ECOLE NATIONALE VETERINAIRE D'ALFORT

Année 2010

VACCINATION DES CANIDÉS SAUVAGES

EN PARC ZOOLOGIQUE

ENQUÊTE DANS LES PARCS ZOOLOGIQUES EUROPÉENS

THESE

Pour le

DOCTORAT VETERINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL

le……

par

Florine POPELIN

Née le 19 avril 1984 à Orléans (Loiret)

JURY

Président : M.
Professeur à la Faculté de Médecine de CRETEIL

Membres
Directeur : Dr Pascal Arné
Maître de conférences à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort
Assesseur : Dr Sophie Le Poder
Maître de conférences à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur MIALOT Jean-Paul

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles, TOMA Bernard

Professeurs honoraires: MM. BRUGERE Henri, BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, CLERC Bernard, CRESPEAU François LE BARS Henri, MOUTHON Gilbert, MILHAUD Guy, ROZIER Jacques,

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

Chef du département : Mme COMBRISSON Hélène, Professeur - Adjoint : Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences

- UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES
Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur
M. DEGUEURCE Christophe, Professeur
Mme ROBERT Céline, Maître de conférences
M. CHATEAU Henry, Maître de conférences*

- UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE
Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur*
M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur
M. FREYBURGER Ludovic, Maître de conférences

- UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE
Mme COMBRISSON Hélène, Professeur*
M. TIRET Laurent, Maître de conférences
Mme STORCK-PILOT Fanny, Maître de conférences

- UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE
Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur
M. TISSIER Renaud, Maître de conférences*
M. PERROT Sébastien, Maître de conférences

- DISCIPLINE : ETHOLOGIE
M. DEPUTTE Bertrand, Professeur

-UNITE D'HISTOLOGIE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE
M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur *
Mme BERNEX Florence, Maître de conférences
Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences
M. REYES GOMEZ Edouard, Maître de conférences contractuel

- UNITE DE VIROLOGIE
M. ELOIT Marc, Professeur *
Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences

- UNITE DE GENETIQUE MEDICALE ET MOLECULAIRE
M. PANTHIER Jean-Jacques, Professeur
Mme ABITBOL Marie, Maître de conférences*

- UNITE DE BIOCHIMIE
M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences*
M. BELLIER Sylvain, Maître de conférences

- DISCIPLINE : ANGLAIS
Mme CONAN Muriel, Professeur certifié

- DISCIPLINE : EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE
M. PHILIPS, Professeur certifié

DEPARTEMENT D'ELEVAGE ET DE PATHOLOGIE DES EQUIDES ET DES CARNIVORES (DEPEC)

Chef du département : M. POLACK Bruno, Maître de conférences - Adjoint : M. BLOT Stéphane, Professeur

- UNITE DE MEDECINE
M. POUCHELON Jean-Louis, Professeur*
Mme CHETBOUL Valérie, Professeur
M. BLOT Stéphane, Professeur
M. ROSENBERG Charles, Maître de conférences
Mme MAUREY Christelle, Maître de conférences
Mme BENCHEKROUN Ghita, Maître de conférences contractuel

- UNITE DE CLINIQUE EQUINE
M. DENOIX Jean-Marie, Professeur
M. AUDIGIE Fabrice, Professeur*
Mme GIRAUDET Aude, Praticien hospitalier
Mlle CHRISTMANN Undine, Maître de conférences
Mme MESPOULHES-RIVIERE Céline, Maître de conférences contractuel
Mme PRADIER Sophie, Maître de conférences contractuel
M. CARNICER David, Maître de conférences contractuel

- UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE
Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, Professeur (rattachée au DPASP)
M. NUDELMANN Nicolas, Maître de conférences
M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences*
M. REMY Dominique, Maître de conférences (rattaché au DPASP)
M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences
Mme CONSTANT Fabienne, Maître de conférences (rattachée au DPASP)
Mme DEGUILLAUME Laure, Maître de conférences contractuel (rattachée au DPASP)

- DISCIPLINE : URGENCE SOINS INTENSIFS
Mme Françoise ROUX, Maître de conférences

- UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE
M. FAYOLLE Pascal, Professeur *
M. MOISSONNIER Pierre, Professeur
M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences
M. NIEBAUER Gert, Professeur contractuel
Mme VIATEAU-DUVAL Véronique, Maître de conférences
Mme RAVARY-PLUMIOEN Bérangère, Maître de conférences (rattachée au DPASP)
M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences
M. JARDEL Nicolas, Praticien hospitalier

- UNITE D'IMAGERIE MEDICALE
Mme BEGON Dominique, Professeur*
Mme STAMBOULI Fouzia, Praticien hospitalier

- DISCIPLINE : OPHTALMOLOGIE
Mme CHAHORY Sabine, Maître de conférences

- UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES
M. CHERMETTE René, Professeur *
M. POLACK Bruno, Maître de conférences
M. GUILLOT Jacques, Professeur
Mme MARIGNAC Geneviève, Maître de conférences
Mme HALOS Lénaïg, Maître de conférences (rattachée au DPASP)
M. HUBERT Blaise, Praticien hospitalier

- UNITE DE MEDECINE DE L'ELEVAGE ET DU SPORT
M. GRANDJEAN Dominique, Professeur *
Mme YAGUIYAN-COLLIARD Laurence, Maître de conférences contractuel

- DISCIPLINE : NUTRITION-ALIMENTATION
M. PARAGON Bernard, Professeur

DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES ET DE LA SANTE PUBLIQUE (DPASP)

Chef du département : M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences - Adjoint : Mme DUFOUR Barbara, Professeur

- UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES
M. BENET Jean-Jacques, Professeur*
Mme HADDAD/ HOANG-XUAN Nadia, Professeur
Mme DUFOUR Barbara, Professeur
Melle PRAUD Anne, Maître de conférences contractuel

- UNITE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE
M. BOLNOT François, Maître de conférences *
M. CARLIER Vincent, Professeur
Mme COLMIN Catherine, Maître de conférences
M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Maître de conférences

- DISCIPLINE : BIOSTATISTIQUES
M. DESQUILBET Loïc, Maître de conférences contractuel

- UNITE DE ZOOTECHNIE, ECONOMIE RURALE
M. COURREAU Jean-François, Professeur
M. BOSSE Philippe, Professeur
Mme GRIMARD-BALLIF Bénédicte, Professeur
Mme LEROY Isabelle, Maître de conférences
M. ARNE Pascal, Maître de conférences
M. PONTER Andrew, Professeur*

- UNITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR
M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences
Mme BRUGERE-PICOUX Jeanne, Professeur (rattachée au DSBP)
M. MAILLARD Renaud, Maître de conférences
M. ADJOU Karim, Maître de conférences *
M. BELBIS Guillaume, Maître de conférences contractuel

* Responsable de l'Unité

REMERCIEMENTS

A notre jury de Thèse,

Au Professeur à la Faculté de Médecine de Créteil,
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,
Hommage respecteux.

Monsieur Pascal Arné, Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,
Pour avoir accepté d'encadrer cette thèse qui ne parle pas d'oiseaux,
Pour ses conseils avisés tout au long de ce travail,
Pour ses relectures plus qu'attentives,
Pour tout le reste,
Enorme merci.

Madame Sophie Le Poder, Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,
Pour avoir accepté d'encadrer ce travail avec intérêt,
Remerciements sincères.

A mes parents,
Pour tout leur amour,
Pour m'avoir sans cesse soutenue pour que je devienne vétérinaire,
Parce qu'ils ont toujours été là et qu'ils seront toujours là,
Je vous aime.

A mon frère, ma sœur, mes grands-parents, tout le reste de la famille,
Pour leur présence et leur soutien constant.

A Rudy, mon Amour,
Pour tout ce que tu es, pour tout ce que tu m'apportes,
Je t'aime.

A Caro, Diabolik' Warrior,
Qui a transformé une scolarité de "polarde" en un festival de fantaisie et d'imagination, peuplé d'expéditions nocturnes entre Letard et les urg', et couronné d'une oeuvre artistique multiple, originale et unique en son genre. Merci d'être encore là.

A Jean-François,
Qui le premier m'a soufflé l'idée d'aller faire un tour en zoo, à qui je dois Rudy et mon premier boulot, et pour son implication dans la clinique Faune Sauvage, qui n'existerait pas sans lui, et sans lequel ma vie et ma scolarité auraient été forts différentes ! Merci pour ton amitié.

A Pascal,
Pour sa stoïcité face aux facéties les plus diabolik', mais surtout pour son soutien et son aide de tous les jours, merci pour tout.

Au reste de l'équipe de la Faune sauvage, Alain, Agnès, Ruth, les bénévoles, avec lesquels travailler est toujours un plaisir.
A Guiguinours, qui m'a appris la majorité de ce que je connais sur les oiseaux, j'essaie de suivre tes traces !
Aux étudiants du Gepeva et à ceux de la Faune sauvage, pour faire vivre le centre et m'en faire voir de toutes les couleurs !

A Alexis Maillot, pour m'avoir accueillie au zoo d'Amnéville, m'avoir énormément appris et m'avoir confié ce sujet de thèse (j'en viens enfin à bout !).
A tous mes autres maîtres de stage, le Dr Proux, Marc-O Larras, Rudy, Norin, Yannick, Jaime Saimour et Dr Jess, et les autres, pour m'avoir confié une partie de leur savoir et de leur passion.

A tout le Groupe 2, "le Groupe que c'est le mieux !", pour ces quatres années d'école pleines d'amitié et de soirées, pour ces semaines à Champi dans le froid. Chacun est parti dans une voie différente, bonne chance à tous !

A Volga, Peluche, Hydriss, Lulu, Minette, Cixi et C'ian, Bounty, Ramdam, Kamo, Boldo, les Moutonnes (et le –faux– mouton sénégalais), Ebène, les Poules, les Tortues, et tous les autres animaux passés ou à venir à Allevilland et dans ma vie.

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES 7

LISTE DES PHOTOGRAPHIES 8

LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES 9

INTRODUCTION 11

PREMIERE PARTIE : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE 13

I. Présentation des Canidés sauvages 15
A. La famille des Canidés 15
B. Vulnérabilité des populations sauvages et statuts de protection 18
C. Espèces bénéficiant d'un statut particulier dans les parcs zoologiques européens 20
1. Le Loup (*Canis lupus*), Linné 1758 21
2. Le Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*), von Schreber 1775 22
3. Le Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*), Illiger 1815 23
4. Le Dhole (*Cuon alpinus*), Pallas 1811 24
5. Le Lycaon (*Lycaon pictus*), Temminck 1820 25
6. L'Otocyon (*Otocyon megalotis*), Desmaret 1822 26
7. Le Chien des buissons (*Speothos venaticus*), Lund 1842 27
8. Le Renard polaire (*Vulpes lagopus*), Linné 1758 28
9. Le Fennec (*Vulpes zerda*), Zimmerman 1780 29

II. Susceptibilité des Canidés sauvages aux maladies infectieuses canines 31
A. La parvovirose 31
1. Agent responsable 31
2. Epidémiologie chez les Canidés sauvages 32
a) Espèces réceptives et sensibles 32
b) Sources et transmission 35
3. Clinique 36
a) Symptômes 36
b) Lésions 37
c) Diagnostic 37
d) Traitement 38
4. Prophylaxie 40
a) Sanitaire 40
b) Médicale 40
B. La maladie de Carré 41
1. Agent responsable 41
2. Epidémiologie chez les Canidés sauvages 41
a) Espèces réceptives et sensibles 41
b) Sources et transmission 43
3. Clinique 43
a) Symptômes 43
b) Lésions 44

c) Diagnostic 46
d) Traitement 46
4. Prophylaxie 46
a) Sanitaire 46
b) Médicale 47
C. L'hépatite de Rubarth 48
1. Agent responsable 48
2. Epidémiologie chez les Canidés sauvages 48
a) Espèces réceptives et sensibles 48
b) Sources et transmission 48
3. Clinique 49
a) Symptômes 49
b) Lésions 49
c) Diagnostic 50
d) Traitement 50
4. Prophylaxie 51
a) Sanitaire 51
b) Médicale 51
D. La rage 52
1. Agent responsable 52
2. Epidémiologie chez les Canidés sauvages 52
a) Espèces réceptives et sensibles 52
b) Sources et transmission 52
3. Clinique 54
a) Symptômes 54
b) Lésions 54
c) Diagnostic 55
d) Traitement 55
4. Prophylaxie 55
a) Sanitaire 55
b) Médicale 56
E. La leptospirose 58
1. Agent responsable 58
2. Epidémiologie chez les Canidés sauvages 58
a) Espèces réceptives et sensibles 58
b) Sources et transmission 59
3. Clinique 60
a) Symptômes 60
b) Lésions 60
c) Diagnostic 61
d) Traitement 61
4. Prophylaxie 62
a) Sanitaire 62
b) Médicale 62

III. Vaccination des Canidés sauvages 67
A. Vaccins disponibles 67
1. Types de vaccins existants 67
2. Vaccins disponibles contre la parvovirose 68
a) Parvovirose canine 68
b) Parvovirose féline 70
3. Vaccins disponibles contre la maladie de Carré 71

4. Vaccins disponibles contre l'hépatite de Rubarth 74
5. Vaccins disponibles contre la rage 76
6. Vaccins disponibles contre la leptospirose 78
B. Efficacité des vaccins 80
1. Evaluation de l'efficacité des vaccins 80
2. Etudes sérologiques chez les Canidés sauvages 83
a) Vaccination contre la parvovirose 83
b) Vaccination contre la maladie de Carré 85
(1) Chez le Lycaon 85
c) Vaccination contre l'hépatite de Rubarth 91
d) Vaccination anti-rabique 91
3. Echec vaccinal 94
a) Vaccination contre la parvovirose 94
b) Vaccination contre la maladie de Carré 95
c) Vaccination contre la rage 96
C. Innocuité des vaccins 99
1. Maladies vaccino-induites 99
a) Vaccins contre la parvovirose 99
b) Vaccins contre la maladie de Carré 100
(1) Maladie vaccinale chez le Chien des buissons 101
(2) Maladie vaccinale chez le Loup à crinière 102
(3) Maladie vaccinale chez le Lycaon 102
c) Vaccins contre l'hépatite de Rubarth 103
d) Vaccins anti-rabique 104
2. Autres défauts d'innocuité 107
a) Réactions locales 107
b) Hypersensibilité 107
c) Immunodépression 107
d) Excrétion de la souche vaccinale 108
3. Bonne innocuité des vaccins 108
D. La place de la vaccination orale 113
1. Principe de la vaccination orale 113
2. Vaccins existants 114
a) Vaccin vivant atténué SAD 114
b) Vaccin vivant atténué SAG 115
c) Vaccin recombinant 116
3. Utilisation de la vaccination orale en parc zoologique 118
E. Recommandations vaccinales pour les Canidés sauvages 120
1. Considérations générales 120
a) Choix des protocoles 120
b) Choix des vaccins 122
(1) Vaccin vivant ou inactivé 122
(2) Choix des vaccins par valence 123
(3) Multivalent ou monovalent 124
(4) Autres critères de choix 125
c) Choix de la voie et de la méthode d'administration 125
(1) Voies d'administration 125
(2) Méthodes d'administration 126
d) Autres considérations 128
2. Rappels des protocoles recommandés chez le Chien 129
a) Protocole de base 129

(1) Parvovirose 129
(2) Maladie de Carré 129
(3) Hépatite de Rubarth 130
(4) Rage 130
(5) Leptospirose 130
b) Cas particuliers 131
(1) Gestation 131
(2) Introduction dans un élevage ou chenil 131
(3) Epizootie 131
3. Protocoles proposés dans la littérature pour "toutes espèces sensibles" 132
a) Protocoles "toutes espèces" contre la parvovirose 132
b) Protocoles "toutes espèces" contre la maladie de Carré 132
c) Protocoles "toutes espèces" contre l'hépatite de Rubarth 133
d) Protocole "toutes espèces" contre la rage 133
e) Protocole "toutes espèces" contre la leptospirose 133
4. Choix des vaccins et des protocoles par espèce 134
a) Le Loup (*Canis lupus*) 134
b) Le Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*) 135
c) Le Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*) 135
(1) Parvovirose 137
(2) Maladie de Carré 138
(3) Autres vaccins 138
d) Le Dhole (*Cuon alpinus*) 138
e) Le Lycaon (*Lycaon pictus*) 139
(1) Maladie de Carré 140
(2) Rage 141
f) L'Otocyon (*Otocyon megalotis*) 141
g) Le Chien des buissons (*Speothos venaticus*) 141
h) Le Renard polaire (*Vulpes lagopus*) 143
i) Le Fennec (*Vulpes zerda*) 144

SECONDE PARTIE : ÉTUDE PERSONNELLE 147

**ENQUÊTE :
RÉALITÉ DE LA VACCINATION DES CANIDÉS SAUVAGES DANS LES PARCS ZOOLOGIQUES EUROPÉENS 147**

I. Matériel et méthode 149
A. But de l'enquête 149
B. Choix des espèces et des parcs 149
C. Présentation du questionnaire 151

II. Résultats 155
A. Evaluation du taux de réponse 155
1. Taux de réponse au premier questionnaire 155
2. Taux de réponse au second questionnaire 155
3. Quelques problèmes rencontrés 157
B. Réponses au premier questionnaire 158
1. Taux de vaccination 158
a) Taux de vaccination par espèce 158
b) Différences de stratégies entre parcs 159

2. Raisons des non-vaccinations 161
3. Connaissance des risques liés à la vaccination 163
C. Réponses au second questionnaire 164
1. Raisons évoquées pour entreprendre la vaccination 165
2. Ancienneté de la vaccination 168
3. Valences vaccinales les plus utilisées 169
a) Valences utilisées 169
b) Vaccination monovalente 169
c) Vaccination multivalente 170
d) Valences utilisées par espèce 170
4. Animaux vaccinés 171
5. Vaccins utilisés 174
6. Protocoles vaccinaux par espèce 175
a) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Loup *(Canis lupus)* 175
b) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Chacal à Chabraque *(Canis mesomelas)* 178
c) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Loup à crinière *(Chrysocyon brachyurus)* 178
d) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Dhole *(Cuon alpinus)* 180
e) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Lycaon *(Lycaon pictus)* 180
f) Protocoles vaccinaux utilisés chez l'Otocyon *(Otocyon megalotis)* 181
g) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Chien des buissons *(Speothos venaticus)* 181
h) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Renard polaire *(Vulpes lagopus)* 181
i) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Fennec *(Vulpes zerda)* 182
7. Administration pratique du vaccin 183
a) Mode d'administration 183
b) Voie d'administration 184
c) Dose utilisée 185
d) Séparation des valences 185
e) Traitement concomitant 186
8. Effets secondaires 188
9. Efficacité 189
a) Défaut d'efficacité 189
b) Etudes sérologiques 189

III. Discussion : intérêts et limites de la vaccination des Canidés sauvages en parc zoologique 191
A. Discussion de l'intérêt et des limites de l'étude 191
1. Choix des espèces, représentativité 191
2. Choix des parcs, représentativité 191
3. Représentativité des réponses 192
4. Intérêts et limites d'une étude sous forme de questionnaire 192
a) Limites sur la quantité d'information récoltée 192
b) Limites quant à la fiabilité des données récoltés 194
B. Vacciner ou ne pas vacciner 196
1. Importance de la vaccination dans les parcs zoologiques européens 196
2. La décision vaccinale : choix de vacciner ou non 197
a) La vaccination comme mesure de prophylaxie 197
b) Les limites pratiques de la vaccination 199
c) Les limites des vaccins disponibles 200
(1) Défaut d'innocuité 200
(2) Défaut d'efficacité 201
C. Les accidents vaccinaux 204

D. La vaccination en pratique 207
1. Difficultés pratiques à la vaccination 207
2. Influence de l'âge 207
3. Influence de l'espèce 208
E. Choix des vaccins et des protocoles 211
1. Choix de la stratégie vaccinale 211
a) Adaptation de la stratégie vaccinale 211
b) Autres considérations 213
2. Choix de vaccins ou protocoles alternatifs 214
a) Utilisation de vaccins importés ou non-commerciaux 214
b) Utilisation de protocoles originaux 215
3. Comparaison des protocoles utilisés à ceux conseillés 216
a) Chez le Loup 216
b) Chez le Chacal à chabraque 217
c) Chez le Loup à crinière 217
d) Chez le Dhole 218
e) Chez le Lycaon 218
f) Chez l'Otocyon 219
g) Chez le Chien des buissons 219
h) Chez le Renard polaire 220
i) Chez le Fennec 220

CONCLUSION 223

BIBLIOGRAPHIE 225

ANNEXES 235

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1. Diagramme phylogénétique des Canidés (d'après [98]) 16
Tableau 1. Classification des Canidés [8, 11, 165] 17
Tableau 2. Niveaux de classification de l'UICN [11] 18
Tableau 3. Annexes de la CITES 19
Tableau 4. Sensibilité et réceptivité des Carnivores aux différents *Parvovirus* 33
Tableau 5. Cas cliniques détaillés de parvovirose spontanée décrits en captivité chez les 9 espèces de l'étude 38
Tableau 6. Réceptivité et sensibilité des carnivores sauvages à la maladie de Carré, d'après [84]. 42
Tableau 7. Cas cliniques détaillés de maladie de Carré spontanés décrits chez les 9 espèces de l'étude 45
Tableau 8. Cas cliniques détaillés d'hépatite de Rubarth spontanée décrits en captivité chez les 9 espèces de l'étude 50
Tableau 9. Récapitulatif des cas décrits de chacune des 5 maladies spontanées chez les 9 espèces de l'étude avec la référence bibliographique. 64
Tableau 10. Récapitulatif des caractéristiques des cinq maladies étudiées 65
Tableau 11. Vaccins disponibles en France contre la parvovirose canine [9] 69
Tableau 12. Vaccins disponibles en France contre la maladie de Carré [9]. 72
Tableau 13. Vaccins disponibles en France contre l'hépatite de Rubarth (EH). 75
Tableau 14. Vaccins disponibles en France contre la rage [9]. 77
Tableau 15. Vaccins disponibles en France contre la leptospirose canine [9]. 79
Tableau 16. Récapitulatif des maladies vaccinales suspectées décrites dans la littérature chez les 9 espèces de l'étude. 105
Tableau 17 : Vaccins utilisés sans effet secondaire chez les Canidés sauvages 109
Tableau 18. Protocoles proposés contre la parvovirose 132
Tableau 19. Protocoles proposés contre la maladie de Carré 132
Tableau 20. Protocoles proposés contre l'hépatite de Rubarth 133
Tableau 21. Protocoles proposés contre la rage 133
Tableau 22. Protocoles proposés contre la leptospirose 133
Tableau 23. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Loup (*Canis lupus*). 134
Tableau 24. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*) 135
Tableau 25. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*) 135
Tableau 26. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Lycaon (*Lycaon pictus*) 139
Tableau 27. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Chien des buissons (*Speothos venaticus*) 141
Tableau 28. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Renard polaire (*Vulpes lagopus*) 143
Tableau 29. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Fennec (*Vulpes zerda*) 144
Tableau 30. Liste des 9 espèces sur lesquelles porte l'enquête 149
Figure 2. Répartition géographique des parcs ayant répondu au premier questionnaire 156
Tableau 31. Taux de vaccination (passée et présente confondues) des différentes espèces de l'étude. 158
Figure 3. Répartition des parcs (n = 104) vaccinant tout, partie ou aucune des espèces de l'étude détenues. 159

