jrf.0.0160105>]
- RUDNAI, J. (1973) Reproductive biology of lions (*Panthera leo massaica* Neumann) in Nairobi National Park. *African Journal of Ecology* vol. 11, n° 3-4, p. 241-253. [<https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.1973.tb00090.x>]
- RUIZ-MIRANDA, C.R., WELLS, S.A., GOLDEN, R., *et al.* (1998) Vocalizations and other behavioral responses of male cheetahs (*Acinonyx jubatus*) during experimental separation and reunion trials. *Zoo Biology* vol. 17, n° 1, p. 1-16. [[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2361\(1998\)17:1<1::AID-ZOO1>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2361(1998)17:1<1::AID-ZOO1>3.0.CO;2-D)]
- SADLER, R. (1966) Notes on reproduction in the larger Felidae. *International Zoo Yearbook* vol. 6, p. 184-187. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1966.tb01746.x>]
- SAFFOE, C. (2005) Using Weight to Determine Pregnancy in Cheetahs. *Animal keepers' forum* vol. 32, n° 7/8, p. 358-365.
- SANDERSON, E.W., REDFORD, K.H., CHETKIEWICZ, C.B., *et al.* (2002) Planning to Save a Species: the Jaguar as a Model. *Conservation Biology* vol. 16, n° 1, p. 58-72. [<https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00352.x>]
- SANKHALA, K.S. (1967) Breeding behaviour of the tiger *Panthera tigris* in Rajasthan. *International Zoo Yearbook* vol. 7, n° 1, p. 133-147. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1967.tb00354.x>]

- SAUNDERS, S.P., HARRIS, T., TRAYLOR-HOLZER, K., *et al.* (2014) Factors influencing breeding success, ovarian cyclicity, and cub survival in zoo-managed tigers (*Panthera tigris*). *Animal Reproduction Science* vol. 144, n° 1-2, p. 38-47. [<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.11.006>]
- SCHALLER, G., VASCONCELOS, J. (1978) Jaguar predation on capybara. *Z. Säugtierkunde* n° 43, p. 296-301.
- SCHALLER, G.B. (1977) Notes on the habits of several predators - Cats. *In Mountain monarchs: wild sheep and goats of the Himalaya*. Chicago, University of Chicago Press, p. 145-149.
- SCHALLER, G.B. (1972a) The Serengeti lion: a study of predator-prey relations, Wildlife behavior and ecology. Chicago, University of Chicago Press.
- SCHALLER, G.B. (1972b) Predators of the serengeti. *Natural History* vol. 81, n° 2,3,4, p. 38-49, 60-69, 38-43.
- SCHALLER, G.B. (1970) This gentle and elegant cat. *Natural History* vol. LXXIX, n° 6, p. 30-39.
- SCHALLER, G.B. (1967) The tiger. *In The deer and the tiger: a study of wildlife in India*. Chicago, University of Chicago Press, p. 221-307.
- SCHMIDT, A.M., HESS, D.L., SCHMIDT, M.J., *et al.* (1993) Serum concentrations of oestradiol and progesterone and frequency of sexual behaviour during the normal oestrous cycle in the snow leopard (*Panthera uncia*). *Journal of Reproduction and Fertility* vol. 98, n° 1, p. 91-95. [<https://doi.org/10.1530/jrf.0.0980091>]
- SCHMIDT, A.M., HESS, D.L., SCHMIDT, M.J., *et al.* (1988) Serum concentrations of oestradiol and progesterone, and sexual behaviour during the normal oestrous cycle in the leopard (*Panthera pardus*). *Journal of Reproduction and Fertility* vol. 82, n° 1, p. 43-49. [<https://doi.org/10.1530/jrf.0.0820043>]
- SCHMIDT, A.M., NADAL, L.A., SCHMIDT, M.J., *et al.* (1979) Serum concentrations of oestradiol and progesterone during the normal oestrous cycle and early pregnancy in the lion (*Panthera leo*). *Journal of Reproduction and Fertility* vol. 57, n° 2, p. 267-272. [<https://doi.org/10.1530/jrf.0.0570267>]
- SCHMIDT-KÜNTZEL, A., DALTON, D.L., MENOTTI-RAYMOND, M., *et al.* (2018) Conservation Genetics of the Cheetah: Genetic History and Implications for Conservation. *In Cheetahs: Biology and Conservation*. Amsterdam, Elsevier, p. 71-92. [<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804088-1.00006-X>]
- SCHRAMM, R.D., BRIGGS, M.B., REEVES, J.J. (1994) Spontaneous and induced ovulation in the lion (*Panthera leo*). *Zoo Biology* vol. 13, n° 4, p. 301-307. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430130403>]
- SEAL, U.S., PLOTKA, E.D., SMITH, J.D., *et al.* (1985) Immunoreactive luteinizing hormone, estradiol, progesterone, testosterone, and androstenedione levels during the breeding season and anestrus in Siberian tigers. *Biology of Reproduction* vol. 32, n° 2, p. 361-368. [<https://doi.org/10.1095/biolreprod32.2.361>]
- SEAL, U.S., TILSON, R.L., PLOTKA, E.D., *et al.* (1987) Behavioral Indicators and Endocrine Correlates of Estrus and Anestrus in Siberian Tigers. *In* Tilson, Ronald L., Seal, Ulysses S. (Éds.), *Tigers of the World: The Biology, Biopolitics, Management, and Conservation of an Endangered*

Species, Noyes Series in Animal Behavior, Ecology, Conservation, and Management. Park Ridge, N.J., U.S.A, Noyes Publications, p. 244-254.

SEIDEL, B., WISSER, J. (1987) Clinical Diseases of Captive Tigers - European Literature. In Tilson, R.L., Seal, U.S. (Éds.), *Tigers of the World: The Biology, Biopolitics, Management, and Conservation of an Endangered Species, Noyes Series in Animal Behavior, Ecology, Conservation, and Management*. Park Ridge, N.J., U.S.A, Noyes Publications, p. 205-230.

SEIDENSTICKER, J., DINERSTEIN, E., GOYAL, S.P., *et al.* (2010) Tiger range collapse and recovery at the base of the Himalayas. In Macdonald, D.W., Loveridge, A.J. (Éds.), *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford, Oxford University Press, p. 305-323.

SEIDENSTICKER, J., SUNQUIST, M.E., MCDUGAL, C. (1990) Leopards living at the edge of the Royal Chitwan National Park Nepal. In Daniel J.C., Serrao J.S., *Conservation in developing countries: Problems and Prospects*. Bombay, Oxford University Press, p. 415-423.

SEIDENSTICKER, J.C., HORNOCKER, M.G., WILES, W.V., *et al.* (1973) Mountain Lion Social Organization in the Idaho Primitive Area. *Wildlife Monographs* n° 35, p. 3-60.

SELVAM, N.P., BONAL, B.S., SHARMA, R.K. (2005) Successful Breeding and Hand Rearing of Jaguar cub *Panthera onca* in the National Zoological Park, New Delhi. *Zoos' Print Journal* vol. XX, n° 11, p. 23-25.

SENGENBERGER, K., BUS, H., VERSTEEGE, L. (2018) EAZA Best Practice Guidelines: Cheetah (*Acinonyx jubatus*). EAZA Best Practice Guidelines. Hilvarenbeek, the Netherlands, Safaripark Beekse Bergen.

SETCHELL, K.D.R., GOSSELIN, S.J., WELSH, M.B., *et al.* (1987) Dietary estrogens—A probable cause of infertility and liver disease in captive cheetahs. *Gastroenterology* vol. 93, n° 2, p. 225-233. [[https://doi.org/10.1016/0016-5085\(87\)91006-7](https://doi.org/10.1016/0016-5085(87)91006-7)]

SETHI, N., NETRAPAL SINGH CHAUHAN, DWIJENDER NATH SINGH (2022) Clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) in captivity: A Scenario in Indian zoos. *Journal of Wildlife and biodiversity* vol. 7, n° 3, p. 40-54. [<https://doi.org/10.5281/ZENODO.7181257>]

SEYMOUR, K.L. (1989) *Panthera onca*. *Mammalian Species* n° 340, p. 1-9. [<https://doi.org/10.2307/3504096>]

SHIN, N., KWON, S., KIM, Y. (2002) Retrospective survey on the mortality of exotic felids at Everland zoological gardens (1976-2001). *Journal of Veterinary Clinic* vol. 19, n° 2, p. 211-214.

SHOEMAKER, Alanh. (1982) The effect of inbreeding and management on propagation of pedigree leopards. *International Zoo Yearbook* vol. 22, n° 1, p. 198-206. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1982.tb02034.x>]

SILVA, G.C. de O. e, BERBARE, P.E.B., ZACCARIOTTI, R.L., *et al.* (2006) Estudo da correlação das características citológicas vaginais e os níveis séricos de estradiol e progesterona em leão africano (*Panthera leo*) mantidos em cativeiro. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* vol. 43, n° 2, p. 227-232. [<https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2006.26503>]

SINGH, A. (1973) Status and Social Behavior of the North Indian Tiger. In Eaton, R.L. (Éd.), *The*

World's Cats: The Proceedings of an International Symposium, Lion Country Safari, Laguna Hills, California, 15-17 March 1971. Winston, Or., World Wildlife Safari, p. 176-188.

SINGH, R., MAJUMDER, A., SANKAR, K., *et al.* (2013) Interbirth interval and litter size of free-ranging Bengal tiger (*Panthera tigris tigris*) in dry tropical deciduous forests of India. *European Journal of Wildlife Research* vol. 59, n° 5, p. 629-636. [<https://doi.org/10.1007/s10344-013-0713-z>]

SINGH, R., QURESHI, Q., SANKAR, K., *et al.* (2014) Reproductive characteristics of female Bengal tigers, in Ranthambhore Tiger Reserve, India. *European Journal of Wildlife Research* vol. 60, n° 4, p. 579-587. [<https://doi.org/10.1007/s10344-014-0822-3>]

SINN, H. (2018) Management Strategies and Introduction of Two Lion Litters at the Columbus Zoo and Aquarium. *Animal keepers' forum* vol. 45, n° 2, p. 46-49.