Tableau 32. Taux de vaccination (passée et présente confondues) des différentes espèces de l'étude détenues dans des parcs vaccinant au moins une des espèces. 160
Tableau 33. Raisons de la non-vaccination (en nombre de réponses)..... 161
Tableau 34. Nombre de parcs ayant connaissance de risque de maladie vaccinale chez les différentes espèces..... 163
Tableau 35. Nombre de réponses au second questionnaire par espèce cible. 164
Tableau 36. Raisons de la vaccination (nombre de réponses par espèce)..... 165
Tableau 37. Maladie rencontrée dans le parc ayant entraîné des mesures de vaccination..... 166
Tableau 38. Durée de la vaccination par espèce (nombre de parcs) 168
Tableau 39. Age à la primovaccination (nombre de réponses) 172
Tableau 40. Protocoles vaccinaux utilisés en Europe chez le Loup (valences administrées par âge et par parc) 176
Tableau 41. Protocoles vaccinaux utilisés en Europe chez le Loup à crinière (valences administrées par âge et par parc)..... 179
Tableau 42 : récapitulatif des techniques de vaccination utilisées (en nombre de réponses par espèce)..... 183
Tableau 43: voie d'administration des vaccins (nombre de réponses) 184
Tableau 44 : traitements réalisés en même temps que la vaccination..... 186
Tableau 45. Poids et type d'organisation sociale des espèces de l'étude pouvant influer sur les techniques de vaccination (classement par poids décroissant)..... 209
Tableau 46. Influence de l'espèce sur les difficultés pratiques et les techniques pratiques de vaccination. 210

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1. Loup (*Canis lupus*). Tierpark Berlin (Allemagne). 21
Photo 2. Chacal à chabraques (*Canis mesomelas*). Tierpark Berlin (Allemagne). 22
Photo 3. Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*). Tierpark Berlin (Allemagne) 23
Photo 4. Dhole (*Cuon alpinus*). Zoo de Fuengirola (Espagne). 24
Photo 5. Lycaon (*Lycaon pictus*). Zoo d'Amnéville (France). 25
Photo 6. Otocyon (*Otocyon megalotis*). ZooParc de Beauval (France). 26
Photo 7. Chien des buissons (*Speothos venaticus*). Ménagerie du Jardin des Plantes (France). .. 27
Photo 8. Renard polaire (*Vulpes lagopus*). Parc de Sainte Croix (France). 28
Photo 9. Fennec (*Vulpes zerda*). Zoo d'Amnéville (France). 29

LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES

ADN = Acide DésoxyriboNucléique
AFSSA = Agence Française de Sécurite Sanitaire des Aliments
AFVPZ = Association Francophone des Vétérinaires de Parc Zoologique
ALAT = Alanine Amino-transférase
AMM = Autorisation de Mise sur le Marché
ARN = Acide RiboNucléique
BFPV = "Blue Fox ParvoVirus" = Parvovirus du Renard polaire
C = Maladie de Carré
CAV = Canine AdénoVirus (*Adenovirus* canin)
CITES = "*Convention on International Trade in Endangered Species*"
= Convention sur le commerce international des espèces menacées, Convention de Washington
CPV = Canine ParvoVirus (*Parvovirus* canin)
DICC50 = CCID50 = "*Cell Culture Infective Dose*" = Dose Infectante pour 50% des Cultures Cellulaires
DICP50 = Dose Infectieuse CytoPathogène 50
DICT50 = Dose Infectante sur Culture tissulaire 50 = pour 50 % des Cultures Tissulaires
DL50 = Dose létale pour 50 % des animaux
EAZA = "*European Association of Zoos and Aquaria*"
= Association Européenne des Zoos et Aquariums
EAZWV = "*European Association of Zoo and Wildlife Veterinarians*"
= Association Européenne des Vétérinaires de Zoo et de Faune sauvage
EEP = "*Europäische Erhaltungszuchtprogramme*" = Programme d'Elevage Européen
ELISA = *"Enzyme Like ImmunoSorbent Assay"* = Dosage immunoenzymatique
EMEA = "*European Medicine Agency*" = Agence Européenne du Médicament
ESB = *"European StudBook"* = Livre des origines Européen
FAVN = "*Fluorescence Antibody Neutralisation Test*" = Test de neutralisation des anticorps par fluorescence
FPV = Féline ParvoVirus
H = Hépatite de Rubarth
HEP = *"High Egg Passage"* = nombreux passages sur œuf embryonné
IgG = Immunoglobulines G
IM = Intra-Musculaire
ISCOM = *"ImmunoStimulating COMplex"* = Complexe ImmunoStimulant
ISIS = "*International Species Information System*" = Système d'Information International sur les Espèces
IUCN = "*International Union for the Conservation of Nature and Natural ressources*"
= Union Internationale pour la Conservation de la Nature et des ressources naturelles
L = Leptospirose
LCR = Liquide Céphalo-Rachidien
LEP = *"Low Egg Passage"* = Faible nombre de passages sur œuf embryonné

MEV = *"Mink Enteritis Virus"* = Virus de l'Entérite du Vison
MWSSP = *"Maned Wolf Species Survival Plan"* = Plan de Sauvegarde d'Espèce du Loup à Crinière
OIE = Office Internationale des Epizooties, aujourd'hui appelée Organisation Mondiale de la Santé Animale
P = Parvovirose
PAL = Phosphatase Alcaline
PCR = *"Polymerase Chain Reaction"* = Réaction de polymérisation en chaîne
Pi = Parainfluenza
R = Rage
RCP = Résumé des Caractéristiques du Produit
RDPV = *"Raccoon Dog Parvovirus"* = Parvovirus du Chien Viverrin
RFFIT = *"Rapid Fluorescent Focus Inhibition Test"* = Test Rapide d'Inhibition des Foyers de Fluorescence
RPV = *"Raccoon Parvo Virus"* = Parvovirus du Raton-Laveur
RT-PCR = *"Reverse Transcriptase PCR"* = PCR par transcriptase inverse
SC = Sous-cutanée
UE = Union Européenne
U.I. = Unité Internationale
SAD = *"Street Alabama Dufferin"* (souche rabique vaccinale)
SAG = *"SAD-Avirulent-Gif"* = mutant avirulent de SAD (souche rabique vaccinale)
TAG = *"Taxon Advisory Group"* = Groupe Consultatif sur un Taxon

INTRODUCTION

L'exercice en parc zoologique est un défi pour le vétérinaire.

Lors de maladies, les animaux sauvages cachent naturellement leurs symptômes, synonymes de faiblesse et donc signe d'appel pour les prédateurs dans la nature, jusqu'à des stades avancés, rendant les diagnostics difficiles et les traitements, mis en place tardivement, aléatoires. Toute action diagnostique ou thérapeutique implique des procédures de capture et de contention délicates et stressantes pour l'animal, compliquant d'autant la prise en charge d'affections aisément traitées chez l'animal domestique. Les parcs zoologiques réunissent en outre des conditions favorables à l'introduction et au développement de maladies infectieuses, en concentrant un grand nombre d'individus réceptifs et sensibles, rendus plus vulnérables encore par le stress chronique de la captivité. Enfin, une partie des espèces concernées est rare ou menacée, et chaque individu est précieux. La médecine préventive tient donc une part importante dans la gestion d'un cheptel d'animaux sauvages en captivité.

La vaccination est une méthode de prévention qui semble *a priori* facile à mettre en œuvre et efficace, notamment chez les Canidés sauvages. Ces derniers sont, en effet, sensibles aux mêmes maladies que le chien domestique et devraient pouvoir bénéficier en première approche de l'expérience et des produits développés pour celui-ci. C'est donc dans l'arsenal vaccinal de base destiné au chien que va puiser le vétérinaire de Canidés sauvages : maladie de Carré, hépatite de Rubarth, parvovirose, leptospirose et rage. Cependant, ces vaccins ont été mis au point pour l'espèce de destination dans des conditions précises. L'extension de leur utilisation à des espèces exotiques ou sauvages, chez lesquelles la réalisation d'études pharmacologiques n'est pas entreprise par les laboratoires car non rentable ou éthiquement inenvisageable sur des animaux rares ou menacés, se fait obligatoirement hors AMM. On ne peut donc exclure des problèmes d'efficacité vaccinale ou des défauts d'innocuité chez ces espèces.

Notre étude, en regroupant des données de la littérature et du terrain, a pour but d'évaluer l'intérêt et la faisabilité de la vaccination des Canidés sauvages en captivité, afin d'aider le vétérinaire à évaluer l'opportunité d'une vaccination et à choisir un protocole vaccinal sûr et fiable le cas échéant.

Nous présenterons dans une première partie les Carnivores sauvages, en insistant sur neuf espèces dont les populations sont particulièrement suivies au sein des parcs zoologiques européens, et sur lesquelles portera plus spécifiquement notre étude. Nous détaillerons ensuite la réceptivité et la sensibilité des Canidés sauvages aux cinq maladies prises en compte dans l'arsenal vaccinal canin. Puis, nous nous intéresserons aux protocoles vaccinaux proposés dans la littérature, aux résultats décrits en termes d'efficacité et d'innocuité. Dans une seconde partie, nous essayerons d'évaluer les pratiques vaccinales dans les parcs zoologiques européens grâce à la réalisation d'une enquête.

PREMIERE PARTIE : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Présentation des Canidés sauvages

A. La famille des Canidés

La famille des Canidés appartient à la classe des Mammifères et à l'ordre des Carnivores. Nous présentons sa place dans la classification et ses principales caractériques.

RÈGNE :	*Animalia*
EMBRANCHEMENT :	*Chordata*
SOUS-EMBRANCHEMENT :	*Vertebrata*
CLASSE :	*Mammalia*
SOUS-CLASSE :	*Eutheria*
ORDRE :	*Carnivora*
SOUS-ORDRE :	*Caniforma*
FAMILLE :	*Canidae* (Fischer, 1817)[165]

Les Carnivores sont des mammifères caractérisés par leur dentition adaptée à un régime à base de viande, et notamment par la présence d'une carnassière, dent modifiée correspondant à la 4ème prémolaire supérieure et la 1ère molaire inférieure [95, 111]. L'ordre des Carnivores comprend 15 familles, dont 9 sont regroupées dans le sous-ordre des Caniformes (Canidés, Ursidés, Otariidés, Odobenidés, Phocidés, Mustélidés, Méphitidés, Procyonidés et Ailuridés) et 6 parmi les Féliformes [165].

Apparue il y a 40 à 60 millions d'années, la famille des Canidés comprend entre 35 [111] et 38 [95] espèces selon les classifications proposées (Tableau 1). Nous utilisons dans ce travail la classification de Wilson et Reeder 2005 [165], qui reconnait 36 espèces. Les Canidés sont des animaux terrestres, digitigrades, aux pattes fines et longues dotées de griffes non rétractiles, capables de parcourir de longues distances [95, 111]. Essentiellement chasseurs, carnivores à tendance omnivore, leur dentition compte habituellement 42 dents (sauf l'Otocyon : 46 ; le Dhole : 40 et le Chien des buissons : 38 dents) [95]. Ils sont répartis sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique, et occupent des habitats variés.

Un diagramme phylogénétique des Canidés est présenté dans la figure 1. Etabli à partir de l'analyse de 15 kilobases d'ADN génomique, il met en évidence quatre clades au sein de la famille : le clade du type Renard (genre *Vulpes* principalement), le clade des Canidés sud-américains (genre *Lycalopex* principalement), le clade du type Loup (genre *Canis* principalement), et le clade regroupant deux espèces du genre *Urocyon* [98]. Le panel d'espèces qui sera plus spécifiquement étudié dans ce travail (*cf. infra*) est assez représentatif de la diversité de la famille et des différentes branches de l'arbre phylogénétique. Il inclut à la fois le plus proche cousin du Chien domestique, le Loup (*Canis lupus*), et des genres qui lui sont très éloignés phylogénétiquement (*Vulpes, Otocyon*).

Le genre *Canis* regroupe 7 espèces parmi lesquelles le Chien domestique (*Canis familiaris* ou *Canis lupus familiaris*). Elles possèdent toutes 37 paires de chromosomes [95] et sont deux à deux interfécondes.

Figure 1. Diagramme phylogénétique des Canidés (d'après [98])

Les espèces de l'étude sont soulignées et illustrées

Les cadres gris indiquent la date de divergence (en millions d'années (Myr))

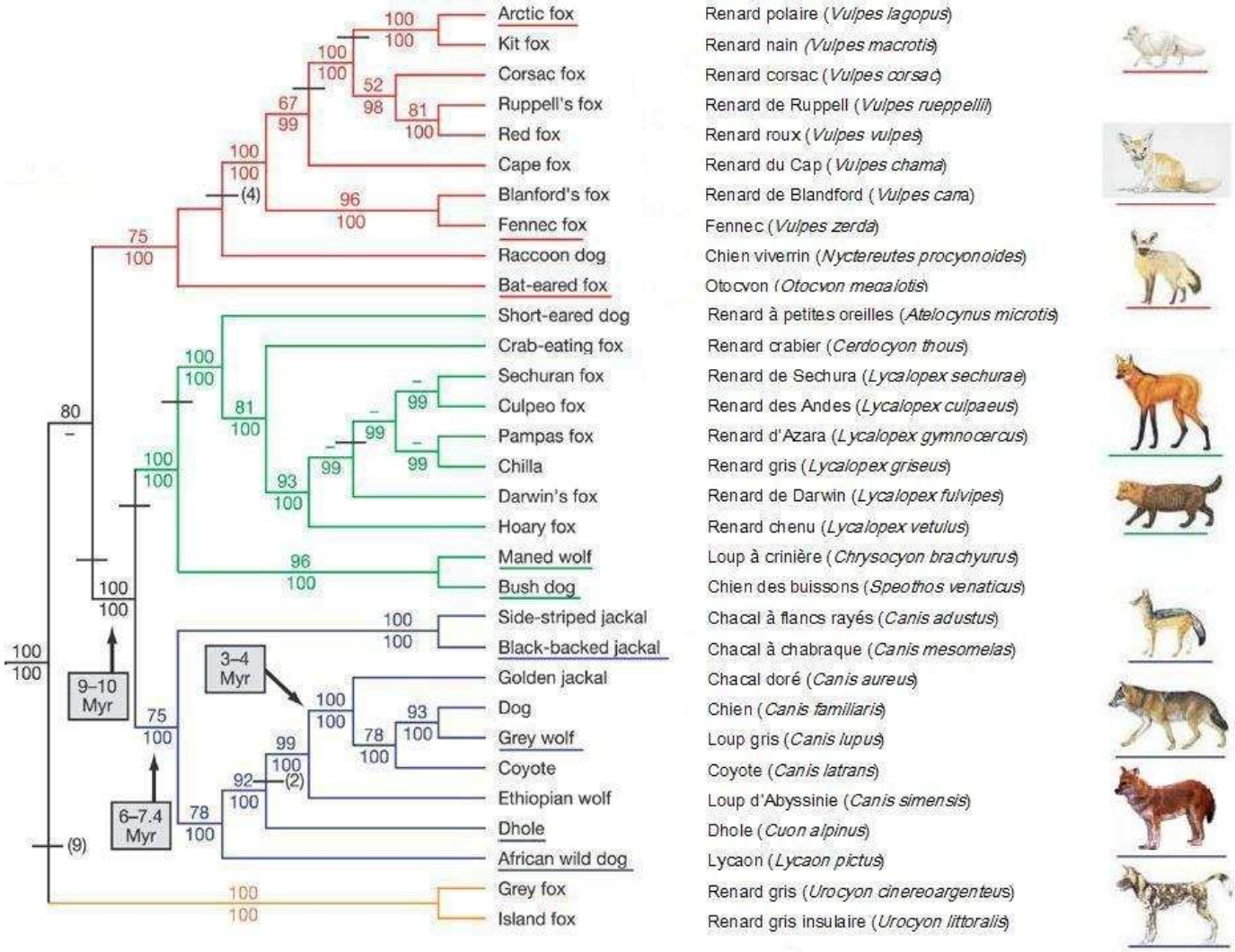


Tableau 1. Classification des Canidés [8, 11, 165]

GENRE	ESPÈCE	Nom vernaculaire	Répartition	Protection CITES / UE	Statut UICN
Atelocynus	*microtis*	Renard à petites oreilles	Amérique du Sud	Aucune	DD
Canis	*adustus*	Chacal à flancs rayés	Afrique	Aucune	LC
	aureus	Chacal doré	Bassin méditerranéen, Moyen-Orient	III (Inde) / C	LC
	latrans	Coyote	Amérique du Nord et Centrale	Aucune	LC
	lupus	**Loup gris**	Hémisphère nord	I ou II*/A ou B / Protégé Fr	LC **
	mesomelas	**Chacal à chabraque**	Afrique	Aucune	LC
	rufus (ou C. lupus rufus)	Loup rouge	Amérique du Nord	Aucune	CR
	simensis	Loup d'Abyssinie	Ethiopie	A	EN
Cerdocyon	*thous*	Renard crabier	Amérique du Sud	II / B / Protégé Fr	LC
Chrysocyon	***brachyurus***	**Loup à crinière**	Amérique du Sud	II / B	NT
Cuon	***alpinus***	**Dhole / Chien sauvage d'Asie**	Asie	II / B	EN
Dusicyon	*australis*	Loup des Falkland	Iles Falkland	Aucune	EX (1876)
Lycalopex (ou Pseudalopex)	*culpaeus*	Renard des Andes / Loup de Magellan / Renard colfeo	Amérique du Sud	II / B	LC
	fulvipes	Renard de Chiloé / Renard de Darwin	Ile Chiloé (Amérique du Sud)	II / B	CR
	griseus	Renard gris	Amérique du Sud	II / B	LC
	gymnocercus	Renard d'Azara	Amérique du Sud	II / B	LC
	sechurae	Renard du désert austral / Renard de Sechura	Amérique du Sud	Aucune	DD
	vetulus	Renard chenu / Renard du Brésil	Amérique du Sud	Aucune	DD
Lycaon	***pictus***	**Lycaon / Loup peint / Cynhyène**	Afrique	Aucune	EN
Nyctereutes	*procyonoides*	Chien viverrin	Nord-est de l'Asie	Aucune	LC
Otocyon	***megalotis***	**Otocyon**	Est et sud de l'Afrique	Aucune	LC
Speothos	***venaticus***	**Chien des buissons**	Amérique du Sud	I / A / Protégé Fr	NT
Urocyon	*cinereoargenteus*	Renard gris	Amérique	Aucune	LC
	littoralis	Renard gris insulaire	Amérique du Nord	Aucune	CR
Vulpes	*bengalensis*	Renard du Bengal	Inde	III (Inde) / C	LC
	cana	Renard de Blandford	Moyen-Orient	II / B	VU
	chama	Renard du Cap	Sud de l'Afrique	Aucune	LC
	corsac	Renard corsac / Renard des steppes	Asie	Aucune	LC
	ferrilata	Renard tibétain	Chine, Népal	Aucune	LC
	lagopus (ou Alopex lagopus)	**Renard polaire / Renard arctique**	Cercle polaire arctique	Aucune	LC
	macrotis	Renard nain	Amérique du Nord	Aucune	LC
	pallida	Renard pâle	Afrique	Aucune	DD
	rueppellii	Renard de Rüppell / Renard famélique	Moyen-Orient	Aucune	DD
	velox	Renard véloce	Amérique du Nord	Aucune	LC
	vulpes	Renard roux	Hémisphère nord	III (Inde) / D***	LC
	zerda	**Fennec**	Afrique du nord, Arabie	II / B	DD

Les espèces en **caractères gras** correspondent aux espèces incluses dans notre étude (seconde partie) ; Fr : France
Pour la signification des statuts de protection et UICN : voir paragraphe suivant (I.B.)
* Seules les populations de l'Inde, du Pakistan, du Bhoutan et du Népal sont en annexe IA, les autres sont en annexe IIB.
** Sauf pour la sous-espèce mexicaine (*C.l.baleyi*) = EW, la sous-espèce italienne (*C.l.italicus*) = VU, la sous-espèce hispanique (*C.l.signatus*) = LC mais dépendante des mesures de protection, et le Dingo (*C.l.dingo*) = VU.
*** Uniquement pour les sous-espèces : *V. v. griffithi, V. v. montana et V. v. pusilla.*

B. Vulnérabilité des populations sauvages et statuts de protection

Si la majorité des espèces de Canidés n'est pas en danger, certaines sont plus ou moins gravement menacées dans la nature. Les principales causes de la diminution de leurs effectifs sont la destruction ou la fragmentation de leur territoire par l'Homme, la chasse intensive justifiée pour des motifs variables (compétition pour le gibier, attaque du bétail, propagation de la rage...), et les épizooties. Les maladies infectieuses, telles la maladie de Carré ou la rage, sont souvent transmises par les chiens domestiques, avec lesquels les contacts sont de plus en plus fréquents en raison de l'extension des activités humaines sur le territoire des Canidés sauvages [11].

Plusieurs mesures ont été prises à l'échelle internationale pour limiter voire enrayer la disparition de ces espèces.

L'IUCN ou *"World Conservation Union"*, a été fondée en octobre 1986 en France. Son but est d'encourager et d'aider les gouvernements à la protection de leurs ressources naturelles. Elle publie tous les quatre ans la Liste Rouge des espèces menacées (*"Red List of Threatened Species"*), qui recense et classe les espèces en fonction de leur risque d'extinction, afin de mettre en avant les plus menacées [11].

Plusieurs niveaux de classification sont utilisés et sont présentés dans le tableau 2 [11].

Tableau 2. Niveaux de classification de l'UICN [11]

Abréviation	Signification anglophone	Signification francophone
EX	Extinct	Eteint
EW	Extinct in the Wild	Eteint dans la nature, l'espèce ne survit qu'en captivité
CR	Critically endangered	En danger critique d'extinction
EN	Endangered	En fort danger d'extinction
VU	Vulnerable	En danger d'extinction
NT	Near Threatened	Quasi menacé, sera très probablement en danger d'extinction dans un futur proche, si des mesures de protection ne sont pas mises en place
LC	Lower Risk = Least Concern	Non menacé
DD	Data Deficient	Les données concernant la répartition ou la taille de la population ne permettent pas d'attribuer à ce taxon une catégorie
NE	Not Evaluated	Non évalué, aucune étude n'a été réalisée permettant d'attribuer à ce taxon une catégorie

Selon cette liste, plus de la moitié des espèces de Canidés sauvages ne sont pas considérées comme menacées dans leur milieu naturel (classification *"Lower risk"*) (Tableau 1). Parmi les espèces en danger, certaines bénéficient de programmes d'élevage en captivité : *Canis rufus* et *Canis lupus baleyi* aux Etats-Unis d'Amérique, et *Canis lupus signatus*, *Cuon alpinus*, *Chrysocyon brachyurus*, *Lycaon pictus*, *Speothos venaticus* et *Vulpes zerda* en Europe. Ces programmes seront détaillés dans la partie suivante.