SMITH, J.D., MCDUGAL, C., MIQUELLE, D. (1989) Scent marking in free-ranging tigers, *Panthera tigris*. *Animal Behaviour* vol. 37, p. 1-10. [[https://doi.org/10.1016/0003-3472\(89\)90001-8](https://doi.org/10.1016/0003-3472(89)90001-8)]

SMITH, J.L.D. (1993) The Role of Dispersal in Structuring the Chitwan Tiger Population. *Behaviour* vol. 124, n° 3-4, p. 165-195.

SMITH, J.L.D., MCDUGAL, C. (1991) The Contribution of Variance in Lifetime Reproduction to Effective Population Size in Tigers. *Conservation Biology* vol. 5, n° 4, p. 484-490. [<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00355.x>]

SMITH, T.E., DUKE, R.R., KUTILEK, M.J., *et al.* (1986) Mountain lions (*Felis concolor*) in the vicinity of Carlsbad Caverns National Park, N. M. and Guadalupe Mountains National Park, TX. an ecological study—An ecological study. Rapport final n° N° 150-03, Harvey and Stanley associates, inc. Santa Fe, New Mexico, U. S. D. I., National Park Service.

SMUTS, G.L. (1982) Lion. Cornell University, Macmillan South Africa Publishers.

SMUTS, G.L., HANKS, J., WHYTE, I.J. (1978) Reproduction and Social Organization of Lions from Kruger National Park. In Eaton R.L., *Carnivorous Mammals Including Man, Carnivore*. Seattle, Wash, Inst, p. 17-27.

SMUTS, G.L., ROBINSON, G.A., WHYTE, I.J. (1980) Comparative growth of wild male and female lions (*Panthera leo*). *Journal of Zoology* vol. 190, n° 3, p. 365-373. [<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1980.tb01433.x>]

SNOW LEOPARD NETWORK (2014) Snow leopard survival strategie, Revised 2014 Version. Seattle, Washington, Snow Leopard Network.

SOARES, T.N., TELLES, M.P.C., RESENDE, L.V., *et al.* (2006) Paternity testing and behavioral ecology: a case study of jaguars (*Panthera onca*) in Emas National Park, Central Brazil. *Genetics and Molecular Biology* vol. 29, n° 4, p. 735-740. [<https://doi.org/10.1590/S1415-47572006000400025>]

SPINDLER, R., JOHNSON, S. (2003) Management of Reproduction. In Law, C. (Éd.), *Guidelines for Captive Management of Jaguars*. Elmwood Park Zoo, Jaguar Species Survival Plan, p. 28-37.

SRIVASTAV, A., NIGAM, P., CHAKRABORTY, P.K., *et al.* (2009) Indian National Studbook of Snow Leopard (*Uncia uncia*). New Delhi, Wildlife Institute of India, Dehradun and Central Zoo

Authority.

STEHLIK, J. (1971) Breeding jaguars at Ostrava Zoo. *International Zoo Yearbook* vol. 11, n° 1, p. 116-118. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1971.tb01871.x>]

STEIN, A.B., ATHREYA, V., GERNGROSS, P., *et al.* (2020) *Panthera pardus* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2020. [<https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-1.RLTS.T15954A163991139.en>] (consulté le 04/04/2023)

STUART, C. (1981) Notes on the mammalian carnivores of the Cape Province, South Africa. *Bontebok* n° 1, p. 1-58.

SUNQUIST, M.E. (1981) The social organization of tigers (*Panthera tigris*) in Royal Chitawan National Park, Nepal. Washington, Smithsonian Institution Press.

SUNQUIST, M.E., SUNQUIST, F. (2002) *Wild Cats of the World*. Chicago, Illinois, University of Chicago Press.

SWANSON, W.F., JOHNSON, W.E., CAMBRE, R.C., *et al.* (2003) Reproductive status of endemic felid species in Latin American zoos and implications for ex situ conservation. *Zoo Biology* vol. 22, n° 5, p. 421-441. [<https://doi.org/10.1002/zoo.10093>]

SWANSON, W.F., WILDT, D.E., CAMBRE, R.C., *et al.* (1995) Reproductive Survey of Endemic Felid Species in Latin American Zoos: Male Reproductive Status and Implications For Conservation. In Randall, E.J. (Éd.), *Proceedings Joint Conference AAZV/WDA/AAWV, East Lansing, Michigan, 13-17 August 1995*. East Lansing, Michigan, Michigan State University, p. 374-380. [<https://doi.org/10.>]

TEFERA, M. (2003) Phenotypic and reproductive characteristics of lions (*Panthera leo*) at Addis Ababa Zoo. *Biodiversity and Conservation* vol. 12, p. 1629-1639.

TENNANT, M.B., CRAIG, S.J. (1977) Breeding cheetahs *Acinonyx jubatus* at the Lion Country Safari Parks: a summary. *International Zoo Yearbook* vol. 17, n° 1, p. 167-169. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1977.tb00897.x>]

TERIO, K.A., MARKER, L., MUNSON, L. (2004) Evidence for chronic stress in captive but not free-ranging cheetahs (*Acinonyx jubatus*) based on adrenal morphology and function. *Journal of Wildlife Diseases* vol. 40, n° 2, p. 259-266. [<https://doi.org/10.7589/0090-3558-40.2.259>]

TERIO, K.A., MARKER, L., OVERSTROM, E.W., *et al.* (2003) Analysis of ovarian and adrenal activity in Namibian cheetahs. *South African Journal of Wildlife Research* vol. 33, n° 2, p. 71-78.

TERIO, K.A., MITCHELL, E., WALZER, C., *et al.* (2018) Diseases Impacting Captive and Free-Ranging Cheetahs. In *Cheetahs: Biology and Conservation*. Amsterdam, Elsevier, p. 349-364. [<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804088-1.00025-3>]

THEILE, S. (2003) *Fading footprints: the killing and trade of snow leopards*. Cambridge, UK., TRAFFIC International.

THOMAS, W.D. (1965) Observations on a pair of cheetahs, *Acinonyx jubatus* at Oklahoma City Zoo. *International Zoo Yearbook* vol. 5, n° 1, p. 114-116. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1965.tb01597.x>]

- THOMPSON, D.J., JENKS, J.A. (2010) Dispersal movements of subadult cougars from the Black Hills: the notions of range expansion and recolonization. *Ecosphere* vol. 1, n° 4, Article 8, p. 1-11. [<https://doi.org/10.1890/ES10-00028.1>]
- THOMPSON, SE. (1990) Bringing up baby. *Zoo Life* vol. 1, n° 2, p. 57-63.
- THONGPHAKDEE, A., SUKPARANGSI, W., COMIZZOLI, P., *et al.* (2020) Reproductive biology and biotechnologies in wild felids. *Theriogenology*, Proceedings of 19th International Congress on Animal Reproduction (ICAR), Bologna, Italy, June 28 – 2 July 2020. [<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.004>]
- TIPKANTHA, W., THUWANUT, P., MAIKEAW, U., *et al.* (2017) Successful laparoscopic oviductal artificial insemination in the clouded leopard (*Neofelis nebulosa*) in Thailand. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* vol. 48, n° 3, p. 804-812. [<https://doi.org/10.1638/2016-0287.1>]
- TONG, J.R. (1974) Breeding cheetahs at the Beekse Bergen Safari Park. *International Zoo Yearbook* vol. 14, p. 129-130.
- TOWEILL, D.E. (1986) Notes on the Development of a Cougar Kitten. *The Murrelet* vol. 67, n° 1, p. 20. [<https://doi.org/10.2307/3535532>]
- TUPA, L. (2014) North American Regional Snow Leopard Studbook. Regional Studbook. Albuquerque, NM, ABQ BioPark.
- UMAPATHY, G., KUMAR, V., WASIMUDDIN, *et al.* (2013) Detection of pregnancy and fertility status in big cats using an enzyme immunoassay based on 5 α -pregnan-3 α -ol-20-one. *General and Comparative Endocrinology* vol. 180, p. 33-38. [<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2012.10.009>]
- UMAPATHY, G., SONTAKKE, S.D., SRINIVASU, K., *et al.* (2007) Estrus behavior and fecal steroid profiles in the Asiatic lion (*Panthera leo persica*) during natural and gonadotropin-induced estrus. *Animal Reproduction Science* vol. 101, n° 3-4, p. 313-325. [<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.09.014>]
- UPHYRKINA, O., JOHNSON, W.E., QUIGLEY, H., *et al.* (2001) Phylogenetics, genome diversity and origin of modern leopard, *Panthera pardus*: leopard phylogeographic patterns. *Molecular Ecology* vol. 10, n° 11, p. 2617-2633. [<https://doi.org/10.1046/j.0962-1083.2001.01350.x>]
- VAN BEMMEL, A.C.V. (1975) Breeding tigers as an aid to their survival. In Martin, R.D. (Éd.), *Breeding Endangered Species in Captivity*. London, Academic Press, p. 329-335.
- VAN BEMMEL, A.C.V. (1968) Breeding tigers *Panthera tigris* at Rotterdam Zoo. *International Zoo Yearbook* vol. 8, n° 1, p. 60-63. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1968.tb00437.x>]
- VAN HOOFF, J.A.R.A.M. (1965) A larger litter of lion cubs *Panthera leo* at Arnhem zoo. *International Zoo Yearbook* vol. 5, n° 1, p. 116-116. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1965.tb01598.x>]
- VAN OORSCHOT, W. (1998) Cheetah single cub litter in captivity. In Ziegler–Meeks, K. (Éd.), *Husbandry Manual for the Cheetah*. Yulee, Florida, White Oak Conservation Center, p. 148-163.
- VESELOVSKY, Z. (1967) The Amur tiger *Panthera tigris altaica* in the wild and in captivity. *International Zoo Yearbook* vol. 7, n° 1, p. 210-215. [<https://doi.org/10.1111/j.1748->

1090.1967.tb00397.x]

VIAU, P., RODINI, D.C., SOBRAL, G., *et al.* (2020) Puberty and oestral cycle length in captive female jaguars *Panthera onca*. *Conservation Physiology* vol. 8, n° 1, p. coaa052. [<https://doi.org/10.1093/conphys/coaa052>]

VOLF, J. (1972) Exigences alimentaires et dentition des jeunes de trois espèces de félidés. *Mammalia* vol. 36, n° 4, p. 683-686. [<https://doi.org/10.1515/mamm.1972.36.4.683>]

VON SCHMALZ-PEIXOTO, K.E. (2003) Factors Affecting Breeding in Captive Carnivora. Doctor of Philosophy. Oxford, Wolfson College.

WACHTER, B., THALWITZER, S., HOFER, H., *et al.* (2011) Reproductive history and absence of predators are important determinants of reproductive fitness: the cheetah controversy revisited: Reproductive performance of female cheetahs. *Conservation Letters* vol. 4, n° 1, p. 47-54. [<https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2010.00142.x>]

WACK, R.F., KRAMER, L.W., CUPPS, W., *et al.* (1991) Growth rate of 21 captive-born, mother-raised cheetah cubs. *Zoo Biology* vol. 10, n° 3, p. 273-276. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430100310>]

WARD, A., HUNT, A. (2003) Hand-rearing. In Law, C. (Éd.), *Guidelines for Captive Management of Jaguars*. Elmwood Park Zoo, Jaguar Species Survival Plan, p. 63-75.

WAZA (2023a) Amur leopard. In *World Association of Zoos and Aquariums*. [<https://www.waza.org/priorities/conservation/conservation-breeding-programmes/global-species-management-plans/amur-leopard/>] (consulté le 19/12/2023).

WAZA (2023b) List of Current WAZA International Studbooks. In *World Association of Zoos and Aquariums*. [<https://www.waza.org/priorities/conservation/waza-international-studbooks/>] (consulté le 19/12/2023).

WAZA (2023c) Amur tiger. In *World Association of Zoos and Aquariums*. [<https://www.waza.org/priorities/conservation/conservation-breeding-programmes/global-species-management-plans/amur-tiger/>] (consulté le 19/12/2023).

WELLS, A., TERIO, K.A., ZICCARDI, M.H., *et al.* (2004) The stress response to environmental change in captive cheetahs (*Acinonyx jubatus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* vol. 35, n° 1, p. 8-14. [<https://doi.org/10.1638/02-084>]

WEMMER, C., SCOW, K. (1977) Communication in the felidae with emphasis on communication in the felidae with emphasis on scent marking and contact patterns scent marking and contact patterns. In Sebeok T.A. (Éd.), *How Animals Communicate*. Bloomington, Indiana University Press.

WEST, P.M., PACKER, C. (2002) Sexual Selection, Temperature, and the Lion's Mane. *Science* vol. 297, n° 5585, p. 1339-1343. [<https://doi.org/10.1126/science.1073257>]

WHARTON, D., FREEMAN, H. (1988) The Snow leopard *Panthera uncia*: a captive population under the Species Survival Plan. *International Zoo Yearbook* vol. 27, n° 1, p. 85-98. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1988.tb03200.x>]

WHARTON, D., MAINKA, S.A. (1997) Management and husbandry of the Snow leopard *Uncia*

uncia. *International Zoo Yearbook* vol. 35, n° 1, p. 139-147. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1997.tb01203.x>]

WHILES, L. (2016) Measuring Glucocorticoid Metabolite Levels, Behavioral Profiles, and Weight Gain in Two Hand-reared, Captive Clouded Leopards (*Neofelis nebulosa*): A Preliminary Assessment. Tennessee, Honors College of Middle Tennessee State University.

WIELEBNOWSKI, N. (1996) Reassessing the relationship between juvenile mortality and genetic monomorphism in captive cheetahs. *Zoo Biology* vol. 15, n° 4, p. 353-369. [[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2361\(1996\)15:4<353::AID-ZOO1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2361(1996)15:4<353::AID-ZOO1>3.0.CO;2-A)]

WIELEBNOWSKI, N., BROWN, J.L. (1998) Behavioral correlates of physiological estrus in cheetahs. *Zoo Biology* vol. 17, n° 3, p. 193-209. [[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2361\(1998\)17:3<193::AID-ZOO4>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2361(1998)17:3<193::AID-ZOO4>3.0.CO;2-4)]

WIELEBNOWSKI, N.C. (1999) Behavioral differences as predictors of breeding status in captive cheetahs. *Zoo Biology* vol. 18, n° 4, p. 335-349. [[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2361\(1999\)18:4<335::AID-ZOO8>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2361(1999)18:4<335::AID-ZOO8>3.0.CO;2-X)]

WIELEBNOWSKI, N.C., FLETCHALL, N., CARLSTEAD, K., *et al.* (2002a) Noninvasive assessment of adrenal activity associated with husbandry and behavioral factors in the North American clouded leopard population. *Zoo Biology* vol. 21, n° 1, p. 77-98. [<https://doi.org/10.1002/zoo.10005>]

WIELEBNOWSKI, N.C., ZIEGLER, K., WILDT, D.E., *et al.* (2002b) Impact of social management on reproductive, adrenal and behavioural activity in the cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Animal Conservation* vol. 5, n° 4, p. 291-301. [<https://doi.org/10.1017/S1367943002004043>]

WILDLIFE INSTITUTE OF INDIA (2018) National Studbook Snow Leopard (*Panthera uncia*) III Edition. National Studbook n° 2018/32. Wildlife Institute of India, Dehradun and Central Zoo Authority, New Delhi.

WILDLIFE INSTITUTE OF INDIA (2015) National Studbook Snow Leopard (*Panthera uncia*) II Edition. National Studbook n° 2015/002. New Delhi, Wildlife Institute of India, Dehradun and Central Zoo Authority.

WILDLIFE INSTITUTE OF INDIA (2014) National Studbook of Asiatic lion (*Panthera leo persica*). Rapport Technique n° TR-2014/005, Development and maintenance of studbooks for selected endangered species in Indian zoos. New Delhi, Central Zoo Authority.

WILDT, D., BROWN, J., SWANSON, W. (1998) Cats. In Knobil, E., Neill, J.D. (Éd.), *Encyclopedia of reproduction*. San Diego, Etats-Unis d'Amérique, Academic Press, p. 497-510.

WILDT, D., SWANSON, W., BROWN, J., *et al.* (2010) Felids ex situ: managed programmes, research, and species recovery. In Macdonald, D.W., Loveridge, A.J. (Éd.), *Biology and Conservation of Wild Felids*. Oxford, Oxford University Press, p. 217-235.

WILDT, D.E. (1994) Endangered Species Spermatozoa: Diversity, Research, and Conservation. In Bartke, A. (Éd.), *Function of Somatic Cells in the Testis*. New York, NY, Springer New York, p. 1-24. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2638-3_1]

WILDT, D.E., BROWN, J.L., BUSH, M., *et al.* (1993) Reproductive status of cheetahs (*Acinonyx*

jubatus) in North American Zoos: The benefits of physiological surveys for strategic planning. *Zoo Biology* vol. 12, n° 1, p. 45-80. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430120107>]

WILDT, D.E., HOWARD, J.G., CHAKRABORTY, P.K., *et al.* (1986a) Reproductive Physiology of the Clouded Leopard: II. A Circannual Analysis of Adrenal-Pituitary-Testicular Relationships during Electroejaculation or after an Adrenocorticotropin Hormone Challenge. *Biology of Reproduction* vol. 34, n° 5, p. 949-959. [<https://doi.org/10.1095/biolreprod34.5.949>]

WILDT, D.E., HOWARD, J.G., HALL, L.L., *et al.* (1986b) Reproductive Physiology of the Clouded Leopard: I. Electroejaculates Contain High Proportions of Pleiomorphic Spermatozoa throughout the Year¹. *Biology of Reproduction* vol. 34, n° 5, p. 937-947. [<https://doi.org/10.1095/biolreprod34.5.937>]

WILDT, D.E., PHILLIPS, L.G., SIMMONS, L.G., *et al.* (1988) A Comparative Analysis of Ejaculate and Hormonal Characteristics of the Captive Male Cheetah, Tiger, Leopard, and Puma. *Biology of Reproduction* vol. 38, n° 2, p. 245-255. [<https://doi.org/10.1095/biolreprod38.2.245>]

WILDT, D.E., PHILLIPS, L.G., SIMMONS, L.G., *et al.* (1987) Seminal-Endocrine Characteristics of the Tiger and the Potential for Artificial Breeding. In Tilson, R.L., Seal, U.S. (Éd.), *Tigers of the World: The Biology, Biopolitics, Management, and Conservation of an Endangered Species*, Noyes Series in Animal Behavior, Ecology, Conservation, and Management. Park Ridge, N.J., U.S.A., Noyes Publications, p. 255-279.

WILDT, D.E., PLATZ, C.C., CHAKRABORTY, P.K., *et al.* (1979) Oestrous and ovarian activity in a female jaguar (*Panthera onca*). *Journal of Reproduction and Fertility* vol. 56, n° 2, p. 555-558. [<https://doi.org/10.1530/jrf.0.0560555>]

WILDT, D.E., ROTH, T.L. (1997) Assisted reproduction for managing and conserving threatened felids. *International Zoo Yearbook* vol. 35, n° 1, p. 164-172. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1997.tb01207.x>]

WILDT, D.E., SCHIEWE, M.C., SCHMIDT, P.M., *et al.* (1986c) Developing animal model systems for embryo technologies in rare and endangered wildlife. *Theriogenology* vol. 25, n° 1, p. 33-51. [[https://doi.org/10.1016/0093-691X\(86\)90182-2](https://doi.org/10.1016/0093-691X(86)90182-2)]

WILSON, S.F., HAHN, A., GLADDERS, A., *et al.* (2004) Morphology and Population Characteristics of Vancouver Island Cougars, *Puma concolor vancouverensis*. *The Canadian Field-Naturalist* vol. 118, n° 2, p. 159. [<https://doi.org/10.22621/cfn.v118i2.903>]

WILTING, A., BUCKLEY-BEASON, V.A., FELDHAAR, H., *et al.* (2007) Clouded leopard phylogeny revisited: support for species recognition and population division between Borneo and Sumatra. *Frontiers in Zoology* vol. 4, n° 1, p. 15. [<https://doi.org/10.1186/1742-9994-4-15>]

WILTING, A., CHRISTIANSEN, P., KITCHENER, A.C., *et al.* (2011) Geographical variation in and evolutionary history of the Sunda clouded leopard (*Neofelis diardi*) (Mammalia: Carnivora: Felidae) with the description of a new subspecies from Borneo. *Molecular Phylogenetics and Evolution* vol. 58, n° 2, p. 317-328. [<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.11.007>]

WOC COLBURN, A.M., SANCHEZ, C.R., CITINO, S., *et al.* (2018) Clinical Management of Captive Cheetahs. In *Cheetahs: Biology and Conservation*. Amsterdam, Elsevier, p. 335-347. [<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804088-1.00024-1>]

WRIGHT, P.J., VERSTEGEN, J.P., ONCLIN, K., *et al.* (2001) Suppression of the oestrous responses of bitches to the GnRH analogue deslorelin by progestin. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement* vol. 57, p. 263-268.