La CITES, aussi connue sous le nom de Convention de Washington, a été signée en 1973. La France l'a ratifiée en 1978 et le nombre d'États-Parties s'élève aujourd'hui à 173. Elle a pour objectif "de garantir que le commerce international des espèces inscrites dans ses annexes, ainsi que des parties et produits qui en sont issus, ne nuit pas à la conservation de la biodiversité et repose sur une utilisation durable des espèces sauvages" [8]. Ainsi, fixe-t-elle des limites au commerce des espèces menacées, réparties dans quatre annexes présentées dans le tableau 3.

Tableau 3. Annexes de la CITES

Annexe	Mesures de protection associées
I	commerce interdit, exportation et importation sont uniquement autorisées sur dérogation à des fins de recherche scientifique
II	commerce limité, exportation et importation sont soumises à l'obtention d'une autorisation ("Permis CITES"), les autorisations d'exportation étant délivrées en nombre limité afin de ne pas compromettre la survie de l'espèce
III	commerce limité localement : certains pays peuvent choisir de placer une espèce en annexe III afin de réguler son volume d'exportation. L'importation d'un tel animal nécessite un certificat d'origine et, si l'animal provient d'un des pays l'ayant inscrit en annexe III, une autorisation d'exportation

Tous les pays membres de l'Union Européenne ont ratifié la CITES. L'Europe a alors mis en place des textes de loi plus contraignants, en répartissant les espèces en quatre annexes (Réglement CE n°338/97). Les trois premières (Annexes A, B et C) correspondent aux annexes I, II et III de la CITES pour ce qui concerne les mesures de protection, mais rassemblent un plus grand nombre d'espèces. L'annexe D liste des espèces non concernées par la CITES, mais pour lesquelles l'Europe souhaite contrôler les flux d'importation et d'exportation. Dans les pays de l'Union Européenne s'appliquent donc les lois européennes, plus strictes que la CITES.

Cet arsenal législatif international se veut une forte protection contre le trafic d'espèces animales et encadre notamment la circulation des animaux entre parcs zoologiques. Cependant, elle ne concerne que les activités de commerce, ce qui explique que certaines espèces considérées comme menacées par l'UICN ne figurent pas dans les annexes de la CITES. C'est le cas notamment du Lycaon, classé en fort danger d'extinction car massacré par les bergers et décimé par les épizooties, mais non inscrit en annexe de la CITES, car ne faisant l'objet d'aucun commerce.

La France possède sa propre législation relative à la protection des Canidés autochtones ("protégé Fr" dans le tableau 1). Le Loup (*Canis lupus*), grand oublié de la loi de la protection de la nature de 1976, puisqu'il était alors considéré comme éteint en France, a été rajouté à la liste des mammifères protégés par l'arrêté du 10 octobre 1996. Le Renard roux (*Vulpes vulpes*), non menacé, n'est pas protégé en France. Au contraire, il figure sur la liste des espèces susceptibles d'être classées nuisibles et détruites en tout temps. Enfin, le Chien des buissons (*Speothos venaticus*) et le Renard crabier (*Cerdocyon thous*) sont protégés au titre de la faune française d'outre-mer, par l'arrêté du 15 mai 1986, également appelé arrêté de Guyane.

C. Espèces bénéficiant d'un statut particulier dans les parcs zoologiques européens

Certains parcs zoologiques européens se sont réunis en une association, l'EAZA. Cette structure développe entre autres des programmes de suivi et de gestion des populations captives au sein des zoos. Ils visent à préserver la diversité génétique et le maintien d'une population captive viable sur le long terme. Pour cela, des coordinateurs, auxquels sont affectés une ou plusieurs espèces, recensent les animaux, établissent leurs liens de parenté et donnent des avis concernant les mouvements entre parcs et les appariements en couples ou en groupes en vue de reproduction [10]. Ces avis n'ont pas valeur d'obligation pour les parcs, mais l'adhésion aux programmes d'élevage étant volontaire et payante, ceux-ci s'y conforment en règle générale.

Certaines espèces de Canidés sont intégrées à ces plans d'élevages européens, ou EEP. C'est le cas du Chien des buissons (*Speothos venaticus*), du Lycaon (*Lycaon pictus*), du Dhole (*Cuon alpinus*), du Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*) et de la population ibérique du Loup gris (*Canis lupus signatus*). Certaines espèces sont uniquement en ESB : leur population est recensée et suivie, mais les échanges et la formation des couples reproducteurs sont laissés à l'appréciation des parcs, qui peuvent demander l'avis du responsable du studbook s'ils en ressentent le besoin. Celui-ci surveille l'évolution de la population et peut décider de la passer en EEP s'il estime que cela est nécessaire [10]. Le Fennec (*Vulpes zerda*) est le seul Canidé en ESB. Enfin, certaines espèces sont en *"Monitoring"*, ce qui correspond à un pré-programme de gestion des populations, au stade du recensement dans le but de déterminer si l'espèce nécessite d'être placée en ESB ou en EEP. Actuellement le Renard polaire (*Vulpes lagopus*), l'Otocyon (*Otocyon megalotis*), le Chacal à chabraques (*Canis mesomelas*) ainsi que les populations scandinave (*Canis lupus lupus*), italienne (*C. l. italicus*) et d'Alaska (*C. l. occidentalis*) du Loup gris sont en *monitoring* dans les parcs de l'EAZA.

Ces programmes de gestion des populations permettent de contrôler les reproductions en limitant au maximum les prélèvements dans la nature, notamment d'espèces menacées et en empêchant l'hybridation entre différentes sous-espèces. L'objectif est de maintenir en captivité une population génétiquement viable, dans l'optique, le cas échéant, d'une réintroduction future dans la nature, ou tout au moins d'une conservation de la biodiversité en captivité.

Par leur statut particulier dans les parcs zoologiques européens, ces 9 espèces vont être plus particulièrement abordées dans ce travail et seront les seules étudiées lors de l'enquête présentée en seconde partie (cf. Seconde partie, I, B.). Nous les présentons brièvement.

1. Le Loup (*Canis lupus*), Linné 1758

Le Loup est le Canidé sauvage le plus connu et le plus répandu à travers le monde (Photo 1). Jadis présent à travers tout l'hémisphère nord, sa zone de répartition a été réduite d'un tiers suite à la persécution acharnée des hommes, qui l'accusaient de manger le bétail et les petits enfants, et à la destruction et à la fragmentation de son territoire. Aujourd'hui protégé dans de nombreux pays, son image redorée auprès du grand public, le loup re-colonise progressivement ses anciens territoires, par renforcement de population ou retour naturel. Sa population est jugée stable et peu menacée, à l'exception de la sous-population italienne et française, jugée vulnérable, de la sous-population ibérique et de la sous-espèce *Canis lupus dingo* en Australie, menacée principalement par l'hybridation avec les chiens domestiques [11].

C'est le plus gros des Canidés, mais sa taille et son poids varient fortement en fonction des sous-espèces, et augmente graduellement du sud au nord : de 16 kg (pour *C. l. arabs*) à 50 kg (pour les populations d'Alaska aux Etats-Unis d'Amérique) à l'âge adulte. La couleur du pelage est également très variable, d'une sous-espèce à l'autre, d'un individu à l'autre ou d'une saison à l'autre, allant du blanc crème au noir, en passant par toutes les teintes de roux et de gris. Cette grande diversité morphologique a entraîné la description de nombreuses sous-espèces, que les analyses génétiques regroupent progressivement. Ainsi, *C. l. italicus* (Italie) et *C. l. signatus* (péninsule ibérique) ne seraient plus considérées comme des sous-espèces différentes mais comme des populations distinctes de la sous-espèce *C. l. lupus* [11, 95, 165]. Nous continuerons toutefois à parler dans ce travail de *signatus* et *italicus*, puisque ces deux groupes géographiques font l'objet de suivis populationnels distincts au sein des parcs zoologiques européens.

Enfin, le séquençage de l'ADN mitochondrial a permis d'affirmer que le Loup est bien le plus proche parent du Chien domestique. Celui-ci serait issu de plusieurs sous-espèces de loups domestiquées en divers points du globe, qui auraient ensuite été croisées au hasard des migrations humaines. Le Chien domestique est donc défini par certains auteurs comme une sous-espèce du Loup : *Canis lupus familiaris*. Le Dingo est, selon les classifications, présenté comme une sous-espèce du Loup (*C. l. dingo*) ou du Chien (*C. l. familiaris dingo*) [11, 95, 165]. La classification choisie (Wilson et Reeder 2005 [165]) considère le Chien domestique et le Dingo comme deux sous-espèces du Loup.

Photo 1. Loup (*Canis lupus*). Tierpark Berlin (Allemagne).

Photo personnelle.

2. Le Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*), von Schreber 1775

Les Chacals sont les Canidés les plus communs et les mieux connus d'Afrique. Le Chacal à chabraque (Photo 2) occupe deux zones distinctes en Afrique, où il est endémique : Afrique australe et orientale [11, 115]. Opportuniste très adaptable, on le retrouve dans une grande variété d'habitats, bien qu'il préfère les milieux plutôt ouverts. Il se nourrit aussi bien d'insectes ou de lézards que de charognes, et sait coopérer en meute pour attaquer des ongulés de la taille d'un Impala (*Aepyceros melampus*). Malgré sa petite taille (40 cm au garrot, 7 à 10 kg), il a su profiter de l'extermination des gros prédateurs pour s'installer à leur place au sommet de la chaîne alimentaire dans certaines régions [11, 115]. Considéré comme vecteur de la rage et ennemi du bétail, il est largement persécuté, mais les tentatives de réduction de ses effectifs semblent tout aussi largement inefficaces. Sa population est considérée comme stable et non menacée [11].

Photo 2. Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*). Tierpark Berlin (Allemagne).
Photo personnelle.

3. Le Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*), Illiger 1815

Le Loup à crinière possède sur le haut de l'encolure une crête de poils noirs qui lui a donné son nom, bien qu'il évoque plutôt un renard élancé et haut sur pattes (plus de 80 cm au garrot pour un poids d'environ 20 kg) (Photo 3). Il vit en solitaire dans de vastes territoires de forêts broussailleuses et de plaines en Amérique du Sud (Brésil, Pérou, Paraguay, Argentine et Bolivie), où il se nourrit à parts égales de fruits et de petits vertébrés. Il souffre principalement de la réduction drastique de son habitat, transformé en terres agricoles, mais est également victime de nombreux accidents de la route et de la compétition avec les Chiens domestiques. Ceux-ci s'attaquent à lui et peuvent lui transmettre des maladies, bien que l'impact de ces dernières sur les populations ne soit pas du tout connu. Des mesures de protection existent dans les pays où on le rencontre, mais leur application est difficile. Il est considéré comme potentiellement menacé à court terme [11].

Photo 3. Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*). Tierpark Berlin (Allemagne)
Photo personnelle.

4. Le Dhole (*Cuon alpinus*), Pallas 1811

Le Dhole, ou chien sauvage d'Asie, est un petit Canidé sociable d'une quinzaine de kilogrammes (Photo 4). Autrefois répandu des steppes d'Asie centrale à l'Indonésie, il ne subsiste actuellement qu'environ 2 500 individus dans la nature, répartis au sein de populations morcelées en Chine, Mongolie, Inde, Tibet, Népal, Cambodge, Vietnam, Thaïlande, Laos et Indonésie. Il s'adapte aussi bien à la forêt tropicale humide qu'à la steppe d'altitude (jusqu'à 3000 m). Il souffre principalement de la raréfaction de ses proies, majoritairement constituée de petits Ongulés, et de la destruction de son habitat, mais également des persécutions exercées par l'Homme, surtout en Inde et en Indonésie. En Asie du Sud et en Indonésie, les maladies transmises par les Chiens domestiques semblent représenter une menace importante, notamment la rage, la maladie de Carré, la parvovirose et la gale.

Il n'y aurait qu'une centaine de Dhole actuellement en captivité dans le monde. A l'état sauvage sa population est en déclin et en fort risque d'extinction [11].

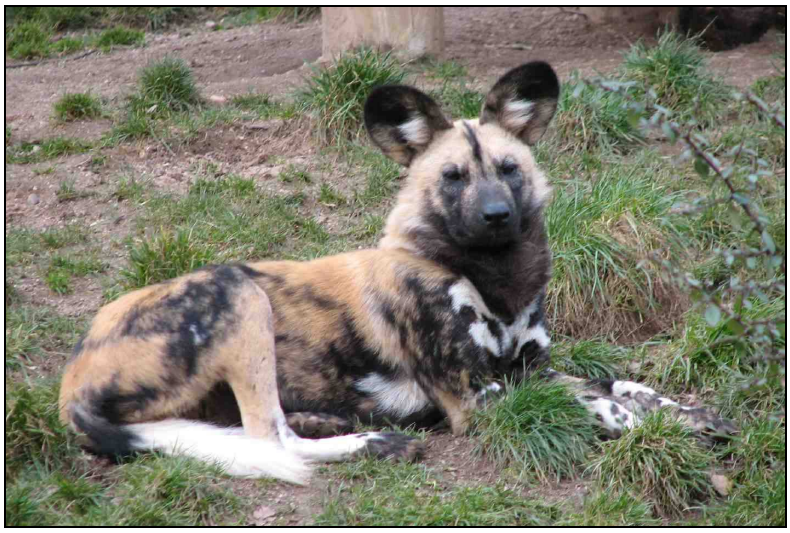
Photo 4. Dhole (*Cuon alpinus*). Zoo de Fuengirola (Espagne).
Photo personnelle.

5. Le Lycaon (*Lycaon pictus*), Temminck 1820

Le Lycaon est aussi appelé Loup-peint, en raison de son pelage tricolore bigarré, différent chez chaque individu (Photo 5) [115]. Prédateur exclusif, nomade sur un territoire de plusieurs centaines de kilomètres carrés, il s'adapte à des habitats divers (de la savane aux forêts denses). Il vit en meute de 2 à 50 individus, très hiérarchisée, dans laquelle, le plus souvent, seul un couple dominant se reproduit, une portée comportant en moyenne une dizaine de petits [11, 115].

C'est le Carnivore le plus menacé d'Afrique. Il a été éradiqué de la majeure partie de son aire de répartition, les plus grandes populations subsistant aujourd'hui en Afrique australe. On estime entre 2000 et 5000 le nombre total de Lycaons vivant actuellement à l'état sauvage. La nécessité de très vastes territoires de chasse (650 km² en moyenne) explique qu'il entre en conflit avec l'Homme, responsable des principales menaces qui pèsent sur l'espèce : la persécution humaine, malgré la protection intégrale dont il bénéficie dans la plupart des pays, et les maladies infectieuses (rage, maladie de Carré), souvent contractées au contact des Chiens domestiques [11, 91].

Photo 5. Lycaon (*Lycaon pictus*). Zoo d'Amnéville (France).
Photo personnelle.



6. L'Otocyon (*Otocyon megalotis*), Desmaret 1822

Petit Canidé (3 à 5 kg pour une hauteur de 30 cm au garrot), l'Otocyon est reconnaissable à ses immenses oreilles noires et blanches, qui lui permettent de repérer, à l'ouïe, les insectes dont il se nourrit (Photo 6) [115]. Il se répartit en deux sous-populations dans les zones arides et semi-arides d'Afrique australe et orientale, de la même façon que le Chacal à chabraque (*cf. supra*) [11, 115]. Malgré quelques persécutions localisées en Afrique du Sud (pour la fourrure, les trophées de chasse ou parce qu'il s'attaquerait au bétail), l'espèce est considérée comme commune et non menacée. Les principales variations de population sont consécutives à des épisodes de sécheresse et liées à l'abondance des proies [11, 115].

Photo 6. Otocyon (*Otocyon megalotis*). ZooParc de Beauval (France).
Photo C. Combet.

7. Le Chien des buissons (*Speothos venaticus*), Lund 1842

Le Chien des buissons (Photo 7) est un petit Canidé (30 cm au garrot pour 5 à 7 kg) du Nord de l'Amérique latine ; on le trouve notamment en Guyane française. Il vit en groupes sociaux familiaux dans des habitats très variés, de la forêt à la pampa, mais toujours dans les zones humides ou près d'un cours d'eau, où il peut trouver sa proie favorite, l'Agouti (*Dasyprocta leporina*). Sa population est très peu dense sur toute son aire de répartition et semble en déclin. Il est protégé dans de nombreux pays mais la destruction de son habitat est la principale menace qui pèse sur la survie de l'espèce [11].

Photo 7. Chien des buissons (*Speothos venaticus*). Ménagerie du Jardin des Plantes (France).
Photo R. Wedlarski.

8. Le Renard polaire (*Vulpes lagopus*), Linné 1758

Le Renard polaire, ou Isatis (Photo 8) occupe dans beaucoup de classifications une place à part, dans le genre *Alopex* [11, 111]. Petit Renard (son poids moyen est de 3 à 4 kg [88, 111]), il possède une fourrure hivernale blanche qui le protège de températures extérieures descendant en-deçà de – 70 °C. Il est réparti dans toute la toundra arctique, en Amérique du nord, en Eurasie, au Groenland et en Islande [111]. Sa population, estimée à plusieurs centaines de milliers d'individus, est stable et a su se maintenir malgré la forte pression de chasse, motivée par le commerce de la fourrure. Celle-ci étant désormais moins demandée, le Renard polaire n'est pas considéré comme une espèce menacée. Néanmoins, ses effectifs sont dramatiquement bas en Fennoscandie (Finlande, Suède et Norvège), malgré la protection intégrale dont il est l'objet dans cette région [11].

Le Renard polaire a été élevé pour la production de fourrure depuis plus de 70 ans ; des variétés plus grandes, au pelage bleu, ont été sélectionnées et des précautions doivent être maintenant prises pour qu'elles ne se mêlent pas aux populations de phénotype sauvage, que ce soit en liberté (spécimens captifs échappés, notamment en Fennoscandie) ou en captivité (échange ou vente d'individus d'élevages aux parcs zoologiques) [11].

Photo 8. Renard polaire (*Vulpes lagopus*). Parc de Sainte Croix (France).
Photo C. Courreau.

9. Le Fennec (*Vulpes zerda*), Zimmerman 1780

Autrefois classé dans un genre à part, *Fennecus zerda*, le Fennec est le plus petit des Canidés : 1 à 1,5 kg environ, pour une taille de 15 à 20 cm, auxquels s'ajoutent des oreilles de 15 cm (Photo 9) [82, 88, 111] ! Il vit dans les régions désertiques et semi-désertiques de l'Arabie et du nord de l'Afrique, où il se nourrit d'insectes, de fruits et de petits vertébrés [11, 111]. L'état de sa population est inconnu. Le commerce semble une menace grandissante pour ce petit animal attachant, puisqu'en Afrique du Nord, il est couramment capturé pour être présenté voire vendu aux touristes, malgré la protection intégrale dont il bénéficie au Maroc et sa classification en annexe II de la CITES [11]. Aux Etats-Unis d'Amérique, il est devenu un nouvel animal de compagnie à la mode, apprécié pour sa petite taille, sa facilité d'élevage et son caractère plus sociable que d'autres espèces de Renard [82].

Photo 9. Fennec (*Vulpes zerda*). Zoo d'Amnéville (France).
Photo personnelle.

II. Susceptibilité des Canidés sauvages aux maladies infectieuses canines

Dans la nature comme en captivité, les Canidés sauvages sont exposés à de nombreuses maladies infectieuses et sont sensibles à la plupart de celles rencontrées chez les Canidés domestiques. Nous ne nous intéressons dans ce travail qu'à cinq pathologies infectieuses bien connues chez le Chien et formant la base du protocole vaccinal de cette espèce : quatre maladies virales, la parvovirose, la maladie de Carré, l'hépatite de Rubarth et la rage, et une maladie bactérienne, la leptospirose.

A. La parvovirose

1. Agent responsable

Les *Parvovirus* sont de petits virus nus à ADN simple brin [106], appartenant à la famille des *Parvoviridae* [19, 148]. La capside virale ne fait que 25 nm de diamètre, d'où le nom de *parvus* qui signifie petit en latin. C'est la variation de quelques acides aminés à la surface de cette capside qui confère aux différents virus de cette famille leur spécificité d'hôte, et leur capacité à infecter plus particulièrement les Canidés, les Félidés ou d'autres Carnivores [106].

Plusieurs *Parvovirus* infectent les Carnivores domestiques et sauvages. Le sous-groupe des *Parvovirus* félins regroupe le virus de la panleucopénie féline (FPV) ; le *Parvovirus* canin de type 2 (CPV-2), qui existe aujourd'hui sous trois formes : CPV-2a, 2b et 2c ; le virus de l'entérite du Vison (*Mustela vison*) (*Mink Enteritis Virus* – MEV) ; les *Parvovirus* du Renard polaire (*Blue Fox Parvovirus* – BFPV) ; du Chien viverrin (*Nyctereutes procyonoides*) (*Raccoon Dog Parvovirus* – RDPV) et du Raton-Laveur (*Procyon lotor*) (*Raccoon Parvovirus* – RPV). D'autres *Parvovirus* sont décrits chez les Carnivores : le *Parvovirus* canin de type 1 (CPV-1 ou *Canine Minute Virus* (MVC), uniquement décrit chez le chien [148] et le virus de la Maladie aléoutienne du Vison (*Aleoutian Mink Disease Virus* – ADV) [147, 148].

Le *Parvovirus* canin (CPV-2) dérive probablement du virus de la panleucopénie féline (FPV) ou d'un virus proche [63, 148]. On a mis en évidence dans des tissus de renards roux européens une forme intermédiaire entre le FPV et CPV [152]. La faune sauvage a probablement joué un rôle dans l'adaptation du FPV au Chien. Ainsi, il a été montré qu'une souche FPV isolée chez des Chiens des buissons est expérimentalement asymptômatique chez le Chien domestique alors qu'une souche FPV provenant de Chats sauvages (*Felis sylvestris*) du même parc zoologique provoque des symptômes chez ces mêmes Chiens [37]. Ces observations ont amené à suspecter un rôle de la faune sauvage dans le transfert interspécifique du virus vers le Chien et l'apparition du CPV-2 en 1978 [152], notamment par l'intermédiaire des renards, plus proches phylogénétiquement parlant des Félidés que les membres du genre *Canis* [148].

2. Epidémiologie chez les Canidés sauvages

a) Espèces réceptives et sensibles

Dès son apparition vers 1974-1978, le *Parvovirus* canin (CPV) s'est répandu rapidement dans le monde entier et a atteint simultanément Chiens domestiques et faune sauvage [19, 148].

Les premiers Canidés sauvages libres testés séropositifs vis à vis des *Parvovirus* sont des Coyotes (*Canis latrans*) aux Etats-Unis d'Amérique en 1979 [20, 149], puis des Loups gris (*Canis lupus*) en Alaska au début des années 1980 [19, 110,168] et des Renards roux (*Vulpes vulpes*) en Europe [139]. Actuellement, des anticorps ont été mis en évidence chez de nombreuses espèces de Canidés sauvages (tableau 4).

La forte immunogénicité du virus et la longue persistance des anticorps (supérieure à 1 an), associée à des ré-expositions régulières, expliquent le fort taux de séropositivité constaté chez des Loups (65 %) [83] et des Coyotes libres (66 à 100 %) [45, 67]. Ce taux est plus élevé chez les adultes que chez les jeunes, traduisant une plus grande probabilité d'exposition au virus pour les premiers et, peut être, une mortalité accrue imputable au virus chez les seconds [19, 67, 83, 169].

Dans certaines populations libres de Canidés, l'infection existe en effet de façon enzootique. Le portage est souvent asymptomatique ou l'atteinte est modérée, avec une guérison clinique. Les jeunes, lors de la période critique, peuvent manifester des signes cliniques plus sévères, ce qui confère à la maladie une apparence cyclique réapparaissant au printemps pour disparaître ensuite [19]. Elle ne semble pas avoir d'impact sur la population, même si des portées peuvent être décimées. Chez le Coyote, les entérites sont souvent associées à une co-infection associant le *Parvovirus* et le *Coronavirus* canins [169].

La maladie a également été observée dans les collections de Canidés sauvages en captivité, les cas cliniques observés sont répertoriés dans le tableau 4 (références en gras) et détaillés dans le tableau 5.

Chez toutes les espèces, les juvéniles ou les jeunes adultes sont les plus atteints. Chez les Chiens viverrin, les adultes semblent complètement résistants à la maladie alors que les jeunes de quelques semaines y sont sensibles [120].

On considère actuellement que tous les Canidés sont probablement sensibles aux *Parvovirus* [19], bien que chez la plupart des espèces la souche de *Parvovirus* n'ait pas été identifiée, soit que le diagnostic ait été uniquement clinique et nécropsique, soit que les anticorps n'aient pas été caractérisés.

Des virus autres que le CPV-2 ont été isolés chez plusieurs espèces de Canidés. En Europe, la souche retrouvée dans les populations libres de Renard roux est intermédiaire entre CPV et FPV [152]. En fermes d'élevage, le Renard polaire est infecté par un virus proche du FPV et du MEV mais distinct du CPV-2, appelé *Parvovirus du Renard polaire* (*Blue Fox Parvovirus* – BFPV) [157, 158]. Enfin, des cas confirmés de parvovirose à virus félin FPV ont été rapportés chez les Canidés sud-américains captifs, Chien des buissons et

Loup à crinière [19, 22, 37] ; chez ces derniers la maladie était connue 20 ans avant les premières descriptions du CPV [19, 22].

Outre les Canidés, cinq autres familles de Carnivores sont sensibles à des *Parvovirus* du sous-groupe félin (tableau 4): les Félidés, les Mustélidés, les Procyonidés, les Ursidés et les Viverridés [19].

La réceptivité et la sensibilité des familles de Carnivores sont résumées dans le tableau 4 qui compile les résultats de différentes études. Plusieurs espèces provenant de zones géographiques bien distinctes, mais sensibles ou réceptives à une même souche virale, peuvent être rassemblées au sein d'un même parc zoologique, permettant ainsi la circulation virale et le déclenchement potentiel d'une parvovirose. En outre, l'aptitude des *Parvovirus* à franchir les barrières d'espèces rend probable l'apparition de nouvelles souches.

Tableau 4. Sensibilité et réceptivité des Carnivores aux différents *Parvovirus*

(sur fond gris les 9 espèces de l'étude, en gras les cas de maladie observée en captivité)

Famille	**Espèce**	**Sérologie *Parvovirus***	**Sensibilité (cas clinique)**				**Isolement viral**			
			CPV	**FPV**	**MEV**	**BFPV**	**CPV**	**FPV**	**MEV**	**BFPV**
Canidés	Loup (*Canis lupus*)	19, 42, 61, 83, 110, 148, 168	19, **110**				21			
	Dingo (*Canis l. familiaris dingo*)		19, **51**							
	Coyote (*Canis latrans*)	19, 20, 45, 46, 148	**55**, 67				19			
	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	3, 19								
	Chacal doré (*Canis aureus*)	3, 19								
	Chacal à flancs rayés (*Canis adustus*)	3, 19								
	Renard crabier (*Cerdocyon thous*)		**19, 103**							
	Loup à crinière (*Chrysocyon bracyurus*)	61	**57, 103**	19, **22**				19, 22		
	Dhole (*Cuon alpinus*)	Pas de cas décrit								
	Lycaon (*Lycaon pictus*)	2, 19, 42, 61								

Famille	Espèce	Sérologie *Parvovirus*	Sensibilité (cas clinique)				Isolement viral			
			CPV	FPV	MEV	BFPV	CPV	FPV	MEV	BFPV
	Chien viverrin (*Nyctereutes procyonoides*)	19, 64, 157	19, **120**				19, 120 (CPV et RDPV*)			
	Otocyon (*Otocyon megalotis*)		**147**				147 (CPV-2b)			
	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)		**80, 103**	19, **37**				19		
	Renard gris (*Urocyon cinereoargen-teus*)	19, 46								
	Renard gris insulaire (*Urocyon littoralis*)	19, 65								
	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	19, 120	Non sensible (120)	148, 157		**19, 116, 157, 158**				19, 116, 148
	Renard nain (*Vulpes macrotis*)	19, 108								
	Renard roux (*Vulpes vulpes*)	19, 20, 46, 64, 139, 152	Non sensible (19, 20)				Souche intermédiaire CPV-FPV (152)			
	Fennec (*Vulpes zerda*)	Pas de cas décrit								
Félidés	Toutes espèces			19						
	Chat domestique (*Felis catus*)		19				19, 106		19	
	Lynx roux (*Lynx rufus*)						19 (CPV-2b)			
	Leopard (*Panthera pardus*)						106 (CPV-2c)			
Procyon-idés	Raton-laveur (*Procyon lotor*)	20	Non sensible (19, 148)	19 (RPV**), 20	19, 20			19, 148 (RPV**)		
	Coati (*Nasua nasua*)			19, 20				19		
Mustélidés	Toutes espèces			19, 20	19, 20					
	Vison (*Mustela vison*)	157		19, 20	19, 20		19		19	

Famille	Espèce	Sérologie *Parvovirus*	Sensibilité (cas clinique)				Isolement viral			
			CPV	FPV	MEV	BFPV	CPV	FPV	MEV	BFPV
	Furets (*M. putorius, M. erversmanni, M. nigripes*)	Non réceptifs (120, 157)								
	Martre (*Martes martes*)	64								
	Fouine (*Martes foina*)	64					148 (CPV-2a)			
	Blaireau (*Meles meles*)	Non réceptif (64)								
Ursidés		19, 61, 64	Pas de cas clinique (19, 148)							
Viverridés		19, 43	Pas de cas clinique (19, 148)							
Hyénidés		Non réceptifs (19)								

*RDPV = *Raccoon Dog Parvovirus,* Parvovirus du Chien viverrin, proche du CPV (R)

** RPV = *Raccoon Parvovirus*, Parvovirus du Raton-laveur, probablement identique au FPV (h1)

b) Sources et transmission

Les virus sont excrétés en grande quantité dans les fèces des animaux infectés. L'excrétion, massive pendant 7 à 10 jours (plusieurs milliards de virus infectants par gramme de fèces), débute 3 à 4 jours après la contamination, et avant l'apparition des signes cliniques [19, 106, 148, 158, 164]. Chez le Chien, il n'y a plus d'excrétion environ quatre semaines après la guérison clinique ; ce délai peut monter à plusieurs mois pour le Chat voire une année pour le Vison, et n'est pas connu chez les autres espèces [19]. Des porteurs sains (notamment Chien et Vison) peuvent également excréter et disséminer le virus [19]. Les Chiens vaccinés excrètent la souche vaccinale pendant quelques jours [106].

Le virus est très résistant dans le milieu extérieur : il peut survivre jusqu'à six mois dans les fèces et plusieurs années sur des surfaces ou des objets, pour peu qu'ils se trouvent dans un environnement frais et humide, non exposé directement au soleil [19, 106, 148, 164]. Il résiste à la congélation [19].

La contamination, orale, peut se faire par contact direct avec un animal infecté [164], mais, le plus souvent, elle est indirecte par contact avec les fèces contaminées ou par l'intermédiaire de l'environnement ou d'objets souillés [19, 148]. Dans la nature, même des animaux solitaires peuvent se trouver exposés à des zones contaminées (zones de marquage par exemple). Une transmission inter-spécifique est possible par simple partage du même environnement ou par prédation [19].

Au sein d'un parc zoologique, le virus peut être introduit par l'entrée dans la collection d'un animal infecté, par la circulation de rongeurs ou de diptères vecteurs mécaniques [19] ou par des Carnivores sauvages ou domestiques, ayant accès à l'intérieur du parc [43]. Les Chiens des visiteurs ou du personnels peuvent être porteurs sains ou récemment vaccinés, donc excréteurs de CPV. Les Chats errants ou les Carnivores sauvages (les Renards, Fouines et Martres sont potentiellement excréteurs de CPV en Europe [64, 148], les Ratons-laveurs en Amérique du Nord) entrent souvent dans les enclos la nuit, lorsque les animaux sont enfermés. Ce sont des Chats errants atteints de panleucopénie qui sont fortement suspectés d'avoir contaminé les chats sauvages et les chiens des buissons atteints de parvovirose à FPV au zoo de Mulhouse en 1982 [37].

La contamination se fait le plus souvent par l'intermédiaire du matériel, de nourriture souillée [164], du personnel qui circule d'un enclos à l'autre ou des locaux communs contaminés (par exemple locaux de soins ou de quarantaine non correctement désinfectés) [148].

3. Clinique

a) Symptômes

La présentation clinique de la parvovirose varie peu avec le type de virus ou l'hôte. Le virus se multipliant dans les cellules en division, l'infection se traduit classiquement par une gastro-entérite et une leucopénie [19, 63, 106]. La gravité de l'atteinte peut varier d'un portage asymptomatique (fréquent chez le Chien) à une entérite fatale [19, 106, 148].

L'incubation est d'environ 4 à 6 jours [19, 164]. Certains animaux peuvent être retrouvés morts sans signe précurseur [19, 57], d'autres peuvent présenter des signes cliniques sans diarrhée.

La présentation typique du tableau clinique consiste en un abattement [19, 37, 57, 80, 103, 106], une anorexie [19, 37, 57, 80, 103, 106], associée à une hyperthermie [19, 106, 147], des vomissements [19, 57, 80, 103, 106, 147], une diarrhée [19, 37, 57, 63, 80, 103, 106, 120, 147] liquide, hémorragique, nauséabonde avec présence de mucus et de fibrine, entraînant une déshydratation importante, un déséquilibre acido-basique, une anémie et une hypoprotéinémie [19, 63, 106]. La leucopénie [19, 63, 80, 106] est transitoire et inconstante avec le CPV, importante avec FPV [19].

La mort survient en quelques jours, souvent suite à une surinfection bactérienne, une coagulation intra-vasculaire disséminée [106], ou encore une insuffisance rénale aiguë [103]. Le pronostic est meilleur pour les individus qui recommencent à manger après quelques jours [19].

Le taux de mortalité est plus élevé chez les jeunes que chez les adultes [19, 37, 63, 106, 120, 164], à l'exception des Loups à crinières et Chiens des buissons, chez lesquels la maladie est souvent fatale pour les adultes [57, 103]. Inversement, une épizootie dans un élevage de Chiens viverrins a tué plus de 1000 chiots âgés de 2 à 5 semaines sans qu'aucun individu adulte n'ait présenté de symptômes [120].

L'infection induit une immunité de longue durée, qu'on suppose pouvoir persister toute la vie de l'animal et qui élimine complètement le virus [148].

Des cas de parvovirose ont été décrits chez le Renard polaire, avec des différences en fonction de l'agent impliqué. Un cas d'entérite et de leucopénie imputé au FPV a été décrit chez un Renard polaire en 1943 (Phillips 1943, cité par [148, 157]), sans que l'étiologie ait pu être formellement confirmée. En revanche, l'infection par le BFPV est peu apparente ; on observe quelques mortalités chez les jeunes [158] mais surtout des troubles de la reproduction (observés en élevage) : avortements, mortalité néo-natale, momifications et diminution de la taille de la portée probablement consécutive à une résorption embryonnaire si l'infection survient durant la première moitié de la gestation (18-22 jours) [19, 116, 148, 158].

Le tableau 5 résume les cas cliniques décrits chez chacune des 9 espèces de l'étude.

b) Lésions

Les lésions observées sont similaires chez toutes les espèces. On note des hémorragies segmentaires de l'intestin [19, 57, 106], une muqueuse épaissie, œdémateuse, congestive, parfois décolorée, nécrotique, recouverte d'exsudats fibrineux. Le contenu intestinal et stomacal est sombre, hémorragique et très aqueux [19, 57, 106, 120]. Les plaques de Peyer sont bien visibles. Les nœuds lymphatiques mésentériques sont hypertrophiés et congestifs [19, 106, 120]. La moelle osseuse est pâle et gélatineuse. On observe une congestion et un œdème pulmonaires [19, 37, 106], voire des hémorragies pulmonaires [80].

L'analyse histologique révèle une atrophie des villosités intestinales, une érosion de la muqueuse et une nécrose des entérocytes des cryptes [57, 80, 120] associées parfois à une nécrose et une involution du tissu lymphoïde (nœuds lymphatiques, plaques de Peyer, thymus, rate) [57, 80]. La moelle osseuse est hypocellulaire [57]. Des inclusions intra-nucléaires peuvent être observées [19, 106, 120].

c) Diagnostic

Les signes cliniques, hématologiques puis le cas échéant nécropsiques et histologiques permettent de poser une forte suspicion. Cliniquement, le diagnostic différentiel doit être fait avec les autres causes d'entérites éventuellement hémorragiques (*Coronavirus*, clostridies, salmonelles, rodenticides anticoagulants) [19].

Le virus peut être détecté dans les fèces par ELISA ou par PCR , mais avec des risques importants de faux négatifs si le prélèvement est réalisé plus de 5 à 7 jours après le début des signes cliniques (diminution de l'excrétion) et des faux positifs possibles chez les animaux vaccinés, 5 à 12 jours après vaccination [19, 106]. Les tissus intestinaux ou lymphoïdes peuvent également être mis en culture, si l'animal est mort rapidement, car ensuite les virus sont masqués par la réaction immunitaire [19, 106]. Une PCR peut être réalisée sur tissus frais. Des méthodes d'immuno-histochimie ou la microscopie électronique peuvent également être utilisées pour identifier le virus [19, 106].

Une cinétique d'anticorps peut être réalisée, les anticorps sériques apparaissant dans les 3 à 4 jours suivant l'infection [19].

d) Traitement

L'animal atteint doit être isolé ; la prise en charge se résume à la mise en œuvre d'un traitement de soutien [19, 63, 106]. La fluidothérapie est cruciale ; elle permet simultanément l'apport de liquide et la correction du déséquilibre électrolytique [19, 57, 103, 106]. Il est utile de prévenir les surinfections bactériennes (principalement à *Escherichia coli* et *Clostridium perfringens*) avec une association béta-lactamine – aminoside, dès que la déshydratation est corrigée. On peut utiliser des anti-émétiques et des anti-diarrhéiques. La rénutrition précoce, par sonde naso-oesophagienne, accélère la guérison, elle peut être mise en œuvre chez les espèces sauvages [57]. L'utilisation de sérum hyper-immun est coûteuse mais efficace [22, 106] ; des interférons ω félins ont déjà été utilisés chez des Chiens avec de bons résultats [63, 106].

Tableau 5. Cas cliniques détaillés de parvovirose spontanée décrits en captivité chez les 9 espèces de l'étude

Espèce	Virus	Individus atteints	Clinique	Lésions macroscopiques	Réf.
Loup *(Canis lupus)*	CPV-2 suspecté (sérologie, microscopie électronique)	9 louveteaux 2 jeunes d'un an	Anorexie, vomissements, diarrhée		110
Chacal à chabraque *(Canis mesomelas)*	Pas de cas clinique décrit en captivité				
Loup à crinière *(Chrysocyon brachyurus)*	*Parvovirus* non déterminé (microscopie électronique)	-Femelle de 10 mois -Femelle de 12 mois (En contact, 2 adultes de 5 et 10 ans dans l'enclos adjacent non atteints).	-Mort subite avec hématochésie -Diarrhée mucoïde puis hémorragique, anorexie, abattement, vomissement. Mort après 3 jours de traitement	Hémorragies intestinales, nécrose et érosions de la muqueuse digestive avec pseudomembranes.	57
	FPV suspecté (épidémiologie : félins touchés par l'épizootie, agglutination)	16 individus sur une collection de 40 animaux. 2 guérisons (traitement immunsérum)	Gastroentérite hémorragique et diphtéroïde		22
	CPV-2 suspecté (sérologie, microscopie électronique)	-1 femelle de 3 ans, guérison en 1 semaine -1 mâle de 2 ans, mort en 5 jours (1 femelle de 6 ans non atteinte dans le même enclos)	-Abattement, anorexie, vomissement, diarrhée nauséabonde et hémorragique -Abattement, diarrhée liquide nauséabonde, vomissements, insuffisance rénale oligo-anurique, leucopénie	-Epaississement des villosités intestinales, disparition de l'épithélium dans certaines zones, œdème et hypertrophie des nœuds lymphatiques mésentériques	103

Espèce	Virus	Individus atteints	Clinique	Lésions macroscopiques	Réf.
Loup à crinière *(Chrysocyon brachyurus)*	CPV-2 confirmé	Mort de 8 des 17 adultes			43
Dhole *(Cuon alpinus)*	Pas de cas clinique décrit en captivité				
Lycaon *(Lycaon pictus)*	Pas de cas clinique décrit en captivité				
Otocyon *(Otocyon megalotis)*	CPV-2b (PCR)	1 jeune de 4 mois, isolé	Hyperthermie, diarrhée hémorragique, vomissement		147
Chien des buissons *(Speothos venaticus)*	CPV-2 suspecté (microscopie électronique)	-1 mâle de 9 mois, guérison en 1 semaine -1 femelle de 3 ans, morte en 4 jours 3 individus entre 2 et 5 ans non atteints	- Abattement, anorexie, vomissement, diarrhée nauséabonde et hémorragique -idem + leucopénie	-Epaississement des villosités intestinales, disparition de l'épithélium dans certaines zones, œdème et hypertrophie des nœuds lymphatiques mésentériques	103
	CPV-2 suspecté (inhibition de l'hémagluttination, microscopie électronique)	-1 individu sur 2 de 4 mois, mort -3 individus sur 6 de 4,5 mois, 1 survivant -6 individus sur 9 de 6,5 mois, aucun survivant	Abattement, anorexie, vomissement, diarrhée hémorragique, leucopénie	Nécrose extensive des cryptes de l'intestin grêle, hémorragies pulmonaires	80
	FPV prouvé (atteinte concomitante de chats sauvages, hémagglutination, isolement viral)	- 1 adulte et 6 jeunes de 4 mois (1 adulte et 1 jeune de 4 mois non atteints) ; 2 jeunes morts en 48 h, 1 jeune mort après 6 jours, 3 jeunes et l'adulte survivants.	Abattement, anorexie, vomissement, entérite hémorragique, urines foncées.	Gastro-entérite, congestion pulmonaire ou pneumonie	37
Renard polaire *(Vulpes lagopus)*	BFPV (inoculation expérimentale)	-Jeunes de 1 jour à 8 semaines d'âge non atteints -Femelles gestantes	Baisse de fécondité, avortements		158
Fennec *(Vulpes zerda)*	Pas de cas clinique décrit en captivité				

4. Prophylaxie

a) Sanitaire

Une quarantaine de 30 jours minimum est nécessaire avant l'introduction de tout nouvel animal [19, 63, 164]. Elle permet de réaliser des tests diagnostiques (ELISA sur fèces par exemple [164]) ou bien un protocole de vaccination [19].

Il faut éviter de présenter dans un même enclos plusieurs espèces sensibles [19, 63]. L'accès au parc doit être le plus hermétique possible vis à vis des Carnivores libres ou errants (Chats, Renards, Fouines, Ratons-laveurs), qui peuvent s'introduire dans les enclos la nuit, lorsque les animaux sont rentrés, et disséminer le virus [19, 43].

Les *Parvovirus* sont résistants à plusieurs désinfectants, notamment les ammoniums quaternaires. L'hypochlorite de sodium dilué (une part d'eau de javel dans trente parts d'eau) est efficace, à condition d'avoir préalablement bien nettoyé toute trace de matière organique, et de laisser agir 10 minutes au minimum [43, 103, 106, 164]. On peut également utilisé le formaldéhyde dilué au 1/100^{e}. Des solutions virucides du commerce (ex : Parvocide®, Virkon® (VETOQUINOL)) peuvent être employées pour la désinfection des enclos ou les pédiluves. L'eau bouillante inactive rapidement le virus ; en revanche un simple nettoyage à l'eau chaude est insuffisant [19].

b) Médicale

Des vaccins sont disponibles pour les espèces domestiques : Chien (CPV), Chat (FPV) et Vison d'élevage (MVE) [19]. La vaccination est utilisée à grande échelle chez les chiens domestiques. Les variations génétiques du virus depuis 1978 en CPV-2a (1980) puis 2b (1984) et maintenant 2c ne semble pas avoir d'influence sur l'efficacité de la vaccination [19, 106].

B. La maladie de Carré

1. Agent responsable

La maladie de Carré, connue en Europe depuis au moins 200 ans, a été très tôt attribuée à un virus (Carré en 1905) [163]. Il s'agit d'un *Morbillivirus*, grand virus enveloppé à ARN simple brin, de la famille des *Paramyxoviridae* [50, 62, 70, 163], proche des virus de la rougeole des primates, de la peste bovine, de la peste des petits ruminants et des *Morbillivirus* des Pinnipèdes et des Cétacés [50, 163].

2. Epidémiologie chez les Canidés sauvages

a) Espèces réceptives et sensibles

Toutes les familles de Carnivores terrestres (Tableau 6) sont réceptives au virus de la maladie de Carré [50, 84, 163]. Il en est ainsi de toutes les espèces de Canidés, Mustélidés et Procyonidés, ainsi que certaines espèces de Félidés, Hyénidés, Ursidés et Viverridés [50, 68, 84, 163]. Elle a également été décrite chez des Pinnipèdes (Otariidés et Phocidés) [70, 84], ainsi que chez des non-carnivores. Les Porcs (*Sus scrofa domesticus*) sont porteurs sains, mais une encéphalite fatale a été observée chez un Pécari à collier (*Tayassu tajacu*), ainsi que chez un Macaque du Japon (*Macaca fuscata*) [28, 70].