WROGEMANN, N. (1975) Cheetah under the sun. Johannesburg, McGraw-Hill.

YAMADA, J.K., DURRANT, B.S. (1989) Reproductive parameters of clouded leopards (*Neofelis nebulosa*). *Zoo Biology* vol. 8, n° 3, p. 223-231. [<https://doi.org/10.1002/zoo.1430080303>]

YOST, R. (1976) The behaviour of a group of tigers at the World Wildlife Safari, Winston: *Panthera tigris*. *International Zoo Yearbook* vol. 16, n° 1, p. 156-160. [<https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.1976.tb00164.x>]

ZAINUDDIN, Z., MOHAMED TARMIZI, M., YAP, K., *et al.* (2020) First Evaluations and Cryopreservation of Semen Samples from Sunda Clouded Leopards (*Neofelis diardi*). *Animals* vol. 10, n° 6, p. 1072. [<https://doi.org/10.3390/ani10061072>]

ZHANG, Z., LU, W., WANG, X., *et al.* (1999) The captive breeding of chinese leopard (*Panthera pardus*). *Journal of Zoology* vol. 19, n° 3, p. 233-236.

ZHONG, Y., PEI, E., XIONG, C., *et al.* (2006) Mating behavior of the captive south China tigers (*Panthera tigris amoyensis*). *Acta Theriologica Sinica* vol. 26, n° 3, p. 307-310.

ZIEGLER-MEEKS, K. (2009) Husbandry Manual for the Cheetah. Yulee, Florida, White Oak Conservation Center.

Annexe 1 : Texte explicatif de présentation de la thèse envoyé aux zoos

PRESENTATION :

Je suis étudiante vétérinaire en 5^e année et pour cette thèse, je suis encadrée par le Pr Fontbonne, membre du Centre d'Étude en Reproduction des Carnivores (CERCA) et de l'unité de médecine de l'élevage et du sport (UMES) à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort (ENVA).

INTITULE DE LA THESE :

La gestion de la reproduction des grands félins en parcs zoologiques

CONTEXTE :

D'après la classification UICN, 62 % des félins sont en danger, vulnérables ou quasi-menacés du fait des effets directs des activités humaines (chasse, raréfaction de l'habitat et des proies, limitation des déplacements, pollution, réchauffement climatique...). Parmi les 8 espèces de grands félins (guépard, léopard, lion, panthère des neiges, jaguar, tigre, panthère nébuleuse et puma), toutes à l'exception du puma sont considérées menacées ou quasi-menacées. La sauvegarde de ces espèces est primordiale pour la préservation des écosystèmes : ce sont en effet des super-prédateurs qui ont donc un rôle de régulation par prédation sur les niveaux inférieurs des réseaux trophiques. L'attrait du public pour ces espèces charismatiques renforce par ailleurs l'intérêt de leur conservation car elles jouent un rôle phare dans la sensibilisation aux problématiques de dégradations environnementales.

La reproduction des félins en captivité a historiquement été accompagnée de fréquents échecs et aucune stratégie concertée n'a existé à l'échelle européenne avant 1985 (date du premier programme de reproduction des félins en captivité en Europe). Encore aujourd'hui, du fait du manque de connaissances théoriques, cette reproduction reste un défi se heurtant à de nombreux problèmes tels que blessures, cannibalisme, avortements spontanés, etc., et nécessite d'importants efforts logistiques et humains afin d'obtenir un taux de survie au sevrage satisfaisant. Dans ce contexte, de plus en plus d'études sont menées sur les cycles et les comportements reproducteurs de ces espèces en vue de mieux les comprendre et d'optimiser la gestion en captivité. De nouvelles méthodes de suivi des cycles hormonaux (dosages fécaux notamment) et de reproduction (FIV, transferts d'embryon, xénogreffes, clonage...) voient également le jour, sans toutefois que des protocoles aisément reproductibles aient encore été développés.

PROBLEMATIQUE :

L'objectif de cette thèse est de déterminer la fréquence des accidents ou échecs de reproduction en captivité chez les 8 espèces de grands félins et d'étudier les solutions déployées par les parcs zoologiques pour y remédier. Ce travail vise notamment à proposer un bilan des efforts de reproduction récents au sein des parcs zoologiques français et à identifier des pistes d'amélioration dans le suivi et la gestion de la reproduction des grands félins.

QUESTIONNAIRE :

L'enquête proposée dans le questionnaire ci-dessous (cf. lien) est adressée aux parcs zoologiques effectuant la reproduction d'au moins une des espèces décrites plus haut. Elle a pour but de caractériser les efforts mobilisés pour la reproduction (moyens humains et aménagements, choix et suivi des reproducteurs...) et de quantifier les succès et échecs/accidents.

<https://fr.surveymonkey.com/r/K63PYDV>

Les réponses sont attendues pour le 20 décembre au plus tard.

Les zoos ayant participé recevront une version pdf de cette thèse postérieurement à sa finalisation et seront intégrés aux remerciements du manuscrit.

Annexe 2 : Aperçu du questionnaire

Gestion de la reproduction des félins en parcs zoologiques

Bienvenue dans ce questionnaire

Ma thèse porte sur la gestion de la reproduction des grands félins en parcs zoologiques et tente plus particulièrement de déterminer les causes d'échec reproducteur (un échec étant une absence de petits survivants au sevrage) en fonction des méthodes appliquées à ce jour afin de proposer des améliorations.

Ce questionnaire porte sur les 8 espèces de félins suivantes : léopard, lion, tigre, guépard, jaguar, panthère des neiges, panthère nébuleuse, puma.

Pour chaque espèce les questions sont identiques donc si la gestion est la même pour plusieurs espèces dans votre zoo vous pouvez écrire idem dans la case "Autre".


Ce questionnaire a été optimisé afin qu'il vous prenne le moins de votre temps possible.

Merci d'avance pour votre participation qui est essentielle pour ce projet. Vous recevrez bien entendu un exemplaire numérique de ma thèse après sa soutenance.

* 1. Qui êtes vous ? 

Nom du zoo

* 2. Quelle est la stratégie reproductrice principale pour cette espèce ?

En cas de contraception depuis moins de 5 ans, cocher la dernière stratégie utilisée et préciser en commentaire depuis combien de temps les animaux sont sous contraceptifs. 

Naturelle

Artificielle

Espèce non hébergée sur le site

La reproduction de cette espèce n'a pas été pratiquée dans les 5 dernières années

Commentaire :

Choix des partenaires

Stratégie naturelle

3. Provenance des mâles reproducteurs ?

Plusieurs réponses possibles 

- Votre zoo
- Autre zoo français
- Zoo européen
- Zoo non européen
- Autre (veuillez préciser)

4. Provenance des femelles reproductrices ?

Plusieurs réponses possibles 

- Votre zoo
- Autre zoo français
- Zoo européen
- Zoo non européen
- Autre (veuillez préciser)

5. Qui décide de la mise en reproduction et comment sont déterminés les couples ?

Plusieurs réponses possibles 

- Le vétérinaire
- Le chef des soigneurs
- Le directeur du zoo
- Le responsable de collection
- Les EEP (programmes d'élevage européens)
- Autre (veuillez préciser comment)

1 Cette question nécessite une réponse.

* 6. Existe-t-il une détermination du moment de la saillie et/ou de l'ovulation des femelles ? 

Non

Oui

Choix des partenaires

Stratégie naturelle

Détermination des chaleurs

* 7. Comment cette détermination est-elle effectuée ?

Plusieurs réponses possibles 

Comportementalement

Par dosage fécal de la progestérone

Par dosage de la progestéronémie

Par dosage fécal des oestrogènes

Echographiquement

Par cytologie vaginale

Par dosage de l'oestrogénémie

Autre (veuillez préciser)

Choix des partenaires

Stratégie naturelle

* 8. Utilisez-vous également la stratégie artificielle en cas d'échec de la stratégie naturelle ? 

Oui

Non

Choix des partenaires

Stratégie artificielle

9. D'où provient la semence ?

Plusieurs réponses attendues 

Fraîche

D'un autre zoo français

Réfrigérée

D'un zoo européen

Congelée

D'un zoo non européen

D'un mâle du zoo


Autre (veuillez préciser)

10. Existe-t-il un contact avec les EEP (programmes d'élevage européens) ? 

Oui

Non

11. Qui décide de la mise en reproduction et comment sont déterminés les couples ?

Plusieurs réponses possibles 

Le vétérinaire

Le chef des soigneurs

Le directeur du zoo

Le responsable de collection

Les EEP (programmes d'élevage européens)

Autre (veuillez préciser comment)

* 12. Existe-t-il une détermination du moment de l'ovulation des femelles ? 

Non

Oui

Choix des partenaires

Stratégie artificielle

Suite

13. Qui effectue l'IA ?

Plusieurs réponses possibles 

- Le vétérinaire
- L'inséminateur
- Un soigneur
- Autre (veuillez préciser)

14. En cas de stratégie artificielle uniquement cocher la case suivante : 

- Artificielle

Mise en contact

15. Comment est amenée la mise en contact ?

Plusieurs réponses possibles 

- Le couple est en contact toute l'année dans un enclos isolé
- Le couple est en contact toute l'année avec les autres spécimens
- Mise en contact directement dans le même enclos
- Autre (veuillez préciser)
- Mise en contact à distance dans 2 enclos côte à côte pendant quelques jours puis dans le même enclos
- Isolement du couple dans un enclos spécifique
- Enclos à distance des autres spécimens de l'espèce

16. Quelles sont les mesures préventives aux combats mises en place, si elles existent ?

Plusieurs réponses possibles 

- Télésédation prête à agir
- Surveillance accrue par le personnel du parc
- Autre (veuillez préciser)

17. Quelles sont les restrictions en vigueur quant à la présence humaine, s'il y en a (visiteurs, personnel ...) ?

Plusieurs réponses possibles 

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Interdiction aux visiteurs pendant la mise en contact | <input type="checkbox"/> Personnel observateur caché des animaux |
| <input type="checkbox"/> Interdiction au personnel d'entrer dans l'enclos (hors nourrissage) | <input type="checkbox"/> Absence de restrictions |
| <input type="checkbox"/> Autre (veuillez préciser) | |

Gestation

 Cette question nécessite une réponse.

* 18. Effectuez-vous un diagnostic de gestation ? 

Oui

Non

Gestation

Spécificités du diagnostic de gestation

19. Combien de temps après la saillie/ l'insémination ? 

20. Comment ?

Plusieurs réponses possibles 

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Echographie de gestation | <input type="checkbox"/> Dosage fécal de la prolactine |
| <input type="checkbox"/> Dosage fécal de la progestérone | <input type="checkbox"/> Dosage fécal de la relaxine |
| <input type="checkbox"/> Radiographie | |
| <input type="checkbox"/> Autre (veuillez préciser) | |

Gestation

Suite

21. Quelles sont les restrictions en vigueur quant à la présence humaine, s'il y en a (visiteurs, personnel ...)?

Plusieurs réponses possibles 

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Interdiction aux visiteurs | <input type="checkbox"/> Accès public limité (certaines plages horaires seulement) |
| <input type="checkbox"/> Restriction des contacts avec le personnel à minima (nourrissage uniquement) | <input type="checkbox"/> Absence de restrictions |
| <input type="checkbox"/> Autre (veuillez préciser) | |

 Cette question nécessite une réponse.

* 22. Quelles sont les dispositions prises vis à vis de la femelle : 

- Elle reste avec le mâle
- Elle est remise avec ses congénères

Elle est mise dans un enclos spécifique

Autre (veuillez préciser)

Gestation

Enclos spécifique

23. Quel type d'enclos et quels enrichissements ? 

Mise-bas

* 24. Existe-t-il un enclos spécifique avant la mise bas ? 

Oui

Non

Mise-bas

Enclos spécifique

25. Quelles sont ses particularités ? 

26. L'enclos est situé : 

En intérieur

En extérieur

Les deux

27. Combien de temps à l'avance la femelle est-elle placée à l'isolement ? 

Mise-bas

28. Quelles sont les mesures de surveillance mises en place ?

Plusieurs réponses possibles 

Surveillance visuelle continue

Par le responsable scientifique

Surveillance visuelle épisodique

Par les soigneurs

Télésurveillance

Par le vétérinaire

Aucune surveillance

Autre (veuillez préciser)

29. Quelles sont les restrictions en vigueur quant à la présence humaine, s'il y en a (visiteurs, personnel ...) ?

Plusieurs réponses possibles 

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Interdiction au public pendant la mise-bas | <input type="checkbox"/> Personnel observateur caché des animaux |
| <input type="checkbox"/> Interdiction au personnel d'entrer dans l'enclos (hors nourrissage) | <input type="checkbox"/> Présence journalistique interdite |
| <input type="checkbox"/> Public autorisé avec quota | <input type="checkbox"/> Absence de restrictions |
| <input type="checkbox"/> Autre (veuillez préciser) | |

Nursing

30. Comment s'effectue la gestion des nouveaux nés ? 

- Ils sont laissés avec la mère
- Ils sont mis en couveuse
- Autre (veuillez préciser)

* 31. Effectuez-vous un allaitement artificiel ? 

Oui

Non

Allaitement

32. Avec quel type de lait ?

Plusieurs réponses possibles 

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> KMR (kitten milk replacer) | <input type="checkbox"/> Complémentation en calcium |
| <input type="checkbox"/> GME (goat milk esbilac) | <input type="checkbox"/> Complémentation en vitamines |
| <input type="checkbox"/> Cimicat | <input type="checkbox"/> Complémentation en bactéries (lactobacilles) |
| <input type="checkbox"/> Mélange à base de lait de vache (avec au choix
oeufs, huile tournesol, gélatine, sucre en poudre,
crème ..) | <input type="checkbox"/> Milk Matrix |
| <input type="checkbox"/> Lait maternel | |
| <input type="checkbox"/> Autre (veuillez préciser) | |

33. Quelles sont les restrictions en vigueur quant à la présence humaine, s'il y en a (visiteurs, personnel ...)?

Plusieurs réponses possibles 

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Interdiction au public | <input type="checkbox"/> Absence de restrictions |
| <input type="checkbox"/> Interdiction au personnel d'entrer dans l'enclos
(hors nourrissage) | <input type="checkbox"/> Restrictions sanitaires strictes (combinaison
dédiée, gants, charlotte, pédiluve...) |
| <input type="checkbox"/> Public autorisé avec quota | |
| <input type="checkbox"/> Autre (veuillez préciser) | |

34. Les petits sont dans un enclos : 

- En intérieur
- En extérieur
- Les deux

Echecs ou accidents

35. Pour les 4 dernières tentatives de reproduction remplir le tableau suivant 

	Tentative 1	Tentative 2	Tentative 3	Tentative 4	Sans objet
Échec lors de la mise en contact (blessure, agression) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Échec lors de la gestation (femelle restée vide, avortement) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Échec lors de la mise bas (dystocie) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cannibalisme ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agalactie ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaires :

En cas d'utilisation des deux stratégies reproductrices, merci de renseigner quelle tentative était une IA.

36. Pour les 4 dernières tentatives de reproduction remplir le tableau suivant : 

	Tentative 1	Tentative 2	Tentative 3	Tentative 4
Nombre de petits dans la portée :	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
Nombre de petits mort-nés	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
Nombre de petits morts dans les 15 premiers jours	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
Nombre de petits morts entre 15 jours et le sevrage	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>

Commentaire :

Si connue, veuillez préciser la cause de la mort.

Annexe 3 : Données brutes des informations présentes dans la littérature sur l'élevage des jeunes en captivité.

Espèce	Date	Lieu	Taille portée	Nb. de décès	Mortalité infantile (%)	Cause de décès	Biberonnage	Cause du biberonnage	Âge jeunes (j)	Source		
Léopard			1	0	11,1%		non			Dobroruka, 1968		
	1966		1	0			non				Sadleir, 1966	
	1966		1	0			non					
	1982		1	1			Mort-né : dystocie car présentation par siège	non		0	Dresser, 1982	
	1973		13					oui	Négligence maternelle		Livers, 1973	
			1	1			Infection (Gale sarcoptique + entérite sub-aigüe)			120-180	Murray, 1967	
	Sous-total		18	2				72,2%				
												Wielebnowski, 1996
												Wielebnowski, 1996
												von Schmalz-Peixoto, 2003 (Appendix 1)
										Shoemaker, 1982		
										Shoemaker, 1982		
Total :			18	2	11%		72%					

Nb. de petits	Décès < 7j	Décès < 10j	Décès < 1 mois	Décès < sevrage	Décès < 6 mois	Nb. de décédés	Mort-né / Prématurés / Avortement	Abandon et négligences maternelles	Infanticide	Cannibalisme	Anomalie congénitale	Infection	Accident / Euthanasie	Biberonnage	Agression intraspécifique / Traumatisme	Autre	Inconnu	Dystocie / Césarienne
18	6%	6%			11%	2	50%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	6%
228					39,9%													
75					58,7%													
85 zoos			25%															
260		29%			38,0%													
226		44%			49,0%													
	6%	35%	25%	0%	43%		50%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	6%

Lion	22-oct-16	Jodhpur	3	2		Mort-né	non			0	Graham <i>et al.</i> , 1995
						Négligence maternelle	non			1	
						Infection (pneumonie)	oui	Négligence maternelle		3	Gehlot <i>et al.</i> , 2020
							oui			0	
						Mort-né	oui			0	
						Infection intestinale	oui			180	Crandall, 1964
							oui				
	2015			3	3	Accident				5	
						Accident				5	
						Accident				5	
						Infection				5	
						Infection				5	
						Infection				5	
						Infection				5	
						Infection				5	
						Mort-né				0	
						Mort-né				0	
						Mort-né				0	
						Mort-né				0	
						Mort-né				0	
					Mort-né				0		
			3	0							
			3	0							
			3	0							
2015	Nandankanan		1	0			oui	Maladie mère			
2017	Kanpur Zoological Park		1	0			oui	Négligence maternelle			Mohapatra <i>et al.</i> , 2019
1991	Alipore		2	1			non				0
							oui	Négligence maternelle			
Sous-total :			35	21	60,0%				22,9%		
1975-1994	Amérique du nord										Wielebnowski, 1996
											von Schmalz-Peixoto, 2003 (Appendix 1)
											Tefera, 2003
											Metz <i>et al.</i> , 2017
Total :									23%		

Nb. de petits	Décès < 7j	Décès < 10j	Décès < 1 mois	Décès < sevrage	Décès < 6 mois	Nb. de décédés	Mort-né / Prématurés / Avortement	Abandon et négligences maternelles	Infanticide	Cannibalisme	Anomalie congénitale	Infection	Accident / Euthanasie	Biberonnage	Agression intraspécifique / Traumatisme	Autre	Inconnu	Dystocie / Césarienne
35	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%	60,0%	21	38%	5%	0%	5%	0%	38%	14%	0%	0%	0%	0%	0%
160					35,60%													
22 zoos			41%															
29				55%														
						81	15%	36%	35%	0%	5%	9%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
	57%	57%	57%	56%	40%		20%	30%	28%	1%	4%	15%	3%	0%	0%	1%	0%	0%