La maladie de Carré est répandue dans le monde entier. Les Canidés sauvages les plus souvent trouvés séropositifs sont les Loups [83, 168, 169] et les Coyotes [45, 67, 114] en Amérique du Nord, les Renards roux [152] en Europe, les Lycaons [1, 42, 96] et les Chacals [3] en Afrique. En Alaska, une cyclicité de la séroprévalence a été mise en évidence chez des loups (pendant deux ans le taux de séropositivité est supérieur à 30 % puis il reste inférieur à 20 % pendant un à deux ans). Ce profil évoque une succession d'épizooties courtes entrecoupées de périodes inter-épizootiques [169].

Dans la nature, la maladie a été diagnostiquée chez des Renards gris (*Urocyon cinereoargenteus*) [47, 99, 131] et roux [99, 131]. Une épizootie a décimé plus de 70 % d'une population de Chiens viverrins au Japon en 1991 [100]. Une mortalité de jeunes animaux consécutive à cette maladie a été suspectée chez le Loup en milieu naturel [83] ; cette hypothèse serait corroborée par l'absence de séropositivité chez les louveteaux [169]. Une épizootie de maladie de Carré chez des chiens domestiques de la réserve de Masaï-Mara, au Kenya, a été contemporaine d'une diminution des populations de Lycaons, Otocyons et Chacals de la région, sans que la relation de cause à effet ait pu être formellement établie [1]. Enfin, la maladie de Carré est considérée comme une des menaces infectieuses les plus importantes pesant sur le Lycaon [1, 96], causant la mort de toute une meute sauvage en 1996 [4], même si un taux élevé de séropositivité peut être observé chez des meutes libres sans maladie associée [42].

En captivité, plusieurs épizooties ont causé la mort de Loups à crinière et de Renards crabiers dans des zoos brésiliens entre 1989 et 1993 [43, 127]. La maladie a également été décrite chez des Renards roux [14, 99], gris (*Urocyon cinereoargenteus*) [14, 46, 47], nains (*Vulpes macrotis*) [14], polaires [50], Chiens viverrins [14, 142], Dingos [14], Chiens des buissons [142], Loups à crinière [127, 142]), Lycaons (Hofmeyr 1956, cité par [154]), Otocyons (Hofmeyr 1956, cité par [50]).

La gravité de l'atteinte est variable en fonction des espèces : la mortalité approche 100% chez le Furet domestique (*Mustela putorius furo*), alors que 50 à 70 % des Chiens domestiques infectés restent porteurs asymptomatiques [50, 84, 163]. En 1994, une épizootie a touché 30% des Lions (*Panthera leo*) du parc du Serengeti (population estimée à 3000 individus), 50% en seraient morts [50]. Dans les populations naïves, des épizooties peuvent se déclencher, touchant à la fois les jeunes et les adultes. Dans les zones de population où la maladie de Carré est enzootique, on observe une plus forte incidence de la maladie chez les jeunes, vers 3-4 mois, ce qui correspond à la période de diminution du taux d'anticorps maternels, et vers 6 mois, liée à l'augmentation de l'exposition lors de la dispersion des jeunes [70, 163], ce qui peut conférer à la maladie en milieu naturel un aspect saisonnier (fin de la saison de reproduction et période d'émancipation) [47, 163].

Tableau 6. Réceptivité et sensibilité des carnivores sauvages à la maladie de Carré, d'après [84].

(sur fond gris les espèces de l'étude, les cases vides correspondent à l'absence de données)

Famille	Espèce	Sérologie positive	Sensibilité et lésions
Canidés	Chacal (*Canis adustus, C. mesomelas, C. aureus*)	Oui	
	Coyote *(Canis aureus)*	Oui	Oui
	Loup *(Canis lupus)*	Oui	Oui
	Renard crabier *(Cerdocyon thous)*		Oui
	Loup à crinière *(Chrysocyon brachyurus)*		Oui
	Lycaon *(Lycaon pictus)*	Oui	Oui
	Chien viverrin *(Nyctereutes procyonoides)*	Oui	Oui
	Otocyon *(Otocyon megalotis)*		Oui
	Chien des buissons *(Speothos venaticus)*		Oui
	Renard gris (*Urocyon cinereoargenteus*)	Oui	Oui
	Renard polaire *(Vulpes lagopus)*		Oui
	Renard nain *(Vulpes macrotis)*		Oui
	Renard véloce (*Vulpes velox*)	Oui	
	Renard roux *(Vulpes vulpes)*	Oui	Oui
	Fennec (Vulpes zerda)		Oui
Félidés	Lion (*Panthera leo*)	Oui	Oui
	Tigre, Léopard, Jaguar (*Panthera sp.*)		Oui
	Guépard (*Acinonyx jubatus*)	Oui	
	Lynx (*Lynx sp.*)	Oui	
Hyénidés	Hyène tacheté (*Crocuta crocuta*)	Oui	Oui
Mustélidés	Loutre (*Lontra canadensis*)	Oui	Oui
	Blaireau (*Meles meles*)	Oui	Oui
	Moufette (*Mephitis mephitis*)		Oui
	Grison (*Galictis cuja*)		Oui
	Fouine (*Martes foina*)	Oui	Oui
	Putois, Vison (*Mustela sp.*)		Oui

Famille	Espèce	Sérologie positive	Sensibilité et lésions
Odobenidés	Morse (*Odobenus rosmarus*)	Oui	
Otariidés	Otarie de Californie (*Zalophus californianus*)		Oui
Phocidés	Phoques (*Phoca sp.*)	Oui	Oui
	Phoque gris (*Halichoerus grypus*)	Oui	
Procyonidés	Raton laveur (*Procyon lotor*)	Oui	Oui
	Petit panda (*Ailurus fulgens*)		Oui
Ursidés	Ours (*Ursus sp.*)	Oui	
Viverridés	Binturong (*Arctictis binturong*)		Oui
	Civette palmiste masquée (*Paguma larvata*)		Oui
	Genette (*Genetta sp*)		Oui

b) Sources et transmission

La principale espèce réservoir est le Chien dans les pays où la vaccination n'est pas encore répandue (Afrique par exemple). La proximité de plus en plus grande entre la population domestique et la faune sauvage favorise la transmission du virus aux espèces sauvages [1, 2, 50, 70, 96]. En Amérique du Nord, c'est le Raton-laveur qui joue ce rôle vis à vis des Chiens domestiques et contamine souvent la faune sauvage captive lors de ses incursions nocturnes dans l'enceinte des parcs zoologiques [50, 70, 142, 163].

Chez le Chien, l'excrétion commence 4 à 7 jours après l'infection [70, 164], et dure 60 à 90 jours ; elle se produit également chez les porteurs asymptomatiques [50, 163]. Les sécrétions respiratoires sont les plus riches en virus, mais on le retrouve également dans le jetage nasal, les sécrétions oculaires, l'urine [70, 163]. Le virus étant peu résistant dans le milieu extérieur, la contamination se fait par l'intermédiaire des aérosols ou par contact direct, très rarement par des objets souillés [62, 70, 163, 164].

Une transmission verticale est décrite chez le Chien domestique mais ni son importance ni son rôle ne sont connus chez les animaux sauvages [50, 163].

3. Clinique

a) Symptômes

Chez le Chien, la durée d'incubation varie d'une semaine à un mois, voire plus. La phase clinique dure quelques semaines, et peut évoluer vers la guérison ou la mort, souvent suite à des surinfections [50, 84, 163]. La gravité de la maladie varie en fonction de l'hôte (espèce, état physiologique et immunitaire) et de la souche virale [50, 163].

La maladie est systémique. On observe classiquement, chez le Chien, six symptômes principaux : hyperthermie, signes respiratoires (jetage muco-purulent, toux, rhinite, pneumonie), oculaires (écoulements, uvéite), digestifs (diarrhée, vomissements, anorexie), nerveux (myoclonies, convulsions, comportement anormal) et cutanés (hyperkératinisation de la truffe et des coussinets plantaires) [50, 62, 70, 84, 163]. Les

signes nerveux peuvent être concomitants de la maladie systémique, apparaître plusieurs semaines après ou n'être associés à aucun autre signe clinique [50, 84, 163]. Une lymphopénie peut être observée [163].

Les signes cliniques observés sur les neuf espèces de l'étude sont répertoriés dans le tableau 7.

Des signes variables ont été décrits chez d'autres espèces. On a observé chez des Chiens viverrins (captifs comme libres) et des Renards gris (*Lycalopex griseus*) captifs abattement, indifférence à l'environnement, anorexie, cachexie, conjonctivite avec écoulement séreux modéré, jetage nasal séreux à muco-purulent, diarrhée, vomissement, détresse respiratoire [100, 142]. Quelques Chiens viverrins présentaient des signes neurologiques (ataxie, convulsions, opistotonos) [100]. La maladie semble évoluer sur une courte période chez ces espèces (quelques jours en moyenne), alors qu'un épisode de plusieurs semaines, avec des signes cliniques modérés, a été décrit chez des Loups en parc zoologique [142]. Des renards roux en milieu naturel ont présenté une pneumonie, un écoulement oculaire mucopurulent et une hyperkératose des coussinets plantaires [99]. Des Renards gris (*Urocyon cinereoargenteus*) capturés dans la nature souffraient majoritairement d'une atteinte neurologique se traduisant par une absence de peur, une ataxie, des tremblements, des convulsions cloniques, des spasmes des membres inférieurs, une paralysie ascendante, une agressivité ou dépression, une cécité progressive, évoquant un tableau de rage avec laquelle le diagnostic différentiel a dû être fait [47, 78].

b) Lésions

Extérieurement, on remarque une hyperkératose des coussinets, du nez, des babines, des paupières, des oreilles et de l'anus [99]. A l'autopsie, on observe des lésions digestives d'entérite et de colite [43, 142] catarrhales à hémorragiques avec des ulcères gastriques [142], intestinaux [43] ou des pétéchies [43]. Des signes de congestion nasale et trachéo-bronchique [142] et de pneumonie [47, 99] secondaire aux surinfections bactériennes peuvent être associés. Le thymus peut être atrophié [50, 70, 163]. Un ictère a été décrit chez des Chiens viverrins [142] et des Renards polaires [16] ; cette lésion est retrouvée occasionnellement chez les Ratons-laveurs ou les Furets [163].

L'histologie peut révéler une diminution du nombre de lymphocytes dans les tissus lymphoïdes (nœuds lymphatiques, rate, thymus), une pneumonie interstitielle [43], une encéphalite non-suppurative ou une méningo-encéphalite, avec nécrose neuronale et démyélinisation. Des corps d'inclusions éosinophiles intra-cytoplasmiques voire intranucléaires peuvent être observés dans les neurones ou les *epithelia* (muqueuse digestive, *epithelium* des conduits pancréatiques ou biliaire, *epithelium* respiratoire, *epithelium* transitionnel de la vessie) [50, 70, 99, 163].

Tableau 7. Cas cliniques détaillés de maladie de Carré spontanés décrits chez les 9 espèces de l'étude

Espèce	Individus atteints	Clinique	Lésions macroscopiques	Réf.
Loup *(Canis lupus)*	Plusieurs adultes euthanasiés après 1,5 mois	Conjonctivite puis jetage nasal purulent, dyspnée, troubles neurologiques	Rhinite, pneumonie, gastro-entérite, kératite ulcérative	142
Chacal à chabraque *(Canis mesomelas)*	Pas de cas clinique décrit en captivité			
Loup à crinière *(Chrysocyon brachyurus)*	1 adulte > 2 ans, mort en 11jours.	Anorexie, cachexie, diarrhée, conjonctivite, phases d'hyperthermie transitoire, convulsions avec hypersalivation, trismus, mouvements de tête puis incoordination motrice généralisée	Congestion nasale et trachéobronchique, pneumonie, gastro-entérite.	142
	5 individus	Diarrhée, écoulement oculaire purulent, cris rauques, ataxie, convulsions cloniques et spasmes des membres postérieurs	Pneumonie, pétéchies et ulcères sur la muqueuse intestinale	43
	2 nouveau-nés morts en 6 jours, élevés par une mère adoptive chien domestique, aucun signe sur la mère adoptive ou ses propres chiots	Anorexie, affaiblissement	Entérite catarrhale et hémorragies intestinales, hémorragies hépatiques et pulmonaires, néphromégalie et congestion rénale.	30
Dhole *(Cuon alpinus)*	Pas de cas clinique décrit en captivité			
Lycaon *(Lycaon pictus)*	52 animaux, mort de 49 animaux en deux mois	Non détaillée	Bronchopneumonie interstitielle avec nécrose épithéliale	153
	Meute de 6 adultes et 6 juvéniles en nature, 10 morts et 2 disparus.	Emaciation, écoulement oculaire mucopurulent, diarrhée	Congestion de l'endocarde, œdème et consolidation pulmonaire, méningoencéphalite	4
			Hofmeyr 1956 cité par [154]	
Otocyon *(Otocyon megalotis)*	Plusieurs individus	Inconnue, mort	inconnues	140
			Hofmeyr 1956 cité par [50]	
Chien des buissons *(Speothos venaticus)*	2 individus morts en une dizaine de jours	Anorexie, cachexie, conjonctivite, jetage nasal et oculaire, diarrhée muqueuse et hémorragique sévère et persistante.	Congestion nasale, bronchite, pneumonie, gastro-entérite avec ulcères gastriques et cæco-colite.	142
Renard polaire *(Vulpes lagopus)*	Elevage de 3000 renards, 30 % de morbidité et mortalité, surtout chez les jeunes	Léthargie, pneumonie, kératite, parfois diarrhée	Gastro-entérite hémorragique sévère, hémorragie abdominale, ictère, bronchopneumonie suppurative sévère	16
Fennec *(Vulpes zerda)*	Pas de cas clinique décrit en captivité			118

c) Diagnostic

Il est surtout clinique [50, 70, 163].

Le diagnostic différentiel doit être fait principalement avec la rage [78], la maladie d'Aujeszky, la parvovirose et l'hépatite de Rubarth, ainsi qu'avec des infections bactériennes ou parasitaires [84, 163].

Une numération-formule sanguine peut mettre en évidence une lymphopénie, parfois une thrombocytopénie et une anémie régénérative [50, 70]. Des corps d'inclusion peuvent être observés dans les leucocytes à la faveur d'un frottis de sang périphérique, ou sur un frottis conjonctival [50, 70, 163] sur animal vivant, ou sur les *epithelia* obtenus *post-mortem*. Des techniques d'immuno-histochimie peuvent être mises en oeuvre sur frottis cellulaire (frottis conjonctival, urine, sang, LCR, lavage broncho-alvéolaire) pour mettre rechercher des antigènes viraux [50, 84, 163]. Des anticorps peuvent être détectés dans le sérum ou le LCR, mais les faux négatifs sont fréquents pendant la phase clinique (mauvaise réponse immunitaire souvent associée à une issue fatale ou anticorps formant des complexes avec les antigènes viraux) [84, 163]. La RT-PCR sur sang est actuellement la technique de choix.

d) Traitement

Le traitement est uniquement symptomatique [50, 70, 84, 163].

Une antibiothérapie adaptée à la forme clinique dominante (atteinte respiratoire ou digestive) doit être mise en place pour limiter les complications bactériennes [50, 70, 84, 163]. On y associe une fluidothérapie, des anti-convulsivants ou des corticoïdes pour limiter l'inflammation du système nerveux [50, 70, 84, 163].

Le pronostic est toujours réservé, d'autant plus lors de forme nerveuse, et l'euthanasie est alors souvent recommandée [70, 84, 142].

4. Prophylaxie

a) Sanitaire

Des mesures de quarantaine à l'introduction de tout nouvel animal et l'isolement strict des malades sont indispensables [84]. Les désinfectants courants sont suffisants pour détruire le virus [70, 163, 164].

Une séparation efficace des animaux réceptifs et sensibles de la collection et vis-à-vis des animaux domestiques ou sauvages libres est indispensable. Elle doit interdire l'intrusion de Ratons-laveurs, de Fouines ou de Renards potentiellement malades ou excréteurs à proximité des enclos et à plus forte raison à l'intérieur. Ces visiteurs nocturnes, attirés par la nourriture, représentent en effet la source la plus fréquente de contamination des animaux captifs [84, 117, 118, 142, 164].

Deux jeunes Loups à crinière rejetés par leur mère ont été contaminés par la chienne domestique qui faisait office de mère adoptive, sans que celle-ci ou que ses propres chiots, probablement immunisés par le *colostrum*, n'aient été atteints [30].

b) Médicale

Des vaccins existent depuis de nombreuses années pour les Chiens domestiques. Les vaccins tués ont été remplacés par des vaccins vivants ou obtenus par génie génétique (voir III. A. 2.). Il existe un vaccin vectorisé disposant d'une AMM pour les Furets aux Etats-Unis d'Amérique. Des vaccins ont également été développés pour les Visons d'élevage. La vaccination a été utilisée chez de nombreux Carnivores sauvages, mais les risques de maladie vaccinale demeurent importants avec les vaccins vivants.

C. L'hépatite de Rubarth

1. Agent responsable

L'hépatite de Rubarth est causée par l'*Adenovirus* canin de type 1 (CAV-1), un virus nu à ADN double brin. Il est proche bien qu'antigéniquement distinct de CAV-2, responsable de troubles respiratoires modérés chez le Chien [69, 166].

L'hépatite de Rubarth est également appelée hépatite infectieuse canine, *hepatitis contagiosa canis* ou encore encéphalite du renard ou *encephalitis infectiosa vulpis*, car elle fut décrite pour la première fois chez des Renards par Green en 1925 [166].

2. Epidémiologie chez les Canidés sauvages

a) Espèces réceptives et sensibles

La maladie, cosmopolite, a été décrite chez des Renards, Loups et Coyotes, mais également chez des Mustélidés (Mouffette (*Mephitis mephitis*), Furets, Visons), des Procyonidés (Raton-laveur) et des Ursidés, dans la nature comme en captivité [69, 126, 166]. Chez des Renards polaires en ferme d'élevage, une co-infection avec la toxoplasmose semble avoir augmenté la sensibilité des renardeaux à l'hépatite [93].

Les études sérologiques ont mis en évidence un portage variable parmi les Canidés sauvages dans la nature. En Amérique du Nord, la séroprévalence varie en fonction des lieux et des années : de 12 à 94 % chez les Loups [69, 83, 168, 169], jusqu'à 100 % chez les Coyotes [45, 67]. Cette forte prévalence indique un niveau d'exposition élevé associé à une faible mortalité, avec probablement des infections asymptomatiques [69]. Chez les Loups, aucune relation n'a pu être établie entre le taux de séropositivité et la mortalité juvénile, contrairement à la parvovirose ou à la maladie de Carré [83]. La maladie semble avoir peu d'impact sur les populations sauvages [166, 169]. En Europe, une étude sur le Renard roux a montré un faible taux de prévalence (3,5 %) [152]. En Afrique, une forte séroprévalence enregistrée chez les Lycaons semble être en rapport avec le taux d'infection élevé des Chiens domestiques [96]. Des Loups à crinière séropositifs ont été détectés en Bolivie, le rôle de réservoir des Chiens domestiques est là aussi évoqué [49].

b) Sources et transmission

L'hépatite de Rubarth est une maladie très contagieuse. Chez les individus malades, le virus est excrété dans les urines et les fèces, mais également dans la salive, les sécrétions nasales et oculaires et les aérosols [164, 166]. Une dizaine de jours après infection, le virus n'est plus retrouvé que dans les reins chez le Chien et est excrété dans les urines jusqu'à plusieurs mois après la guérison [69, 166].

La contamination se fait par contact direct mais également indirect, le virus étant très résistant dans le milieu extérieur. En parc zoologique, le rôle de vecteur mécanique imputés aux soigneurs a été fortement suspecté lors de plusieurs cas de contaminations inter-spécifiques [126].

3. Clinique

a) Symptômes

Les animaux les plus sévèrement affectés meurent en quelques heures, après une période d'incubation de quelques jours à une semaine. Les autres récupèrent après 5 à 7 jours en règle générale [69, 166]. Chez le Chien et le Renard, on observe des signes de gastro-entérite (diarrhée mucoïde à hémorragique), d'atteinte des voies respiratoires supérieures (rhinite, pharyngite) et profondes (pneumonie), d'encéphalite (dépression ou hyperexcitabilité, paralysie, convulsions, coma), des œdèmes sous-cutanés, une lymphadénopathie et une atteinte vasculaire (pétéchie, ecchymoses, épistaxis) [15, 69, 166]. L'encéphalite semble prédominante chez l'Ours et le Renard [15]. Chez un jeune Coyote, une hypothermie et une déshydratation marquée associéee à une conjonctivite purulente bilatérale et des convulsions toniques avec opisthotonos ont conduit à l'euthanasie en moins de 24 h [104].

Des signes ophtalmologiques peuvent être observés dans les cas non mortels, en général alors que l'animal est en phase de guérison. C'est le seul symptôme présent lors d'affection à bas bruit. Il peut s'agir d'une kératite avec conjonctivite et écoulement purulent ou d'une uvéite avec œdème de cornée, responsable de l'aspect caractéristique « d'œil bleu » [15, 69, 166], fréquent chez le Renard.

Les signes cliniques observés sur les neuf espèces de l'étude sont répertoriés dans le tableau 8.

b) Lésions

Chez le Chien, on observe typiquement des pétéchies et des ecchymoses sur les séreuses, de l'ascite, des nœuds lymphatiques et un tissu sous-cutané hémorragiques et œdématiés, un foie hypertrophié, friable, sombre marbré de jaune, ainsi que des lésions variables sur de nombreux autres organes (reins, poumons, cerveau) [69, 166]. A l'histologie, on enregistre des lésions de nécrose hépatique centro-lobulaire et des lésions vasculaires disséminées dans tous les organes, ainsi que des corps d'inclusion viraux dans les cellules infectées.

Chez le Renard, on trouve plutôt une congestion généralisée non spécifique [166]. Chez un Coyote, on a observé un œdème pulmonaire modéré, un foie friable, jaunâtre et hypertrophié et une hyperhémie intestinale avec un exsudat muqueux [104].

Tableau 8. Cas cliniques détaillés d'hépatite de Rubarth spontanée décrits en captivité chez les 9 espèces de l'étude

Espèce	Individus atteints	Clinique	Lésions	Réf.
Loup *(Canis lupus)*	2 louveteaux	Ataxie, convulsions		126
Chacal à chabraque *(Canis mesomelas)*	Pas de cas clinique décrit en captivité			
Loup à crinière *(Chrysocyon brachyurus)*	Une portée	Pas de description, mortalité		18
Dhole *(Cuon alpinus)*	Pas de cas clinique décrit en captivité			
Lycaon *(Lycaon pictus)*	Pas de cas clinique décrit en captivité			
Otocyon *(Otocyon megalotis)*	Pas de cas clinique décrit en captivité			
Chien des buissons *(Speothos venaticus)*	Pas de cas clinique décrit en captivité			
Renard polaire *(Vulpes lagopus)*	Renardeaux en ferme d'élevage	Co-infection hépatite / toxoplasmose Faible mortalité	Nécrose hépatique et corps d'inclusion Lésions cérébrales mineures essentiellement vasculaires	93
Fennec *(Vulpes zerda)*		Encéphalite : signes nerveux centraux, altération du comportement		88

c) Diagnostic

Les signes cliniques associés à une leucopénie, des anomalies de la coagulation et une protéinurie sont évocateurs de l'hépatite de Rubarth. La confirmation peut se faire par isolement viral (culture facile à partir de n'importe quel tissu ou sécrétion dès le début de la virémie), sérologie, PCR ou immunofluorescence sur foie ou rein [69].