Espèce	Date	Lieu	Taille portée	Nb. de décès	Mortalité infantile (%)	Cause de décès	Biberonnage	Cause du biberonnage	Âge jeunes (j)	Source	
Panthère des neiges			4	4		Anomalie congénitale	oui		13	Frueh, 1968	
						Anomalie congénitale	oui		3		
						Infection (entérite)	oui		0		
						Inconnu	oui		15		
				3	2		Infection (Pneumonie)	oui			6
							infection (entérite)	oui			4
								oui			
				4	2		Cannibalisme maternel	non			3
							Infection (Empyème)	oui			9
								oui			
				2	0			oui			
				2	2		Inconnu			0	Marma et Yunchis, 1968
				4	1		Inconnu			0	
				3	1		Inconnu			2	
				2	2		Inconnu			0	
				2	2		Prématuré /avrtement			0	
				1	1		Prématuré /avrtement			0	
				2	0		Cannibalisme maternel			0	
				1	0						Calvin, 1969
	1966			1	1						Freeman, 1975
	1906			2	0						Sadleir, 1966
	28-mai-1912	Leipzig		1	1						
	01-juin-56	Copenhagen zoo		2	1		Négligence maternelle	oui		?	
								oui			
	18-mai-58	National zoological park		1	0			oui			Crandall, 1964
	1960	National zoological park		1	1		Inconnu	non			
	1959	Cheyenne mountain zoo		2	2		Inconnu	non		?	
							Inconnu	non		?	
	29-mai-87	Darjeeling		2	2		Mort-né			0	Rai et Jha, 2013
							Mort-né			0	
	24-avr-88	Darjeeling		2	2		Prémat : mort-né	oui		0	
							Prémat : Abandon	oui		2	
	9-sept.-11	Darjeeling		1	1		Infection (pleurésie)			75	
	2002	PNHZpark		2	0		Inconnu			?	
	2002	PNHZpark		3	2		Inconnu			?	
							Inconnu			?	
	2003	PNHZpark		3	3		Inconnu			?	
							Inconnu			?	
	7-nov.-03	PNHZpark		2	1		Inconnu			?	
	19-nov.-03	PNHZpark		1	1		Inconnu			?	
	16-févr.-04	PNHZpark		4	1		Inconnu			?	
	2004	PNHZpark		2	1		Inconnu			?	
							Inconnu			?	
	22-janv-07	PNHZpark		3	3		Inconnu			?	
							Inconnu			?	
							Inconnu			?	
							Inconnu			?	
08-janv-09	PNHZpark		3	3		Inconnu			?		
						Inconnu			?		
						Inconnu			?		
2011	PNHZpark		2	2		Inconnu			?		
2012	PNHZpark		1	0		Inconnu			?		
			1	1							
			1	0							
						Mort-né			0	Kinoshita et al., 2011a	
Sous-total :			71	44	61,97%						
1991										Blomqvist, 1995	
										von Schmalz-Peixoto, 2003 (Appendix 6)	
										von Schmalz-Peixoto, 2003 (Appendix 1)	
										Hampson et Schwitzer, 2016	
										Hampson et Schwitzer, 2016	
1945-1987										Wielebnowski, 1996	
										Wielebnowski, 1996	
			97					47%		Jones, 1973	
										Jones, 1973	
Total :					61,97%			32%			

Nb. de petits	Décès < 7j	Décès < 10j	Décès < 1 mois	Décès < sevrage	Décès < 6 mois	Nb. de décédés	Mort-né / Prématurés / Avortement	Abandon et négligences maternelles	Infanticide	Cannibalisme	Anomalie congénitale	Infection	Accident / Euthanasie	Biberonnage	Agression intraspécifique / Traumatisme	Autre	Inconnu	Dystocie / Césarienne
71	25%	27%	30%	31%	0%	44	16%	5%	0%	5%	5%	9%	0%	0%	0%	0%	61%	0%
79			27%															
6			0%															
86 zoos			15%															
745				4%														
774				4%														
432					25,2%													
338					25,1%													
46				70%														
51				24%														
	25%	27%	28%	8%	25%		16%	5%	0%	5%	5%	9%	0%	0%	0%	0%	61%	0%

Espèce	Date	Lieu	Taille portée	Nb. de décès	Mortalité infantile (%)	Cause de décès	Biberonnage	Cause du biberonnage	Âge jeunes (j)	Source								
jaguar			2	1		Cannibalisme maternel			0	Hunt, 1967								
			2	0						Stehlik, 1971								
			2	0														
			1	0						Sadleir, 1966								
			1	0														
		1953		1	1		Cannibalisme maternel			14	Crandall, 1964							
		3 dec 2000		2	2		Cannibalisme maternel	non		0	Selvam et al., 2005							
							Cannibalisme maternel	non		0								
		24-janv-02		3	3		Infanticide mater	non		0								
							Infanticide mater	non		0								
							décès inconnu	non		0								
		01-avr-03		1	1		Gastroentérite	oui		45								
		26-nov-03		2	1		Anomalie congénitale	oui		0								
								oui										
	1-oct.-14		1	0		Abandon	oui			Mohapatra <i>et al.</i> , 2019								
	Sous-total :		19	9	47,37%			21,1%										
										Wielebnowski, 1996								
										von Schmalz-Peixoto, 2003 (Appendix 1)								
										Duque-Correa <i>et al.</i> , 2022								
Total :								21%										
Nb. de petits	Décès < 7j	Décès < 10j	Décès < 1 mois	Décès < sevrage	Décès < 6 mois	Nb. de décédés	Mort-né / Prématurés / Avortement	Abandon et négligences maternelles	Infanticide	Cannibalisme	Anomalie congénitale	Infection	Accident / Euthanasie	Biberonnage	Agression Intraspécifique / Traumatisme	Autre	Inconnu	Dystocie / Césarienne
19	37%	37%	42%	47%	47%	9	0%	11%	22%	44%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	0%
677					26,7%													
104 zoos			20,5%															
206					22,8%	27	11,10%	0%	62,90%	0%	3,70%	14,80%	0%	0%	0%	7,40%	0%	0%
	37%	37%	42%	47%	26%		8%	3%	53%	11%	6%	11%	0%	0%	0%	6%	3%	0%

Espèce	Date	Lieu	Taille portée	Nb. de décès	Mortalité infantile (%)	Cause de décès	Biberonnage	Cause du biberonnage	Âge jeunes (j)	Source
Tigre	16-mai-65		3	0						
	1989		2	1		Infection	oui	Abandon	45	Mohapatra <i>et al.</i> , 2019
							oui	Abandon		
	2018		1	0			oui	Rejet		
							oui	Abandon + blessures		
	1966		2	0			oui	Abandon + blessures		
	1991		1	0			oui	Rjet		
	2013		4	2		Anomalie congénitale (foie)	non		32	Ali <i>et al.</i> , 2017
						Anomalie congénitale (foie)	non		173	
	2003		3	0			non			
	2005		2	1		Cannibalisme	non		0	
	2006		1	0			non			
	janv-08		2	1		Mort-né			0	Groot <i>et al.</i> , 2013
	mai-08		2	0						
	août-07		1	0						
	déc-07		2	0						
	sept-09		1	0						
	oct-10		1	0			oui	Rejet		
	avr-11		2	0						
	18-oct-97		3	3		1 Infanticide maternel	non		2	Chagas e Silva <i>et al.</i> , 2000
						Cannibalisme maternel	non		2	
						Cannibalisme maternel	non		2	
	20 fev 1996	Mysore zo	2	2		Abandon			1	Raju <i>et al.</i> , 1997
						Abandon			1	
	09-mai-97	Mysore zo	4	2		Négligence maternelle : Ecrasement et pietinement involontaires			0	
						Négligence maternelle : Ecrasement et pietinement involontaires			1	
	12-juin-05		2	1		Complications respi suite à césa			0	Donoghue <i>et al.</i> , 1990
30-mai-63	Jaipur	6	6		Mort-né	non		0		
					Mort-né	non		0		
					Mort-né	non		0		
					Abandon	non		0		
					Abandon	non		0		
					Abandon	non		0		
24-mai-60		4	4		Abandon (pas d'allaitement)	non		0		
					Abandon	non		1		
					Abandon	non		2		
					Abandon	non		0		
03-mai-64		2	2		Abandon	non		?	Sanbhala 1967	
					Abandon	non		?		

Espèce	Date	Lieu	Taille portée	Nb. de décès	Mortalité infantile (%)	Cause de décès	Biberonnage	Cause du biberonnage	Âge jeunes (j)	Source	
Tigre		london rp	3	3		Infanticide maternel			0	Sadleir, 1966	
		london rp	2	2		Infanticide maternel			0		
		london rp	3	3		Infanticide maternel					
		london rp	3	3		Infanticide maternel					
		london rp	3	3		Mort-nés			0		
		london rp	3	3		Mort-nés			0		
		london rp	3	3		Mort-nés			0		
		london rp	3	3		Infanticide maternel			0		
		london rp	3	3		Infanticide maternel			0		
		london rp	3	3		Infanticide maternel			0		
		london rp	3	3		Infanticide maternel			0		
		london rp	3	3		Infanticide maternel			0		
		Mysore zo	4	4		Dystocie : Mise bas siège = mort-né			0	Gowda, 1968	
		Mysore zo	4	4		Dystocie : Mise bas siège = mort-né			0		
		Mysore zo	4	4		Dystocie : Mise bas siège = mort-né			0		
		Mysore zo	4	4		Dystocie : Mise bas siège = mort-né			0		
		16-févr-75	whipsnade	4	3		Abandon			0	Hughes, 1977
		16-févr-75	whipsnade	4	3		Abandon			0	
				12	5		Anomalie congénitale /ictère haemolytique			5	Baudy, 1971
				12	5		Anomalie congénitale /ictère haemolytique			5	
				12	5		Anomalie congénitale /ictère haemolytique			5	
				12	5		Anomalie congénitale /ictère haemolytique			5	
				12	5		Anomalie congénitale /ictère haemolytique			5	
		9-mai-61		3	0						Sadleir, 1966
		16-janv.-62		2	0						
		11-août-62		3	0						
		16-déc.-62	london rp	2	2		mort-nés			0	
		16-déc.-62	london rp	2	2		mort-nés			0	
		23-avr.-63		2	2		Avortement			0	
		23-avr.-63		2	2		Avortement			0	
		6-août-63		4	4		Avortement			0	
		6-août-63		4	4		Mort-né			0	
		6-août-63		4	4		Mort-né			0	
		6-août-63		4	4		Mort-né			0	
		25-févr.-64		3	0						
		28-nov.-64		3	3		avortement			0	
		28-nov.-64		3	3		avortement			0	
	28-nov.-64		3	3		avortement			0		

Tigre	03-mai-64		2	2		Abandon	non		?										
	11 aout 1965		3	3		Abandon	non		?										
	19-déc-65		3	0		Abandon	non		2										
	mzi 1962	dehli	2	2		Abandon	non		3										
	17-août-64		2	2		Abandon	non		3										
	24-juin-54		3		1	Abandon	non		?										
						Abandon	non		?										
	30-janv-55		3	0		Abandon	non		0										
						Inconnu	oui		0										
							oui												
						oui													
						non													
						non													
						non													
Sous-total :			128	73	57,03%				7,8%										
1942-1993																			Wielebnowski, 1996
																			Wielebnowski, 1996
																			Hampson et Schwitzer, 2016
																			Hampson et Schwitzer, 2016
																			von Schmalz-Peixoto, 2003 (Appendix 6)
																			Seidel et Wisser, 1987
																			von Schmalz-Peixoto, 2003 (Appendix 1)
																			Mohapatra et al., 2019
2004-2010	HFBC																		Gu et al., 2016
Total :													8%						
Nb. de petits	Décès < 7j	Décès < 10j	Décès < 1 mois	Décès < sevrage	Décès < 6 mois	Nb. de décédés	Mort-né / Prématurés / Avortement	Abandon et négligences maternelles	Infanticide	Cannibalisme	Anomalie congénitale	Infection	Accident / Euthanasie	Biberonnage	Agression intraspécifique / Traumatisme	Autre	Inconnu	Dystocie / Césarienne	
128	46%	46%	46%	57%	57%	73	31%	31%	20%	4%	9%	1%	0%	0%	0%	0%	4%	7%	
122					23,80%														
55					21,80%														
1200				32%															
1270				23%															
58	34,5%	36,2%	43,1%	51,7%		30	6,70%	0%	7%	3%	0%	0%	47%	0%	0%	0%	36%		
30						67	19,40%	0%	25%	0%	3%	39%	0%	0%	0%	13%	0%	13%	
230 zoos			33,30%																
1				100%		1	0,00%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%		
605	13%					76	47,30%	25%	0%	0%	28%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
	20%	43%	45%	29%	37%		30%	17%	14%	2%	12%	11%	6%	0%	0%	4%	6%	8%	

Espèce	Date	Lieu	Taille portée	Nb. de décès	Mortalité infantile (%)	Cause de décès	Biberonnage	Cause du biberonnage	Âge jeunes (j)	Source	
Panthère nébuleuse			52				oui			Nájera <i>et al.</i> , 2015	
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
								oui			
		29-mars-55		Cheyenne m	2	2		Mort-né			
						Mort-né			0		
	mars-56	Cheyenne m	1	1		Cannibalisme maternel	non		10		
Sous-total :			86	21	24,42%		64,0%				
										Wielebnowski, 1996	
										Wielebnowski, 1996	
										Hampson et Schwitzer, 2016	
										Hampson et Schwitzer, 2016	
										von Schmalz-Peixoto, 2003	
										von Schmalz-Peixoto, 2003 (Appendix 1)	
										Wielebnowski et al., 2002b	
Total :								64%			

Nb. de petits	Décès < 7j	Décès < 10j	Décès < 1 mois	Décès < sevrage	Décès < 6 mois	Nb. de décédés	Mort-né / Prématurés / Avortement	Abandon et négligences maternelles	Infanticide	Cannibalisme	Anomalie congénitale	Infection	Accident / Euthanasie	Biberonnage	Agression intraspécifique / Traumatisme	Autre	Inconnu	Dystocie / Césarienne	
86	17%	19%	23%	23%	24%	21	19,0%	14%	14%	29%	0%	19%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	
471																			
320																			
266																			
279																			
31	6,50%		45,20%	45%		14	0,0%	29%	11%	36%	0%	25%	0%	0%	0%	0%	0%		
23 zpps				19%															
					40%														
	15%	19%	29%	22%	35%		14%	18%	13%	30%	0%	21%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	

Espèce	Date	Lieu	Taille portée	Nb. de décès	Mortalité infantile (%)	Cause de décès	Biberonnage	Cause du biberonnage	Âge jeunes (j)	Source	
Guépard		Oklahoma	3	3		Agression intraspécifique			0	Thomas, 1965	
						Agression intraspécifique			0		
						Agression intraspécifique			0		
	1962	Oklahoma	3	3		1 mort né /	non		0		
						Prématuré	oui		1		
						Anomalie congénitale	oui		10		
	1962	Oklahoma	2	2		1 infanticide père	non		0		
						Anomalie congénitale	oui		2		
	1966	Private	1	0							Florio et Spinelli, 1967
	1967	Private	3	0							Florio et Spinelli, 1968
	1967	Whipsnade	3	0						Manton, 1970	
	1968	Whipsnade	3	0							
	1970	Whipsnade	2	0						Manton, 1971	
	1968	Montpellier	3	0						Vallat, 1971	
		Toledo	4	0						Skeldon, 1973	
	25-oct-72	Whipsnade	1	0						Manton, 1974	
		Beekse BSP	5	0						Tong, 1974	
		Fota	4	0							
		Fota	5	0							
		Fota	2	0							
	1970	Montpellier	4	0							
	1956	Philadelphie		3	3		1 infanticide maternel	non		3	Rawlins, 1972
							Biberonnage	oui		3	
							Biberonnage	oui		3	
	1957	Philadelphie		2	2		Biberonnage	oui		90	
							Biberonnage	oui		90	
								oui			
								oui			
								oui			
	1966	Rome	3	0							
	1971	Whipsnade	3	0							
	1966	Rome	1	1			inconnu	non		?	
	1967	Whipsnade	3	1			inconnu			122	
1968	Whipsnade	3	0								
1970	Whipsnade	2	0								
1968	Montpellier	3	0								
1970	San Diego	3	2			Cannibalisme parents	non		0		
						Cannibalisme parents	non		0		
?	Arnhem			2		Cannibalisme parents	non		3		
						Cannibalisme parents	non		3		
24-avr-60	Krefeld			2		1 cannibalisme parents			0	Encke, 1961	
						Infanticide mater			2		
				3		1 infanticide mère	non		0	Eaton, 1974	
						Biberonnage	oui		3		
						Biberonnage	oui		3		
				1		Infection (Thyphus)			90		
				5		Mort-né / dystocie	/		0	Howard <i>et al.</i> , 1997	
						Mort-né / dystocie	/		0		
						Mort-né / dystocie	/		0		
						Mort-né / dystocie	/		0		
						Infection (pneumonie)	oui		19		

Espèce	Date	Lieu	Taille portée	Nb. de décès	Mortalité infantile (%)	Cause de décès	Biberonnage	Cause du biberonnage	Âge jeunes (j)	Source	
Guépard			52	2		Cannibalisme congénère mâle			9	Herdman, 1973	
				2		Cannibalisme congénère mâle			9		
				2		Cannibalisme congénère mâle			9		
				2		Cannibalisme congénère mâle			9		
		24-mars-56		Philadelphia	3		1 Infanticide maternel	non		0	Ulmer, 1957
							Biberonnage	oui		3	
							Biberonnage	oui		3	
		25-avr-57		Philadelphia	2		Infection (Thyphus (mère 15j))	oui		90	
							Infection (Thyphus)	oui		90	
		25-avr-60		Krefeld	0			non			Crandall, 1964
		14-juin-05			1		Infanticide maternel	non		0	Howard <i>et al.</i> , 1992
		28-mai-05		de wildt	13		Inconnu	oui		?	van Dyk, 1975
						Inconnu	oui		?		
						Inconnu	oui		?		
						Inconnu	oui		?		
						Inconnu	oui		?		
						Inconnu	oui		?		
						Inconnu	oui		?		
						Inconnu	non		?		
						Inconnu	non		?		
						Inconnu	non		?		
						Inconnu	non		?		
						Inconnu	non		?		
						30-avr-73	lion country	1		mort né (césa, siege)	
		25-oct-74		lion country	2		Négligence maternelle (Exposition)	non		0	
							Négligence maternelle (Exposition)	non		0	
		03-nov-74		lion country	0			non			
		27-oct-75		lion country	2		Cannibalisme (paraissaient malades)	non		0	
							Cannibalisme (paraissaient malades)	non		0	
		05-nov-75		lion country	0			non			
	06-nov-75	lion country	0			non					
	03-avr-76	lion country	0			non					
	05-nov-73	hogle zoo	1		Négligence maternelle	non		1	Benzon et Smith, 1975		
			4		Dystocie / mort-nés			0	Howard et al., 1997		
						Dystocie / mort-nés				0	
						Dystocie / mort-nés				0	
						Dystocie / mort-nés				0	
			3		Mort né + cannibalisme mater			0	Benzon et Smith, 1977		
						Mort né + cannibalisme mater				0	
						Mort né + cannibalisme mater				0	