Lors d'atteinte principalement nerveuse, le diagnostic différentiel doit être fait avec la rage et la maladie de Carré, toutes les espèces sensibles à l'hépatite de Rubarth étant également sensibles à ces deux maladies. La sérologie et l'histologie permettent de les différentier (observation des corps de Negri pour la rage, d'inclusions intranucléaires et intracytoplasmiques dans les neurones pour la maladie de Carré et d'inclusions intranucléaires dans les cellules des *endothelia* vasculaires pour l'hépatite de Rubarth [166]), mais surtout l'immunofluorescence avec la détection d'anticorps spécifiques.

d) Traitement

Le traitement est principalement symptomatique et de support [69, 166]. Il associe une fluidothérapie, une couverture antibiotique large spectre, une transfusion sanguine, le contrôle de l'hypoglycémie et de l'hyperammoniémie. L'administration de sérum hyperimmun a donné de bons résultats sur les espèces sauvages (Ours polaire (*Ursus maritimus*) notamment) [126, 166].

4. Prophylaxie

a) Sanitaire

Elle consiste principalement à isoler les animaux malades, à respecter les mesures de quarantaine lors d'introduction d'un nouvel animal, et à éviter au maximum toute contamination par l'intermédiaire des locaux, du matériel ou du personnel. Le virus résiste à certains désinfectants usuels (chloroforme, éther, acides, formaldéhyde), mais est détruit par l'eau de Javel et les solutions iodées [69].

b) Médicale

La vaccination a permis la quasi-éradication de la maladie chez les Chiens domestiques en Amérique du Nord et en Europe (i3). Toutefois, la résistance du virus dans l'environnement et le rôle de réservoir imputé aux Carnivores sauvages impose de maintenir la pression vaccinale.

Les vaccins vivants modifiés confèrent au Chien une protection de longue durée : le rappel peut n'être effectué que tous les 3 à 5 ans, et aucun cas n'a été rapporté chez des adultes ayant subi un protocole de vaccination correct lorsqu'ils étaient chiots [69].

Deux types de vaccins vivants modifiés peuvent être utilisés : le vaccin homologue CAV-1 et le vaccin hétérologue CAV-2. Le vaccin homologue n'est plus utilisé actuellement car il présentait une virulence résiduelle trop élevée. Le vaccin hétérologue permet d'assurer une protection à la fois contre l'hépatite de Rubarth et contre la toux de chenil en association avec un vaccin *Para-influenza*.

D. La rage

1. Agent responsable

La rage est une encéphalite aiguë fatale causée par un virus à ARN enveloppé du genre *Lyssavirus*, appartenant à la famille des *Rhabdoviridae* [135]. Plusieurs sérotypes (ou génotypes) existent ; c'est le sérotype 1 qui est le plus répandu et le responsable de la rage chez les mammifères terrestres et l'homme [135]. Les autres sérotypes infectent les chauves-souris (Chiroptères) en Afrique (sérotypes 2 à 4), Europe (5 et 6) et Australie (7). On distingue différents variants, ou biotypes, au sein du sérotype 1, chacun s'étant adapté plus particulièrement à une espèce hôte [15].

Le virus rabique est fragile dans le milieu extérieur. Il est sensible à la plupart des désinfectants usuels (eau de Javel, ammonium quaternaire, savon), ainsi qu'à la chaleur (dès 50°C) et à la dessication. S'il disparaît vite d'un corps en décomposition laissé au soleil, il peut survivre plusieurs jours dans l'encéphale, protégé par la boite crânienne, voire plusieurs mois dans les carcasses gelées de Renards dans la toundra [135].

2. Epidémiologie chez les Canidés sauvages

a) Espèces réceptives et sensibles

Toutes les espèces de Mammifères sont sensibles au virus rabique (Homme compris), mais à des degrés variables. En effet, les différents variants ou biotypes présentent des différences de virulence en fonction des espèces qu'ils infectent. Par exemple, le Chien est au moins 3 000 fois moins sensible au virus d'origine vulpine que le Renard et vice-versa [15, 151]. En outre, il est inhabituel de trouver un virus en circulation chez une espèce qui n'est pas son hôte habituel : la concentration virale dans la salive est alors beaucoup plus faible ce qui limite drastiquement la probabilité de diffusion du virus dans ces populations [133].

b) Sources et transmission

Le virus rabique est répandu dans le monde entier, à l'exception de quelques zones insulaires (Grande-Bretagne, Japon, Nouvelle-Zélande, certaines îles des Caraïbes) et de l'Antarctique. Les Canidés constituent très souvent les réservoirs de cette maladie, les espèces variant en fonction des localisations géographiques (en gras les espèces de l'étude):

- En Europe, c'est le Renard roux, espèce opportuniste largement répandue, qui représente le réservoir principal, supplanté par le **Renard polaire** dans la zone arctique [135, 151, 164]. Le rôle du Chien viverrin, échappé de captivité, en Europe de l'Est et autour de la mer Baltique est discuté. En Turquie, ainsi que dans quelques pays de l'Est (Roumanie, Russie, Bulgarie, Lettonie) le Chien domestique demeure un réservoir important [135].

- En Afrique, ce sont les Chiens domestiques qui ont d'abord propagé la rage vers les espèces sauvages, créant des réservoirs sauvages secondaires. C'est le cas des **Chacals à chabraque** et à flancs rayés (*Canis adustus*), principales espèces réservoirs, car les plus répandues. La nature du réservoir principal varie également en fonction des habitats, qui conditionnent la répartition et l'abondance relative des différentes espèces : c'est par exemple l'**Otocyon** qui joue ce rôle dans les zones arides ou encore les mangoustes (*Herpestes sp.*) dans les savanes herbeuses [135, 151]. Le Chien domestique reste une espèce réservoir très importante, en raison de la quasi-absence de suivi sanitaire le concernant [135, 164]. Par ce biais, la rage menace des espèces en danger, tel le Loup d'Abyssinie (*Canis simensis)* ou encore le **Lycaon** [135]. Cette dernière espèce est particulièrement menacée en raison de son organisation sociale en meutes de vingt à cinquante individus : la maladie se répand très vite et peut éradiquer complètement la meute [91].
- En Asie, le Chien domestique constitue le principal réservoir de la rage, comparativement au Chacal, au Renard ou encore au Chien viverrin [135]. Dans le nord de l'Asie, c'est le **Renard polaire** qui représente le principal réservoir [164].
- Au Moyen-Orient, le Renard roux (*Vulpes vulpes arabica)* est le principal réservoir et vecteur de la rage, avec le Renard de Rüppell (*Vulpes ruppelli)*. Celui-ci se déplace sur de très grands territoires, ce qui expliquerait le maintien de la rage à l'état endémique en Arabie malgré une densité de population très faible [135]. Des cas ont également été décrits chez des **Loups** (*Canis lupus arabs)*, des Chacals dorés et des **Fennecs**.
- En Amérique du Nord, de nombreuses espèces se partagent le rôle de réservoir : le Raton-Laveur principalement, le Coyote, les Renards (Renard roux, Renard gris (*Urocyon cinereoargenteus)* et **Renard polaire** dans le nord), ou encore la Mouffette (*Mephitis mephitis).* Le **Loup** ne semble pas jouer un rôle de réservoir, en raison de son habitat trop morcelé [135, 164]).
- En Amérique du Sud, c'est encore une fois le Chien domestique qui représente le réservoir majeur, les cas décrits dans la faune sauvage étant plutôt sporadiques [135].

Ce sont les animaux malades ou en phase d'excrétion pré-symptomatique qui constituent la source du virus. En effet, l'excrétion est importante pendant une longue période d'incubation (jusqu'à 29 jours avant les premiers signes cliniques chez le Renard roux [151]), assez longue pour que la probabilité de contact avec un individu d'une espèce réceptive soit assez élevée pour maintenir la maladie à l'état endémique.

En revanche, le rôle du portage asymptomatique est considéré comme négligeable. La plupart des études sérologiques en milieu naturel montrent un taux d'anticorps nul ou très faible, même sur les espèces réservoirs (1 % chez des Loups d'Alaska, 3 % chez des Chacals au Kenya, représentant à chaque fois un seul individu sur l'échantillon [3, 168]). Cela confirme le très fort taux de létalité de la maladie. Au Serengeti, trois Lycaons sur douze prélevés présentaient des titres significatifs en anticorps anti-rabiques, sans exprimer de signes de la maladie dans les quinze mois suivants [66]. Ils pourraient s'agir de faux positifs (ils sont jugés non spécifiques si les titres sont inférieurs à 0,5 UI/mL [66])) ou d'animaux ayant survécu à l'infection. Le portage asymptomatique est encore mal connu, bien que

prouvé sur des Chiens errants en Ethiopie. Il est jugé tellement exceptionnel que sa portée épidémiologique est négligée [151, 168].

La transmission se fait classiquement par morsure, ou par contact avec de la salive ou des tissus contaminés sur des lésions cutanées ou sur les muqueuses. La contamination par voie orale est également possible, notamment chez les Canidés sauvages qui vont se nourrir d'animaux malades ou même déjà morts car le virus survit longtemps dans les tissus s'il est protégé du soleil et de la dessiccation [135, 151].

3. Clinique

a) Symptômes

La rage du Chien se décline classiquement sous deux formes : la rage dite "furieuse" et la rage dite "paralytique". Cette présentation est cependant quelque peu caricaturale car dans les faits, ces deux formes se succèdent au cours de l'évolution de la maladie, la paralysie apparaissant toujours en phase finale. La rage est en outre une affection extrêmement protéiforme, combinant de très nombreux signes cliniques sans qu'aucun ne soit pathognomonique ou même constant. On dit en français que "tout est rage et rien n'est rage", et en anglais "*the atypical is typical*" ("l'atypique est typique") [135], cela étant encore plus vrai pour les espèces sauvages, pour lesquelles l'expression clinique est moins bien connue.

La rage provoque une encéphalite. Les symptômes sont donc nerveux et se traduisent principalement par des changements de comportement (hyperexcitation ou apathie, désorientation) et des parésies ou paralysies (des membres, des mâchoires). Peuvent également être associés des signes digestifs, du prurit au lieu d'inoculation ou encore une procidence de la membrane nictitante [135, 151]. Chez les Canidés sauvages en liberté, on observe classiquement une disparition de la peur de l'Homme : les animaux se rapprochent des habitations et n'hésitent pas à se montrer en plein jour.

L'incubation peut durer de quelques jours à plusieurs mois, en fonction du site d'inoculation, en revanche une fois les signes cliniques apparus, l'évolution est invariablement fatale dans les jours qui suivent (en moyenne 3 à 4 jours, parfois jusqu'à 10 jours) [135, 151].

b) Lésions

Aucune lésion macroscopique n'a de valeur spécifique. On observe souvent des lésions d'automutilation et des corps étrangers dans l'estomac [135, 151].

Au niveau microscopique, on recherche des lésions dans le système nerveux. On observe des lésions non spécifiques d'encéphalomyélite virale et des lésions ganglionnaires, et on recherche des lésions spécifiques que sont les corps de Negri. Il s'agit d'inclusions éosinophiles intra-cytoplasmiques hétérogènes, principalement situées dans la

corne d'Ammon, le cortex cérébral et les cellules de Purkinje du cervelet. Leur présence, leur taille et leur nombre sont en relation directe avec la durée de la maladie clinique [151].

c) Diagnostic

La clinique et le contexte épidémiologique peuvent permettre de poser une suspicion, mais jamais un diagnostic de certitude. Le suivi de l'évolution de la maladie peut permettre d'exclure la rage, en cas de guérison ou de survie prolongée de l'animal. Une évolution rapidement mortelle avec paralysie progressive est au contraire très en faveur d'une infection rabique.

Le diagnostic différentiel doit être fait principalement avec les autres encéphalites virales (maladie de Carré, maladie d'Aujeszky, hépatite de Rubarth) ou parasitaires (toxoplasmose), et différentes causes de paralysie (tétanos, botulisme, intoxication, traumatisme...)

Le diagnostic de certitude est établi *post-mortem* et réalisé à partir de l'encéphale. Les prélèvements (corps entier pour les petites espèces (jusqu'à la taille d'une Fouine), tête pour les espèces moyennes et uniquement l'encéphale et le bulbe pour les grandes espèces) doivent être envoyés, sous couvert du Laboratoire Vétérinaire Départemental, à l'AFSSA de Nancy. Si l'animal qui fait l'objet d'investigation a potentiellement contaminé un être humain, l'envoi doit obligatoirement être adressé à l'Institut Pasteur de Paris. Les deux techniques employées en routine sont l'immunofluorescence sur des calques de la corne d'Ammon (test rapide, résultats dans la journée, mais pouvant donner des faux-négatifs), et l'inoculation à des cultures cellulaires de neuroblastomes. Les deux techniques sont systématiquement associées [151].

d) Traitement

Aucun traitement n'existe, la maladie est systématiquement mortelle une fois les symptômes apparus.

4. Prophylaxie

a) Sanitaire

Concernant les animaux domestiques ou sauvages détenus en captivité, des mesures réglementaires nationales existent pour prévenir l'importation d'un animal en incubation dans un pays indemne (certificat sanitaire, quarantaine). Tout Mammifère importé en provenance d'un pays non indemne peut être en incubation de rage ; si l'animal n'est pas vacciné, une quarantaine de six mois est préconisée [31].

Dans les pays d'enzootie rabique, le contrôle des Chats et Chiens errants est primordial.

La gestion des espèces sauvages potentiellement vectrices est beaucoup plus difficile. La méthode consistant à tenter à réduire drastiquement la densité de leurs populations pour limiter la propagation du virus s'est trouvée confrontée à des difficultés pratiques, financières et éthiques. En outre, les espèces vectrices sont souvent les espèces les plus fréquentes dans une zone géographique donnée, en raison de leurs capacités d'adaptation de leur prolificité (Renard, Chacal, Raton-laveur…). Les populations se reconstituaient donc rapidement dès l'arrêt de l'abattage. Cette méthode a été abandonnée en Europe et en Amérique du Nord au profit de la prophylaxie médicale (cf. paragraphe suivant et III. D.) [151].

En parc zoologique, dans les zones d'enzootie rabique, les animaux ne doivent avoir aucun contact avec les espèces sauvages autochtones. Cependant, s'il est envisageable d'empêcher l'accès aux petits Carnivores libres, il est en revanche beaucoup plus difficile de créer des barrières totalement hermétiques vis-à-vis des Chauve-souris ou des Rongeurs.

b) Médicale

La prophylaxie médicale est basée sur la vaccination des animaux domestiques et sauvages.

En France, des vaccins inactivés adjuvés permettent d'immuniser Chiens, Chats et bétail. Cette vaccination, très encadrée sur un plan réglementaire, n'est valide que si l'animal est correctement identifié et à condition d'être dûment enregistrée sur un certificat de vaccination (Cerfa) ou sur le passeport de l'animal. De même, en France, chiots et chatons ne doivent pas être vaccinés avant 3 mois révolus ; la vaccination n'est valable que 3 semaines après la première injection et le rappel est annuel au jour près.

Si aucune AMM n'existe pour les Carnivores sauvages détenus en captivité, leur vaccination est toutefois obligatoire avant leur entrée dans le territoire s'ils proviennent d'un pays tiers, associée à un titrage des anticorps sériques. Cette mesure est définie par l'arrêté ministériel du 19 juillet 2002 *"fixant les conditions sanitaires pour l'importation et le transit, sur le territoire métropolitain et dans les départements d'outre-mer, des animaux vivants et de certains de leurs produits visés à l'article L. 236-1 du code rural"*. L'annexe 6 de cet arrêté présente un modèle de "*Certificat sanitaire pour l'importation et le transit sur le territoire métropolitain et dans les départements d'outre-mer de carnivores non domestiques en provenance de pays tiers*", dont voici l'extrait concernant la vaccination antirabique :

> "Je soussigné, vétérinaire officiel, certifie que les animaux décrits ci-dessus répondent aux conditions suivantes : […]
> b) Ont été soumis, à J 0 à une épreuve de recherche, avec résultats négatifs, des anticorps neutralisant le virus rabique par un laboratoire officiel (nom et adresse du laboratoire) réalisée le ..., puis vaccinés à J 0 par injection d'un vaccin inactivé d'au moins une unité antigénique internationale (norme OMS, Organisation mondiale de la santé) le ..., avec le vaccin suivant (nom du vaccin et numéro du lot) et soumis à nouveau J 30

à une épreuve de titrage des anticorps neutralisant le virus rabique par un laboratoire officiel (nom et adresse du laboratoire), relevant un titre sérique au moins égal à 0,5 unité internationale par millilitre 30 jours après la vaccination le ... et expédiés à J 120 (1).
Dans le cas d'animaux qui ont fait l'objet d'une revaccination sans rupture du protocole vaccinal prescrit par le fabricant, les animaux ont été soumis à une épreuve de titrage des anticorps neutralisant le virus rabique par un laboratoire officiel (nom et adresse du laboratoire), relevant un titre sérique au moins égal à 0,5 unité internationale par millilitre, 30 jours après ce rappel ;
c) N'ont pas subi de contacts avérés avec des animaux enragés au cours des 6 derniers mois et n'ont pas été soumis à ce titre à une restriction par les autorités sanitaires de ... (pays d'exportation) ;"

Si un animal enragé (ou suspect de rage) entre en contact avec un Mammifère captif vacciné, on procède immédiatement à un rappel de vaccination et on le place sous surveillance pendant quatre-vingt-dix jours. S'il n'était pas vacciné, il doit être euthanasié. La valeur de l'animal peut justifier une dérogation à l'euthanasie ; il doit alors être placé en quarantaine stricte pendant six mois minimum. Si aucun signe ne se déclare, il peut être vacciné un mois avant la fin de la quarantaine, afin d'être protégé lors de sa sortie [31, 133].

Le contrôle de la maladie passe aussi et principalement par le contrôle des espèces sauvages reservoirs. La vaccination de ces animaux s'est avérée la technique la plus efficace, bien supérieure aux mesures de chasse et de destruction. Elle est effectuée par voie orale : des vaccins anti-rabiques sont insérés dans des appâts alimentaires et répandus par hélicoptère dans une zone donnée. Les vaccins vivants atténués ont été remplacés par des vaccins recombinants, afin d'éviter tout risque de rage vaccino-induite, chez l'espèce cible ou chez des espèces non-cibles qui peuvent consommer l'appât [134]. Cette technique a permis l'éradication de la rage vulpine en France, et un contrôle de la maladie dans plusieurs régions des Etats-Unis d'Amérique [101]. En France, elle est réglementée par le décret du 27 juin 1996 [151].

E. La leptospirose

1. Agent responsable

La leptospirose est causée par *Leptospira interrogans*, une bactérie spirochète filamenteuse, terminée par un crochet [72, 97]. On connaît 3 espèces de Leptospires ; seule *L. interrogans* est pathogène, et elle compte plus de 200 sérovars regroupés en 30 sérogroupes sur la base de leurs antigènes de surface [72, 97].

2. Epidémiologie chez les Canidés sauvages

Les leptospires sont cosmopolites. Elles vivent et se multiplient dans les tubules rénaux de certaines espèces de Mammifères, hôtes réservoirs, très réceptifs mais chez lesquels l'infection est le plus souvent asymptomatique et l'excrétion longue. La maladie se déclare lorsqu'elles infectent des hôtes accidentels, moins réceptifs mais beaucoup plus sensibles [72, 97].

a) Espèces réceptives et sensibles

Toutes les espèces de Mammifères sont *a priori* réceptives aux leptospires [97]. En Amérique du Nord, des sérovars très variés ont été isolés chez un grand nombre de Mammifères (Raton laveur, Opossum (*Didelphis marsupialis*), Tatou (*Dasypus novencinctus*), Lynx (*Lynx rufus*), Ecureuil (*Sciurus niger*), Cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) ou encore Otarie de Californie (*Zalophus californianus*)), mais également chez des Reptiles et Amphibiens [72, 136].

Chez les Canidés sauvages, on peut citer parmi les sérovars mis en évidence *L. ballum*, *L. australis*, *L. grippotyphosa* et *L. icterohaemorrhagiae* chez des Renards gris (*Urocyon cinereoargentatus*) ; *L. pomona*, *L. ballum*, *L. bratislava*, *L. grippotyphosa* et *L. icterohaemorrhagiae* chez des Renards roux ; *L. grippotyphosa, L. bratislava, L. canicola, L. automnalis, L. pomona* chez des Loups en Amérique du Nord, *L. grippotyphosa, L. bratislava, L. icterohaemorrhagiae, L. automnalis, L. pomona* chez des Coyotes, *L. grippotyphosa, L. pomona, L. canicola* chez des Chacals, *L. ballum, L. icterohaemorragiae, L. szwajizak* chez des Loups à crinière en Amérique du Sud [49, 72, 89, 136, 105, 114, 143].

Des études sérologiques ont mis en évidence des prévalences faibles chez le Loup (< 1 % à 11 %), le Coyote (0 % à 25 %) et le Renard gris *(Urocyon cinereoargenteus)* (0 % à 14 %) en Amérique du Nord [65, 67, 89, 114, 168, 169]. Cela peut s'expliquer par la faible immunogénicité de la bactérie et la courte durée de vie des anticorps, ou bien par une absence d'exposition [169]. Chez le Loup, les plus fortes prévalences ont été observées chez les meutes vivant à proximité des fermes d'élevage, semblant indiquer une inter-contamination bétail – Carnivores sauvages [89]. En Angleterre, les Renards urbains sont fréquemment séropositifs [143].

Une étude sérologique récente dans un parc zoologique en Corée du Sud a mis en évidence une très faible prévalence chez les Canidés du parc : parmi les Lycaons, Coyotes,

Chiens viverrins et Renards roux testés, seul un Renard roux sur cinq individus s'est avéré positif [85]. Le taux de séropositivité était beaucoup plus élevé dans ce parc chez les herbivores que chez les carnivores, différence attribuée à une plus forte probabilité de contact entre herbivores et rongeurs sauvages qu'entre carnivores et rongeurs.

Bien que des anticorps soient régulièrement mis en évidence chez les espèces sauvages, la maladie n'a quasiment pas été décrite en milieu naturel, et on ignore si des cas cliniques se déclarent pour la plupart des espèces. Son impact sur les populations sauvages semble de fait très restreinte [136, 169].