Guépard	1975		4	4		Abandon suite orage	non		6	Brand, 1980	
						Abandon suite orage	non		6		
						Abandon suite orage	non		6		
						Abandon suite orage	non		6		
	1975		4	4		Abandon suite orage	non		6		
						Abandon suite orage	non		6		
						Abandon suite orage	non		6		
						Abandon suite orage	non		6		
	1975		4	4		Abandon suite orage	non		6		
						Abandon suite orage	non		6		
						Abandon suite orage	non		6		
						Abandon suite orage	non		6		
	1975		4	4		Abandon suite orage	non		6		
						Mort-né	non		0		
						Mort-né	non		0		
						Mort-né	non		0		
						Mort-né	non		0		
	1975		3	0			non				
	Sous-total :			149	86	57,72%			16%		
	1975										Brand, 1980
19676						65%			Brand, 1980		
1977						21%			Brand, 1980		
1978						3%			Brand, 1980		
1979						0%			Brand, 1980		
									Murray, 1967		
1987-1991									Marker-Kraus et Grisham, 1993		
1956-1992									Wielebnowski, 1996		
									von Schmalz-Peixoto, 2003 (Appendix 1)		
						38%			Bircher et Noble, 1997		
									Howard <i>et al.</i> , 1997		
									Bertschinger <i>et al.</i> , 2008		
									van Dyk, 2013		
									Wrogemann, 1975		
									Hampson et Schwitzer, 2016 n=1060 anx		
									Hampson et Schwitzer, 2016 n=1060 anx		
									Munson <i>et al.</i> , 1999		
									Augustus <i>et al.</i> , 2006		
									von Schmalz-Peixoto, 2003 (Appendix 6)		
2004									Ziegler-meeks, 2009		
1963-1990									Marker et Schumann, 1998		
1829-194									Marker-Kraus, 1997		
									Laurenson <i>et al.</i> , 1995		
Total :								24%			

Nb. de petits	Décès < 7j	Décès < 10j	Décès < 1 mois	Décès < sevrage	Décès < 6 mois	Nb. de décédés	Mort-né / Prématurés / Avortement	Abandon et négligences maternelles	Infanticide	Cannibalisme	Anomalie congénitale	Infection	Accident / Euthanasie	Biberonnage	Agression intraspécifique / Traumatisme	Autre	Inconnu	Dystocie / Césarienne
149	40%	43%	44%	44%	58%	86	16%	25%	7%	16%	2%	4%	0%	9%	3%	0%	17%	10%
23			48%	70%														
34			56%	56,0%														
19			11%	11,0%														
29			7%	21,0%														
23			4%	9,0%														
6					100%	6	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
201			22,4%		28%	56	18%	13%	0%	7%	7%	16%	0%	0%	0%	7%	32%	0%
723					31,8%													
54 zoos				23,5%														
32					25%													
12																		
242			24,4%															
182					38%													
140					43,0%													
1060				3,0%														
994				16,0%														
17					41,2%													
129				21,0%														
66	21,2%		22,7%	25,8%		17	0%	12%	9%	35%	0%	0%	0%	27%	18%	0%	0%	0%
162				20,3%														
						41	0%	32%	0%	29%	2%	17%	0%	12%	7%	0%	0%	0%
364			24%															
158			20,1%															
	34%	43%	26%	14%	36%		11%	21%	4%	17%	3%	13%	0%	8%	4%	2%	16%	4%

Espèce	Date	Lieu	Taille portée	Nb. de décès	Mortalité infantile (%)	Cause de décès	Biberonnage	Cause du biberonnage	Âge jeunes (j)	Source	
Puma	1986	oregon	1	1		Infection (parvo)	oui		39	Toweill, 1986	
	20-sept.-60		2	0							Sadleir, 1966
	24-mars-61		2	0							
	18-déc.-61		3	0							
	4-mai-63		3	0							
	5-sept.-64		3	0							
	21-déc.-62		2	2		Mort-né			0		
	3-juil.-63		1	0		Mort-né			0		
	19-nov-57		2	2		1 mort-né			2		Rabb, 1959
	10-mars-58		3	0		Inconnu			?		
Sous-total :			22	5	22,73%		4,5%				
Total :							5%				

Nb. de petits	Décès < 7j	Décès < 10j	Décès < 1 mois	Décès < sevrage	Décès < 6 mois	Nb. de décès	Mort-né / Prématurés / Avortement	Abandon et négligences maternelles	Infanticide	Cannibalisme	Anomalie congénitale	Infection	Accident / Euthanasie	Biberonnage	Agression intraspécifique / Traumatisme	Autre	Inconnu	Dystocie / Césarienne
22	13,6%	13,6%	13,6%	18,2%	22,7%	5	60,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%	0%
102 zoos			25%															
	14%	14%	14%	18%	23%		60%	0%	0%	0%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	20%	0%

LA GESTION DE LA REPRODUCTION DES GRANDS FÉLINS EN PARCS ZOOLOGIQUES

AUTEUR : Julie VACHER

RÉSUMÉ :

Les grands félins forment un groupe constitué de huit espèces (léopard, lion, panthère des neiges, jaguar, tigre, panthère nébuleuse, guépard, et puma) dont la plupart des populations sauvages sont aujourd'hui menacées. Elles sont en effet exposées aux multiples conséquences des activités anthropiques : chasse/braconnage, altération ou perte de leurs habitats natifs, raréfaction des proies, qui fragilisent leur maintien à long terme au sein de leurs écosystèmes d'origine. La reproduction en captivité des grands félins revêt donc un intérêt croissant pour la conservation de ces espèces. Exercée en Europe sous la supervision de l'Association Européenne des zoos et aquariums, elle vise notamment à préserver la diversité génétique des populations de grands félins en captivité, par le biais d'une coopération entre l'ensemble des établissements qui la pratiquent. Toutefois, sa mise en œuvre se heurte à de nombreux écueils pratiques et logistiques (manque de place, absence de méthode précoce pour diagnostiquer la gestation, forte prévalence de cannibalisme...) qui contraignent l'efficacité des programmes de reproduction.

Ce travail de thèse présente, dans une première partie, un bilan des connaissances existantes à l'échelle mondiale sur le cycle de reproduction des grands félins en conditions naturelles, puis recense les pratiques recommandées et les difficultés rencontrées lors de la reproduction en captivité des huit espèces cibles. Dans une seconde partie, les méthodes de gestion de la reproduction en captivité appliquées au sein des parcs zoologiques français sont décrites à partir d'une enquête conduite auprès de 19 institutions en 2021. Les résultats obtenus permettent notamment de mettre en exergue les différences inter-espèces (modes de gestion, réussite des tentatives de reproduction) et d'analyser qualitativement l'impact des pratiques de reproduction (restriction de la présence humaine, surveillance, type d'introduction, réalisation d'une détection des chaleurs ou d'un suivi de gestation, isolement des femelles...) sur le succès reproducteur. En particulier, ce travail souligne : l'importance d'une surveillance lors des mises en contact et de la mise-bas pour détecter précocement les problèmes et y remédier ; la très grande part de mort-nés observés au sein des institutions chez toutes les espèces et dont la cause est inexplicable ; l'existence de différences significatives de succès reproducteur entre certaines espèces de grands félins (tigre 17 % vs léopard 71 %, par exemple) en captivité.

Les travaux présentés et discutés ci-après mettent également en évidence un déficit de connaissances autour de l'identification des facteurs d'échecs de reproduction en captivité, pourtant nécessaire à l'amélioration des pratiques exercées par les parcs zoologiques. Certains résultats, comme le succès reproducteur du guépard de 62 %, qui ne concordent pas avec les données de la littérature, sont à prendre avec précaution et nécessitent une confirmation avec un plus grand nombre de zoos.

MOTS CLÉS :

REPRODUCTION, GRANDS FÉLINS, GESTION, PARCS ZOOLOGIQUES, MORTALITÉ, STRESS, CONTRACEPTION

JURY :

Présidente : Pr Christelle MAUREY-GUÉNEC

Directeur de thèse : Pr Alain FONTBONNE

Examineur : Dr Pascal ARNÉ

MANAGING THE REPRODUCTION OF BIG CATS IN ZOOS

AUTHOR: Julie VACHER

SUMMARY:

The big cats form a group comprising eight species (leopard, lion, snow leopard, jaguar, tiger, clouded leopard, cheetah and puma), whose wild populations are largely threatened worldwide. They are exposed to multiple effects of human activity: hunting/poaching, alteration or loss of their native habitats and prey depletion, all of which jeopardize their long-term survival in their native ecosystems. Captive breeding of big cats in zoos and reserves is therefore of growing interest for the conservation of these species. Performed in Europe under the supervision of the European Association of Zoos and Aquariums, it aims to preserve the genetic diversity of captive populations of big cats, through cooperation between all breeding establishments. However, there is a number of practical and logistical obstacles to its implementation (lack of space, absence of an early method for diagnosing gestation, high prevalence of cannibalism, etc.) which limit the effectiveness of breeding programs.

In the first part of this thesis, we present an overview of existing knowledge on the reproductive cycle of big cats under natural conditions worldwide, and then list the recommended practices and difficulties encountered during captive breeding of the eight target species. The second part describes the captive breeding management methods used in French zoos, based on a questionnaire survey of 19 institutions in 2021. The results highlight inter-species differences (management methods, success of breeding attempts) and enable a qualitative analysis of the impact of breeding practices on (restrictions on human presence, surveillance, type of introduction, heat detection or pregnancy monitoring, isolation of females, etc.) reproductive success. In particular, this work highlights: the importance of monitoring contact and farrowing to detect problems early and remedy them; the very high proportion of stillbirths observed within institutions in all species, the cause of which is unexplained; and the existence of significant differences in reproductive success between certain big cat species (tiger 17% vs. leopard 71%, for example) in captivity.

The work presented and discussed below also highlights a lack of knowledge concerning the identification of factors contributing to reproductive failure in captivity, which is essential if zoos are to improve their practices. Certain results, such as the cheetah's reproductive success of 62%, which are not consistent with the literature, should be treated with caution and confirmed by a larger number of zoos.

KEYWORDS:

REPRODUCTION, BIG CATS, MANAGEMENT, ZOOS, MORTALITY, STRESS, CONTRACEPTION

JURY:

Chairperson: Pr Christelle MAUREY-GUÉNEC

Thesis Director: Pr Alain FONTBONNE

Reviewer: Dr Pascal ARNÉ