Enfin, il est important de rappeler que la leptospirose est une zoonose.

b) Sources et transmission

Si les Rongeurs constituent le réservoir de la plupart des sérovars, certains sont aussi entretenus par d'autres espèces, par exemple *L. grippotyphosa* et *L. pomona* par le Raton laveur, la Moufette et l'Opossum (*Didelphis marsupialis*) en Amérique du Nord, *L. canicola* par le Chien (auquel il est sensible, mais souvent porteur asymptomatique), *L. bratislava* par le Blaireau, le Vison d'Amérique et le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*), également réservoir de *L. ballum* [72, 97, 105, 136, 143].

Parmi les Canidés sauvages, le Renard est considéré comme un réservoir potentiel selon les régions pour *L. bratislava*, *L. automnalis*, *L. grippotyphosa* et possiblement *L. canicola* [105, 136, 143]. Des Renards trouvés infectés par *L. pomona* présentaient des lésions rénales sévères et un taux d'anticorps très élevé, semblant indiquer que ce sérovar est trop pathogène chez cette espèce pour qu'elle en constitue un réservoir [90]. Le sérovar *schuffneri*, appartenant au sérogroupe *Canicola*, a été isolé chez un Renard roux en Grande-Bretagne, alors qu'aucun hôte réservoir ne lui est encore connu. Des études sérologiques anglaises tendent à montrer que l'infection est commune chez les Renards roux en milieu urbain, en faisant de potentiels réservoirs de cette souche pour les animaux domestiques [143]. Le Coyote semble très réceptif à *L. pomona,* mais y est peu sensible ; il peut donc jouer un rôle de réservoir ou disséminateur de ce sérovar, l'excrétion urinaire après inoculation expérimentale ayant été détectée pendant au moins 40 jours [105].

Le plus souvent, les espèces réservoirs contaminent l'environnement ou les eaux de surface par l'intermédiaire de leurs urines, mais la transmission peut aussi se faire par contact direct, transmission vénérienne, ingestion de lait ou de tissus contaminés ou encore passage transplacentaire [72, 97]. Les hôtes accidentels tombés malades représentent également une source : les Chiens atteints excrètent des bactéries dans leurs urines pendant plusieurs mois après l'infection, mais le Chien n'est pas une source majeure en raison de l'acidité de ses urines [72].

Les bactéries sont peu résistantes dans l'environnement, mais dans des conditions bien définies (eaux stagnantes entre 0°C et 25°C, à pH neutre ou légèrement basique), elles peuvent survivre jusqu'à 6 semaines [72, 97, 136]. Dans les régions tempérées, l'infection

est ainsi plus fréquente pendant les mois chauds et pluvieux (fin d'été, début d'automne), qui sont plus favorables à la survie des bactéries [72, 97].

La bactérie infecte l'hôte en traversant les muqueuses ou par des plaies cutanées. Chez les animaux sauvages, l'infection semble se produire majoritairement par la consommation d'eau souillée et surtout d'animaux contaminés par prédation [136].

3. Clinique

a) Symptômes

L'atteinte est variable en fonction de l'âge de l'animal (plus grave chez les jeunes), de son statut immunitaire et de la virulence du sérovar [72, 97, 136].

Chez le Chien, on peut observer un portage asymptomatique, ou bien une atteinte variable, de suraiguë avec mort subite sans signe précurseur, à aiguë ou subaiguë.

On note principalement des symptômes généraux (abattement, faiblesse musculaire généralisée, hyperthermie, polydipsie, anorexie, vomissements, déshydratation), des déficits de la coagulation se traduisant par des pétéchies et des saignements (épistaxis, hématémèse, *melena*…), des signes d'hémolyse et d'insuffisances hépatique (ictère, fèces décolorées) et rénale (oligo-anurie), particulièrement dans les formes subaiguës. Peuvent s'ajouter à ces symptômes une douleur abdominale, une hyperesthésie et une réticence à se déplacer consécutives à l'inflammation musculaire, méningée ou rénale, une toux et une dyspnée accompagnée de conjonctivite, voire des intussusceptions intestinales probablement associées à l'inflammation [72, 97].

En revanche la clinique est très mal connue chez les Canidés sauvages, car on ne dispose pas, dans la littérature, de descriptions de leptospirose chez ces espèces que ce soit en liberté [136] ou en captivité. Des infections expérimentales chez des Coyotes (*Canis latrans*) et des Renards (*Vulpes vulpes* et *Urocyon cinereoargenteus*) n'ont pas déclenché de symptômes [105, 128].

b) Lésions

A l'autopsie chez le Chien, les reins et le foie sont hypertrophiés et pâles ; on observe des hémorragies sous-capsulaires sur les reins, des pétéchies et des ecchymoses disséminées (plèvres, méninges). On peut trouver du sang en nature dans la vessie ou dans l'intestin. Une congestion pulmonaire peut être présente. Une néphrite interstitielle hémorragique sévère a été décrite chez des renards roux dans les reins desquels on a mis en évidence le sérovar *pomona* [90].

A l'histopathologie, les lésions rénales varient d'une inflammation interstitielle diffuse à une nécrose tubulaire en fonction de l'intensité de la maladie [72, 97]. De la même façon

les lésions hépatiques sont variables, le plus souvent sous la forme d'une nécrose focale en périphérie des *acini* [72].

c) Diagnostic

Un ictère hémolytique associé à une hyperthermie constitue un signe d'appel [97]. Des analyses sanguines permettent de mettre en évidence une leucocytose et une thrombocytopénie, une élévation des taux des marqueurs hépatiques et rénaux (PAL, ALAT, bilirubine, urée, créatinine), alors que l'analyse urinaire montre typiquement une glycosurie, une protéinurie, une bilirubinurie et la présence de nombreuses cellules. Des lésions rénales non spécifiques peuvent être observées à l'échographie [72].

Des tests sérologiques peuvent être utilisés, mais doivent être interprétés avec précaution : les faux négatifs sont fréquents dans les 7 à 10 premiers jours de la maladie, des réactions croisées peuvent intervenir entre différents sérovars, et les titres positifs doivent être interprétés en tenant compte d'une part d'une éventuelle vaccination antérieure et d'autre part du taux de séropositivité de la population ; il est donc recommandé de réaliser une cinétique à partir de deux voire trois titrages espacés de deux à quatre semaines [72]. La méthode ELISA semble la plus sensible et la plus spécifique [72]. Il est également possible de réaliser des PCR sur sang ou sur urine.

Une culture bactérienne peut être réalisée sur des prélèvements urinaires ou des échantillons de tissus (foie ou rein) en *post-mortem* [72].

Enfin, l'analyse histologique permet de mettre en évidence des lésions rénales caractéristiques et d'objectiver la présence de leptospires [72, 97].

d) Traitement

Un traitement de soutien est mis en place en fonction de la présence d'une insuffisance hépatique ou rénale (fluidothérapie, anti-émétiques, diurétiques osmotiques lors d'oligo-anurie) et de la sévérité de l'atteinte (transfusion sanguine en cas de thrombocytopénie) [72].

Une antibiothérapie initiée le plus rapidement possible permet de réduire en quelques heures l'hyperthermie et la bactériémie, et limite le développement des insuffisances rénales et hépatiques. Elle doit être débutée dès que l'on suspecte une leptospirose, avant même les résultats des examens complémentaires. Les pénicillines sont très efficaces pour interrompre l'évolution de la maladie, mais ne permettent pas d'éliminer l'agent pathogène. On instituera un traitement à base de pénicilline ou d'ampicilline injectable, utilisables même en cas d'insuffisance hépatique, avec un relais avec de l'amoxicilline par voie orale dès que les vomissements ont cessé, celle-ci étant mieux absorbée. On tentera ensuite d'éliminer l'agent pathogène par l'utilisation de tétracyclines, de macrolides ou dérivés. Les aminosides sont également efficaces mais doivent être proscrits en cas d'insuffisance rénale. En revanche, on pourra utiliser la doxycycline, à la fois pour initier le traitement et pour blanchir l'animal [72].

4. Prophylaxie

a) Sanitaire

Il s'agit de repérer l'hôte réservoir et d'éviter tout contact entre lui et les animaux sensibles. Les animaux infectés, malades ou guéris mais non blanchis, doivent être isolés, les porteurs asymptomatiques non détectés représentant toujours une menace. Un contrôle strict de la population de Rongeurs doit être mis en place, visant à les empêcher notamment d'accéder aux aliments et à l'eau de boisson, mais également à éviter une éventuelle prédation des Carnivores captifs sur ces Rongeurs. Cela est souvent difficile, notamment au niveau des enclos extérieurs. Enfin, l'environnement doit être le moins favorable possible à la survie des leptospires, par le biais d'une bonne hygiène (les leptospires sont facilement détruites par les désinfectants usuels, par exemple l'eau de Javel) et d'une élimination des eaux stagnantes [72, 97, 136]. Ces mesures permettent de protéger les animaux mais également le personnel. Des mesures de protection complémentaires (port de gants, blouse, voire surbottes) doivent être préconisées pour le personnel travaillant au contact d'animaux porteurs, notamment lors du nettoyage des enclos [136, 143]. Certains médecins recommandent la vaccination préventive du personnel [15].

b) Médicale

Des vaccins inactivés contenant les sérovars *canicola* et *icterohaemorrhagiae* sont utilisés depuis plus de 30 ans chez le Chien, et ont permis de diminuer fortement la prévalence et la sévérité de la leptospirose canine [72]. Cependant, on observe actuellement une évolution des caractéristiques épidémiologiques de la maladie chez les Chiens vaccinés, probablement consécutive à cette vaccination : les cas dus aux sérogroupes *Canicola* et *Icterohaemorrhagiae*, autrefois les plus fréquents, se font rares et sont remplacés par des leptospiroses imputées à d'autres sérogroupes tels *Grippotyphosa* ou *Pomona*. On trouve maintenant aux Etats-Unis d'Amérique des vaccins contenant ces quatre principaux sérovars [72]. Il n'y a en effet pas de véritable protection croisée entre sérovars [72].

L'immunité obtenue avec les vaccins inactivés est relativement faible. Deux à trois injections sont nécessaires pour obtenir une immunité de six à huit mois. Plus le nombre d'injections est important, plus les titres obtenus sont élevés. On recommande des rappels annuels ou bi-annuels dans les zones à risque [72].

La vaccination n'empêche pas complètement le portage et l'excrétion urinaire de la bactérie, ce qui peut poser un risque en santé publique [72].

CONCLUSION

Les maladies décrites chez le Chien domestique affectent également les Canidés sauvages, lesquels peuvent être plus ou moins réceptifs (sérologies positives) ou sensibles (cas cliniques). Cependant, les données disponibles relatives à la prévalence ou à l'impact réel de ces maladies sur ces populations sont très variables en fonction de l'agent pathogène mais surtout de l'espèce considérée : certaines, à l'instar du Loup, bien représentées dans la nature comme dans les parcs zoologiques, bénéficient de nombreux travaux, alors que d'autres beaucoup plus rares en liberté comme en captivité, telle le Dhole, n'ont pratiquement pas été étudiées.

Les parcs zoologiques peuvent rassembler sur un espace restreint un grand nombre d'individus appartenant à des espèces qui n'entrent pas en contact les unes avec les autres à l'état sauvage, car provenant de zones géographiques distinctes [15]. Or, ces différentes espèces peuvent être réceptives ou sensibles à un même agent pathogène. Cette proximité artificielle qu'elle soit directe ou indirecte (par l'intermédiaire des soigneurs ou du matériel) constitue un risque non négligeable d'introduction ou de développement d'une pathologie infectieuse au sein des collections zoologiques. Les caractéristiques des affections contagieuses étant mal connues, la transmission (ou non transmission) d'un agent pathogène d'une espèce à une autre dans une collection zoologique diversifiée est très difficilement prévisible, tout comme sa gravité potentielle pour chacune des espèces hébergées [15]. L'isolement prolongé des populations captives par rapport à des maladies enzootiques à l'état sauvage engendre une disparition progressive de l'immunité spécifique qui accroît alors les risques d'apparition d'une épizootie si l'agent pathogène venait à être introduit [142].

Les mesures de prévention ont donc une grande importance dans la gestion d'un cheptel de parc zoologique. Le rôle potentiel de réservoir que joue la faune sauvage autochtone, doit inciter le vétérinaire à limiter autant que faire se peut les contacts entre ces animaux (petits Carnivores, Rongeurs, Insectes…) et les animaux de la collection [19, 43, 84, 117, 118, 142, 164]. Les animaux introduits représentent une autre source de contamination possible ; ce risque peut être globalement maîtrisé à condition de bien connaître l'origine de ces animaux et de leur appliquer des mesures très strictes de quarantaine [15, 43]. Le tableau 10 récapitule les caractéristiques des cinq maladies étudiées et leurs implications en parc zoologique. Leur gravité et les limites des mesures de prophylaxie sanitaire utilisées seules peuvent imposer le recours à la prophylaxie médicale en fonction de l'épidémiologie locale.

La vaccination, lorsqu'elle est posible, fait partie intégrante des mesures de prophylaxie des maladies infectieuses. Elle peut être réalisée sur le cheptel et/ou à l'entrée d'un nouvel animal, pendant la période de quarantaine. L'absence de cas cliniques décrits chez certaines espèces (tableau 9) pose la question de l'intérêt réel de vacciner ces espèces contre les valences correspondantes.

Enfin, le rôle épidémiologique des différentes espèces de Canidés sauvages hébergés dans un parc zoologique dans la propagation d'une épizootie pourra varier en fonction de leur réceptivité et sensibilité. Une évaluation de la situation peut conduire le vétérinaire à vacciner une espèce peu sensible mais pouvant constituer un réservoir afin de protéger d'autres Canidés présents sur le site.

Le tableau 10 récapitule les caractéristiques principales de chaque maladie influant sur les mesures de prophylaxie à développer en parc zoologique.

Tableau 9. Récapitulatif des cas décrits de chacune des 5 maladies spontanées chez les 9 espèces de l'étude avec la référence bibliographique.

Espèce	Parvovirose	Maladie de Carré	Hépatite de Rubarth	Rage	Leptospirose
Loup *(Canis lupus)*	110	142	126	Toutes les espèces sont sensibles	Pas de cas décrits
Chacal à chabraque *(Canis mesomelas)*		5			
Loup à crinière *(Chrysocyon brachyurus)*	22, 43, 57, 103, 164	30, 43, 142	18		
Dhole *(Cuon alpinus)*	Pas de cas décrits				
Lycaon *(Lycaon pictus)*		4			
Otocyon *(Otocyon megalotis)*	147	5, 50, 140			
Chien des buissons *(Speothos venaticus)*	37, 80, 103	142			
Renard polaire *(Vulpes lagopus)*	158	16	104		
Fennec *(Vulpes zerda)*			88		

Tableau 10. Récapitulatif des caractéristiques des cinq maladies étudiées

Maladie	Introduction en parc zoologique	Dissémination dans le parc	Réservoir	Gravité clinique	Moyens de lutte sanitaire
Parvovirose	Entrée d'un nouvel animal malade ou en incubation ; Passage de Chiens domestiques ; Intrusion de Carnivores sauvages libres (Chats, Ratons-laveurs, Renards) ; Entrée de vecteurs mécaniques animaux (Diptères, Rongeurs), de matériel souillé.	Contact direct ; Matériel ou nourriture souillés ; Vecteur mécanique (diptères, rongeurs), soigneurs ; Locaux communs contaminés (salle de soin, enclos de quarantaine).	Environnement.	Grave (mortelle) chez les jeunes principalement ; Adultes parfois atteints, surtout Chien des buissons et Loup à crinière par FPV.	Quarantaine ; Isolement des animaux malades ; Isolement vis à vis des Carnivores sauvages ou domestiques ; Séparation des différentes espèces sensibles ; Désinfection poussée.
Maladie de Carré	Entrée d'un nouvel animal malade, guéri ou en incubation ; Passage de chiens domestiques ; Intrusion de Carnivores sauvages libres (Chats, Ratons-laveurs, Renards, Fouines ou Martres).	Contact direct principalement.	Animaux en incubation, malades, guéris ou porteurs sains.	Variable en fonction des espèces mais souvent mortelle.	Quarantaine ; Isolement des animaux malades ; Isolement vis à vis des Carnivores sauvages ou domestiques ; Séparation des différentes espèces sensibles ; Désinfection.
Hépatite de Rubarth	Entrée d'un nouvel animal malade ou guéri ; Passage de chiens domestiques.	Contact direct ; Matériel ou nourriture souillés ; Soigneurs ; Locaux communs contaminés (salle de soin, enclos de quarantaine).	Animaux malades ou guéris.	Variable, d'une kératite ou uvéite réversible à la mort en quelques heures.	Quarantaine ; Isolement des animaux malades ; Isolement vis à vis des Carnivores sauvages (Renard, Fouine) ou domestiques (Chien) ; Désinfection poussée.
Rage	Entrée d'un nouvel animal malade ou en incubation ; Passage de chiens domestiques ; Intrusion de Carnivores sauvages libres ; (Chats, Ratons-laveurs, Renards, Fouines ou Martres).	Contact direct (morsure).	Animaux en incubation ou malades.	Mortalité systématique. Zoonose	Quarantaine ; Isolement des animaux malades ; Isolement vis à vis des Carnivores sauvages ou domestiques ; Séparation des différentes espèces sensibles.
Leptospirose	Entrée d'un nouvel animal malade ou en incubation ; Passage de chiens domestiques ; Intrusion de Carnivores sauvages (Ratons-laveurs) ; Présence de Rongeurs.	Présence de Rongeurs ; Eaux de surface ; Contact direct.	Environnement (eaux de surface) ; Espèces réservoirs ; Animaux malades ou guéris.	Peu connue. Zoonose	Isolement des animaux malades ou guéris excréteurs ; Hygiène de l'environnement (drainage des eaux stagnantes) ; Contrôle de la population de Rongeurs ; Désinfection.

III. Vaccination des Canidés sauvages

« The safety of live vaccines is debatable but the efficacy of dead vaccines is questionable. » W.A. SCOTT, 1979 [140]
(*"La sécurité des vaccins vivants est discutable mais l'efficacité des vaccins tués est douteuse"*)

A. Vaccins disponibles

1. Types de vaccins existants

La vaccination est la stimulation d'une réponse immunitaire spécifique chez un animal afin de le protéger contre une maladie infectieuse [71]. Cela nécessite des cultures d'agent pathogène ou des fractions antigéniques de cet agent, inoculés à l'animal dans le vaccin.

Les vaccins classiques sont conçus à partir d'un micro-organisme entier, soit vivant atténué ou modifié, soit mort (inactivé). Les **vaccins vivants atténués** ont la capacité de se multiplier dans l'hôte sans entraîner de maladie. Ils induisent une protection rapide, en une seule administration, et de longue durée, en stimulant à la fois la réponse immunitaire à médiation humorale (production d'anticorps) et cellulaire. Ils sont peu allergéniques. Cependant, s'agissant de vaccins vivants, ils conservent la possibilité de déclencher la maladie, soit que le pouvoir pathogène résiduel est trop important pour l'animal vacciné, entraînant une maladie vaccino-induite, soit que la souche a retrouvé tout ou partie de son pouvoir pathogène originel, c'est la réversion de virulence.

A l'inverse, les **vaccins tués** sont plus sûrs d'emploi, principalement chez les animaux immunodéprimés ou les espèces non cibles (hors AMM). En revanche, la présence fréquente d'un adjuvant, nécessaire pour potentialiser l'immunogénicité [151], augmente les risques de réaction d'hypersensibilité. La protection conférée est de plus courte durée (un rappel annuel est souvent recommandé), nécessite au minimum deux doses pour se mettre en place (primovaccination) et implique majoritairement l'immunité humorale [71].

De nouveaux vaccins, souvent obtenus par génie génétique, existent à l'état expérimental ou commercial. On trouve notamment dans le commerce des vaccins recombinants ou sous-unitaires.

Le **vaccin recombinant** ou **vectorisé** consiste en l'expression par un agent vecteur (souvent un *Poxvirus*) non pathogène pour l'hôte cible, des produits d'un nombre restreint de gènes de l'agent pathogène, possédant un pouvoir immunogène, mais sans aucun risque de virulence associé [32, 71]. Ce type de vaccin ne nécessite pas d'adjuvant, diminuant ainsi le risque de réaction allergique [32]. S'agissant de vaccins non réplicatifs (la réplication du virus vecteur dans l'organisme est bloquée), la protection est longue à se

mettre en place (deux à trois semaines après la seconde injection) et de courte durée; un rappel annuel est alors obligatoire [70].

Le **vaccin sous-unitaire** est un vaccin non-infectieux qui contient uniquement certaines fractions immunogènes purifiées de l'agent pathogène. Il est ainsi moins allergénique, malgré la présence fréquente d'adjuvants. La réponse obtenue est très spécifique et principalement d'origine humorale [71].

2. Vaccins disponibles contre la parvovirose

a) Parvovirose canine

En France, seuls sont disponibles des **vaccins vivants** atténués ou modifiés contre la parvovirose canine. Ils sont tous fabriqués à partir du parvovirus canin de type 2 ou 2b, et offrent une protection efficace contre les types 2, 2a et 2b, puisqu'ils induisent la production d'anticorps dirigés contre la protéine VP2 qui leur est commune [35]. Différentes souches et différents titrages sont disponibles (tableau 11).

Cinq vaccins monovalents contre la parvovirose existent : INTERVET NOBIVAC® PARVO ; MERIAL PRIMODOG® ET EURICAN P® ; PFIZER VANGUARD® CPV et VIRBAC PARVIGEN®. Les autres vaccins contiennent une association de valences (parvovirose + maladie de Carré, adénoviroses, affections respiratoires à *Para-influenza*, leptospirose).

Certains (INTERVET NOBIVAC® PUPPY DP, MERIAL PRIMODOG®, PFIZER VANGUARD® CPV, VIRBAC PARVIGEN®) sont spécifiquement dédiés à la vaccination précoce des chiots en effectif infecté : fortement titrés en antigènes, ils sont utilisables dès 5 ou 6 semaines d'âge, avec un rappel toutes les 2 semaines jusqu'à 3 mois d'âge, afin de couvrir au mieux la période critique et "d'optimiser la réponse vaccinale malgré la présence d'anticorps colostraux" (NOBIVAC® PUPPY CP [9]). En effet, un titre vaccinal important permettrait de dépasser l'inhibition due aux anticorps maternels, responsable d'échecs vaccinaux [35]. La souche INT 154 (Intervet 154) serait en outre particulièrement capable "d'induire une réponse immunitaire en présence d'un taux résiduel d'anticorps maternels"(NOBIVAC® PUPPY CP [9]).

La primovaccination est classiquement réalisée en deux injections chez les chiots, la deuxième de préférence après douze semaines d'âge, et peut se faire en une seule injection chez les animaux de plus de trois mois.

Les rappels sont préconisés au bout d'un an après la primo-vaccination puis tous les 1 à 3 ans.

EURICAN® CHP peut être administré par voie intra-veineuse, permettant le développement rapide d'une immunité lors d'intervention en urgence sur un animal en incubation ou en milieu infecté.

Tableau 11. Vaccins disponibles en France contre la parvovirose canine [9]

Labora-toire	Nom	Valences	Type de vaccin Parvovirose	Titrage Souche	Utilisation pendant la gestation	Voie d'admin-istration	Rappel
INTERVET	NOBIVAC® -CHP -CHPPi -Puppy CP -Parvo 2	 -CHP -CHPPi -CP -P	Vivant atténué	10^7 DICC50 Souche INT 154	oui	SC	Tous les 3 ans
FORT DODGE	DURAMUNE® -CHP -CHPPi+L	 -CHP -CHPPiL	Vivant modifié	$10^{4,7}$ à $10^{6,5}$ DICT50 souche SAH	non	SC	Tous les 3 ans
MERIAL	EURICAN® -P -CHP -CHPL -CHPLR	 -P -CHP -CHPL -CHPLR	Vivant atténué	$10^{3,0}$ DICC50	oui	SC sauf CHP®: SC, IM ou IV	Annuel
MERIAL	EURICAN® -CHPPi2 -CHPPi2-L -CHPPi2-LR	 -CHPPi -CHPPiL -CHPPiLR	Vivant atténué	≥ $10^{4,9}$ DICC50 souche CAG2	oui	SC	Annuel
MERIAL	PRIMODOG®	-P	Vivant modifié	≥ $10^{5,5}$ DICC50	oui	SC	Tous les 2 ans
PFIZER	VANGUARD® -CPV -7	 -P -CHPPiL	Vivant atténué	≥ $10^{7,0}$ DICT50 souche NL 35 D	non	SC	Annuel
PFIZER	ENDURACELL® - DA2Pi Parvo - 7 - 8 -7+ Rage mono	 -CHPPi -CHPPiL -CHPPiLR -CHPPiLR	Vivant atténué	≥ $10^{2,9}$ DICC10 souche NL 35 D	non	SC ou IM	Annuel
VIRBAC	CANIGEN® -CHPPi -CHPPi/L -CHPPi/LR	 -CHPPi -CHPPiL -CHPPiLR	Vivant atténué	≥ 10^4 DICP50	aucune mention	SC ou IM	Annuel
VIRBAC	PARVIGEN®	-P	Vivant atténué modifié	$10^{6,5}$ DICP50 souche Cornell sur cultures cellulaires	aucune mention	SC ou IM	Annuel

Légende :

DICC50 = CCID50 : Dose Infectieuse sur Cultures Cellulaires 50 *(Cell Culture Infective Dose)*
DICT50 : Dose Infectieuse sur Cultures Tissulaires 50
DICP50 : Dose Infectieuses CytoPathogène 50

C : maladie de Carré
H : hépatite de Rubarth
P : parvovirose
Pi : *Para-influenza*
L : leptospirose
R : rage

Remarque : les titres des vaccins sont donnés à titre indicatif. Ils ne correspondent en effet qu'à un élement de contrôle qualité du vaccin ; il est impossible de comparer les titres vaccinaux fournis par les différents laboratoires car les techniques de titrage ne sont pas standardisées [34].

A l'étranger il existe des **vaccins inactivés** contre la parvovirose canine, en voici quelques exemples :

En Australie, PFIZER commercialise PARVAC®, un vaccin monovalent inactivé adjuvé par des sels d'aluminium. Il est utilisable chez les femelles gestantes et les chiots dès l'âge de 6 semaines, avec des rappels toutes les 2 (en effectif infecté) à 4 semaines jusqu'à l'âge de 18 à 20 semaines puis des rappels annuels [12].

PARVOCINE® de BIOCOR est un vaccin inactivé, mais non adjuvé contre la parvovirose canine. Il était autrefois utilisé aux Etats-Unis d'Amérique pour les Carnivores sauvages en parcs zoologiques, mais n'y est plus commercialisé depuis 2006. On peut encore le trouver en Asie, Amérique latine, Moyen-Orient et Europe de l'Est.

INTERVET INDIA commercialise CANDUR® DHL+P, qui associe une valence parvovirose inactivée, une valence leptospirose inactivée et une valence maladie de Carré vivante atténuée.

b) Parvovirose féline

Comme nous l'avons vu, certains Canidés sauvages sont sensibles à la **parvovirose féline** ou panleucopénie infectieuse féline (Loup à crinière, Chien des buissons). Les vaccins disponibles contre la parvovirose féline sont pour la plupart des vaccins vivants atténués. Un vaccin inactivé adjuvé existe : FEVAXYN® PENTOFEL chez FORT DODGE, permettant une vaccination sans risque de maladie vaccinale induite. Cependant, ce vaccin est plurivalent (association panleucopénie, calicivirose, rhinotrachéite, chlamydiose, leucose, tous inactivés), ce qui pose le problème chez les Canidés sauvages de la stimulation excessive du système immunitaire par de nombreux antigènes non nécessaires. Un seul vaccin monovalent existe : PUREVAX P® de MERIAL, il s'agit d'un vaccin vivant atténué sans adjuvant.

Ces vaccins sont toujours contre-indiqués chez les femelles gestantes, en raison des risques d'agénésie cérébelleuse observés chez les chatons.

Aux Etats-Unis d'Amérique existe un vaccin inactivé adjuvé de la panleucopénie, associé aux valences *Herpesvirus* et *Calicivirus* : FORT DODGE FEL-O-VAX®. Ce vaccin est utilisé chez les Loups à crinière (*Chrysocyon brachyurus*) [75]. Il possède moins de valences que le vaccin inactivé disponible en France.

3. Vaccins disponibles contre la maladie de Carré

En France, tous les vaccins disponibles contre la maladie de Carré sont des vaccins **vivants atténués** (tableau 12). Ce sont eux qui assurent la protection la plus longue (jusqu'à sept ans chez le Chien) et la plus efficace [70].

Il n'existe pas de vaccin monovalent contre la maladie de Carré mais un vaccin bivalent Carré-parvovirose (NOBIVAC® PUPPY CP), et deux vaccins bivalents Carré-hépatite de Rubarth (NOBIVAC® CH et CANIGEN® CH). Le plus souvent, la valence Carré est associée aux valences parvovirose, hépatite de Rubarth, leptospirose, *Para-influenza* et rage. Le vaccin NOBIVAC® PUPPY CP est surtitré afin d'immuniser les chiots malgré la présence d'anticorps maternels et est dédié plus spécifiquement à la primo-vaccination des jeunes animaux.

La primovaccination comprend classiquement deux injections chez les chiots, la deuxième étant réalisée de préférence après douze semaines d'âge, et peut se faire en une seule injection chez les animaux de plus de trois mois.

Les principales souches utilisées sont les souches Onderstepoort et Snyder-Hill. La souche Onderstepoort est attenuée sur cellules de poulet et embryons de poulet ; elle présente une meilleure innocuité mais une efficacité plus faible que les souches Rockborn ou Snyder-Hill, cultivées sur cellules rénales de chien [36, 70].

Une réponse immunitaire protectrice est obtenue chez le Chien cinq jours après l'administration du vaccin par voie sous-cutanée. La voie intramusculaire induit une réponse immunitaire plus intense que la voie sous-cutanée. La voie intraveineuse (EURICAN® CHP, CANIGEN® CH) peut être utilisée en situation d'urgence dans un contexte d'épizootie ou chez un animal en incubation, conférant une protection en quarante-huit heures [36]).

Le vaccin DOHYVAC 5® de FORT DODGE a été retiré provisoirement du marché en décembre 2000 suite à la description de maladies de Carré consécutives à la vaccination chez trois Chiens, dont un est mort (Journal Officiel du 28 décembre 2000). Il contenait la souche Cornell titrée à $\geq 10^{6,2}$ DICT50 atténuée sur cultures cellulaires. Sa commercialisation a été ré-autorisée en novembre 2001 après enquête de pharmacovigilance et inspection des usines (Journal Officiel du 12 janvier 2002). La gamme DOHYVAC n'est plus commercialisée depuis 2007.

Tableau 12. Vaccins disponibles en France contre la maladie de Carré [9].

Labora-toire	Nom	Valences	Type de vaccin Carré	Titrage Souche	Utilisation pendant la gestation	Voie d'admin-istration	Rappel
INTERVET	NOBIVAC® -Puppy CP -CH -CHP -CHPPi	 -CP -CH -CHP -CHPPi	Vivant	≥ 10^4 à 10^5 DICC50 souche Onderstepoort	oui	SC	Tous les 3 ans
FORT DODGE	DURAMUNE® -CHP -CHPPiL	 -CHP -CHPPiL	Vivant	$10^{2,5}$ à $10^{4,8}$ DICT50 souche Onderstepoort	non	SC	Tous les 3 ans
MERIAL	EURICAN® -CHL -CHP -CHPL -CHPLR	 -CHL -CHP -CHPL -CHPLR	Vivant atténué	≥ 10^3 DICC50	oui	SC sauf CHP®: SC, IM ou IV	Annuel
MERIAL	EURICAN® -CHPPi2 -CHPPi2L -CHPPi2LR	 -CHPPi -CHPPiL -CHPPiLR	Vivant atténué	≥ 10^4 DICC50	oui	SC	Annuel
PFIZER	VANGUARD® -7	 -CHPPiL	Vivant atténué	≥ 10^3 DICT50 souche N-CDV	non	SC	Annuel
PFIZER	ENDURACELL® -DA2Pi Parvo -7 -7 + rage mono -8	 -CHPPi -CHPPiL -CHPPiLR -CHPPiLR	Vivant atténué	≥ 10^3 DICC50 souche Snyder-Hill	non	SC ou IM	Annuel
VIRBAC	CANIGEN® -CH -CHL -CHLR -CHPPi -CHPPi/L -CHPPi/LR	 -CH -CHL -CHLR -CHPPi -CHPPiL -CHPPiLR	Vivant modifié sur culture cellulaire	≥ 10^3 DICP50	aucune mention	SC ou IM CH® : SC, IM ou IV	Annuel

En Amérique et en Asie, MERIAL commercialise des vaccins **recombinants vectorisés par un *Canarypoxvirus*** : l'un destiné au Chien (gamme RECOMBITEK®) et l'autre au Furet (PUREVAX® FERRET DISTEMPER VACCINE). Ces deux vaccins diffèrent par leur titrage. Le vaccin canin a une meilleure efficacité que le vaccin pour Furets chez le Chien (90 % des Chiens ont un taux d'anticorps significatif 7 jours après vaccination, contre 50 % avec le vaccin pour Furets [137]), mais le vaccin canin est toujours plurivalent (association avec des vaccins vivants modifiés contre la parvovirose et l'hépatite de Rubarth dans

RECOMBITEK® C3), alors que le vaccin PUREVAX® FERRET DISTEMPER VACCINE est monovalent.

Ces vaccins presentent une excellente innocuité. En revanche, leur efficacité est moins grande, ainsi que la durée de protection induite (rappels annuels obligatoires) [70].

Le PUREVAX FERRET® est largement utilisé pour toutes les espèces exotiques sensibles à la maladie de Carré. Néanmoins, les dossiers pour l'obtention d'AMM étant très différents en Amérique du Nord et en Europe, et le marché européen du Furet étant encore très limité (alors qu'il s'agit du troisième animal de compagnie aux Etats-Unis d'Amérique), sa commercialisation en Europe n'est pas envisagée à court ou moyen terme [112].

L'Institut de virologie de l'Erasmus University, Rotterdam, a mis au point un vaccin **sous-unitaire** incorporant les protéines de surface F et H du virus de la maladie de Carré dans des complexes immunostimulants (ISCOM). Ce vaccin a été utilisé pour immuniser des phoques (*Phoca vitulina*) contre le *Morbillivirus* des Pinnipèdes, mais également dans certains zoo européens et lors du programme de reproduction en captivité de Lycaons conduit en Tanzanie [125, 160].

En Amérique, Asie, Afrique du Sud et Nouvelle-Zélande, on utilise encore un vaccin vivant modifié à partir du virus de la **rougeole humaine** ("*measle*") pour vacciner les chiots. En effet, ce virus possède un pouvoir immunogène hétérotypique vis-à-vis de la maladie de Carré, mais n'est pas reconnu par les anticorps dirigés contre le virus de la maladie de Carré. Ainsi, il est possible de protéger les chiots pendant la période critique, malgré la présence d'anticorps maternels. La protection conférée est cependant moins importante et de moins longue durée. Cette vaccination doit donc être suivie de deux injections d'un vaccin vivant modifié Carré afin d'obtenir une protection satisfaisante la première année de vie. Le taux d'anticorps contre le virus de la maladie de Carré augmente peu suite à cette vaccination, et ne reflète pas le degré de protection obtenu, qui dépend majoritairement de la réaction immunitaire à médiation cellulaire [70].
Le seul vaccin utilisant encore le virus de la rougeole est le VANGUARD® DA2MP de PFIZER, commercialisé en Amérique du Nord. Il associe deux vaccins vivants modifiés, l'un contre la rougeole et l'autre contre la maladie de Carré, afin de protéger au mieux les chiots pendant la période critique, entre 6 et 8 semaines. Il inclut également un vaccin vivant modifié CAV-2 et *Para-influenza* [13].

Cette vaccination ne doit être utilisée qu'une seule fois, chez des chiots de moins de 12 semaines uniquement, afin d'éviter le développement d'anticorps anti-virus de la rougeole chez les futures femelles reproductrices. En effet, ces anticorps seraient alors transmis aux chiots chez lesquels on ne pourrait plus utiliser ce vaccin lors de la période critique [70].

En Europe du Nord et en Amérique du Nord, les Renards roux et polaires comme les Chiens viverrins élevés pour leur fourrure dans des fermes d'élevage sont vaccinés avec un vaccin pour vison, DISTEMINK® de UNITED VACCINES. Il s'agit d'un vaccin vivant atténué sur cellules aviaires.

4. Vaccins disponibles contre l'hépatite de Rubarth

Le vaccin peut être homologue, fabriqué avec l'*Adenovirus* de type 1 (CAV-1) responsable de l'hépatite de Rubarth ou bien hétérologue, conçu avec l'*Adenovirus* de type 2 (CAV-2), responsable de la toux de chenil (tableau 13). Ce dernier est le seul disponible en France.

Les vaccins vivants modifiés CAV-1 confèrent une très longue immunité, parfois à vie. Cependant, le virus vaccinal se localise dans les reins où il peut provoquer des néphrites interstitielles subaiguës, et d'où il est excrété de façon persistante dans les urines. Des cas d'uvéites vaccino-induites ont également été décrites. Ces inconvénients ont probablement motivé l'arrêt de l'utilisation du vaccin CAV-1 ; ils n'existent pas avec les vaccins vivants CAV-2. Si la réponse protectrice induite est de moins longue durée, les rappels annuels préconisés ne sont certainement pas indispensables et un rappel tous les trois ou cinq ans seulement serait probablement suffisant [69].

En France, on utilise l'*Adenovirus* de type 2 (CAV-2) dans les vaccins. Plus sur d'emploi, il procure en outre une protection à la fois contre l'hépatite de Rubarth causée par l'*Adenovirus* de type 1 et contre la toux de chenil causée par l'*Adenovirus* de type 2 en association avec un virus *Para-Influenza* (Pi).

Tous les vaccins disponibles en France contre l'hépatite de Rubarth sont des vaccins **vivants atténués**.

Il n'existe pas de vaccin monovalent contre l'hépatite de Rubarth. Il est associé à la maladie de Carré dans le NOBIVAC® CH et le CANIGEN® CH, et à toutes les autres valences dans les différentes gammes.

En Amérique du Nord est commercialisé un vaccin **inactivé** contre l'hépatite de Rubarth des Renards polaires (*Vulpes lagopus*) captifs élevés pour leur fourrure : le CEPHLOPEX® de UNITED VACCINE INC. Il doit être administré par voie intramusculaire dans le quadriceps fémoral. La primovaccination se fait en une injection, à sept semaines pour les jeunes issus de mères non vaccinées, entre dix et douze semaines d'âge pour les autres. Le rappel de tous les adultes est réalisé au moment de la vaccination des jeunes [6].

Tableau 13. Vaccins disponibles en France contre l'hépatite de Rubarth (EH).

Labora-toire	Nom	Valences	Type de vaccin Hépatite	Titrage Souche	Utilisation pendant la gestation	Voie d'admin-istration	Rappel
INTERVET	NOBIVAC® -CH -CHP -CHPPi	 -CH -CHP -CHPPi	Vivant atténué	≥ 10^4 DICC50 CAV-2 souche Manhattan	Oui	SC	Tous les 3 ans
FORT DODGE	DURAMUNE® -CHP -CHPPi+L	 -CHP -CHPPiL	Vivant	$10^{3,6}$ à 10^7 DICT50 CAV-2 souche V197	Non	SC	Tous les 1 à 3 ans
MERIAL	EURICAN® -CHL -CHP -CHPL -CHPLR	 -CHL -CHP -CHPL -CHPLR	Vivant atténué	≥ $10^{2,5}$ DICC50 CAV-2	Oui	SC sauf CHP®: SC, IM ou IV	Annuel
MERIAL	EURICAN® -CHPPi2 -CHPPi2-L -CHPPi2-LR	 -CHPPi -CHPPiL -CHPPiLR	Vivant atténué	≥ $10^{2,5}$ DICC50 CAV-2	Oui	SC	Annuel
PFIZER	ENDURACELL® - DA2Pi Parvo - 7 - 8 -7 + Rage mono	 -CHPPi -CHPPiL -CHPPiLR -CHPPiLR	Vivant atténué	≥ $10^{2,5}$ DICC50 CAV-2 souche Manhattan	Non	SC ou IM	Annuel
PFIZER	VANGUARD® -7	 -CHPPiL	Vivant atténué	$10^{3,2}$ DICT50 CAV-2 souche Manhattan	Non	SC	Annuel
VIRBAC	CANIGEN® -CH -CHL -CHLR -CHPPi -CHPPi/L -CHPPi/LR	 -CH -CHL -CHLR - CHPPi - CHPPiL - CHPPiLR	Vivant atténué sur culture cellulaire	300 DICP50 CAV-2	Aucune mention	SC ou IM CH® : SC, IM ou IV	Annuel

5. Vaccins disponibles contre la rage

La vaccination anti-rabique est très encadrée en France en raison de l'importance de la maladie en santé publique. Dans notre pays, ne sont disponibles et agréés pour les animaux domestiques que des vaccins produits sur culture cellulaire, **inactivés** et adjuvés (tableau 14). L'adjuvant est nécessaire pour augmenter le pouvoir immunogène limité des vaccins tués [151]. Il s'agit le plus souvent de sels d'aluminium. C'est un adjuvant sûr d'emploi, qui permet de stimuler la réponse humorale, mais peut aussi être à l'origine de réactions granulomateuses locales.

Il existe plusieurs vaccins monovalents.

La primovaccination doit se faire à partir 3 mois révolus et n'est légalement valable qu'au bout de 3 semaines ; le rappel est annuel au jour près, attesté par un certificat de vaccination anti-rabique (*Cerfa*) ou sur le passeport européen de l'animal.

Dans d'autres pays, des vaccins à virus **vivant** sont disponibles [151]. Les vaccins de souche Flury peuvent être LEP ("*Low Egg Passage*"), la souche a alors subi entre 40 et 50 passages sur oeuf embryonné. Elle est utilisée pour vacciner le chien de plus de 3 mois mais conserve une virulence résiduelle chez les animaux de laboratoire, les Chats, le bétail, les chiots de moins de 3 mois ou l'Homme. A l'inverse, le vaccin HEP (*"High Egg Passage »*) a subi plus de 200 passages sur œuf embryonné et peut être utilisé pour vacciner les chiots, les Chats et les bovins. Ces vaccins s'administrent par voie intramusculaire et l'immunité induite dure de 1 an (HEP) à 3 ans (LEP). Cependant, ils peuvent être responsables de cas de rage vaccinale fatale [151]. La souche ERA peut être utilisée pour vacciner Chien, Chat, bovin, Cheval et petit ruminant, conférant également une immunité de plusieurs années (3 ans chez le Chien), mais peut entraîner l'apparition de cas de rage chez le Chat.

En Amérique du Nord existe un vaccin recombinant vectorisé par un *Canarypoxvirus* : MERIAL PUREVAX FELINE RABIES®. La primovaccination consiste en une seule injection par voie sous-cutanée et le rappel est annuel.

Il existe également des vaccins vivants atténués ou vectorisés, utilisés pour la vaccination orale des animaux sauvages dans le milieu naturel [151]. Nous développerons ces vaccins dans la partie D.

Tableau 14. Vaccins disponibles en France contre la rage [9].

Labora-toire	Nom	Valences	Type de vaccin rage	Titrage	Utilisation pendant la gestation	Voie d'admin-istration
INTERVET	NOBIVAC® - rage	-R	Inactivé adjuvé (thiomersal et phosphate d'aluminium)	Virus rabique souche Pasteur > 2 U.I.	Oui	SC ou IM
MERIAL	RABISIN®	-R	Inactivé adjuvé (hydroxyde d'aluminium)	Glycoprotéines rabiques ≥ 1 U.I.	Oui	SC
	EURICAN® -LR -CHPLR -CHPPi2-LR	 -LR -CHPLR -CHPPiLR	Inactivé adjuvé (hydroxyde d'aluminium)	Glycoprotéines rabiques souche G52 ≥ 1 U.I.	Oui	SC
PFIZER	ENDURACELL® -R mono -LR -7+ rage mono -8	 -R -LR -CHPPiLR -CHPPiLR	Inactivé adjuvé	Virus rabique souche Flury LEP ≥ 1 U.I R mono : avant inactivation min. $10^{7,3}$ DL50	Aucune mention	SC
VIRBAC	CANIGEN® -LR -CHLR -CHPPi/LR	 -LR -CHLR -CHPPiLR	Inactivé sur lignée cellulaire et adjuvé	Virus rabique 10^6 DL50	Aucune mention	SC ou IM
	RABIGEN® MONO	-R	Inactivé (par la β-propriolactone) sur cellules de lignée de rein de hamster et adjuvé (hydroxyde d'aluminium)	≥ 1 U.I.	Aucune mention	SC ou IM

Légende :
DL50 : Dose létale 50 %
U.I. : Unité Internationale

6. Vaccins disponibles contre la leptospirose

En France, sont disponibles des vaccins **inactivés** contre *Leptospira interrogans* serovars *canicola* et *icterohaemorrhagiae* (tableau 15). Il existe plusieurs vaccins monovalents.

DURAMUNE® de FORT DODGE est un vaccin **sous-unitaire** contenant des protéines de la membrane externe.

S'agissant de vaccins tués, la primovaccination se fait en 2 injections à trois ou quatre semaines d'intervalle, de préférence 2 injections après 3 mois d'âge, mais certains fabricants recommandent seulement de procéder à la seconde injection à partir de 3 mois révolus. Le rappel est annuel voire bi-annuel si l'animal est particulièrement exposé (contact avec de l'eau stagnante par exemple), car la protection diminue considérablement à partir de quatre mois après vaccination.

Dans d'autres pays, les sérovars contenus dans les vaccins ne sont pas les mêmes qu'en France et prennent en compte d'autres sérovars rencontrés sur le terrain.

Aux Etats-Unis d'Amérique, un vaccin inclut maintenant les quatre sérovars principaux : *L. canicola, L. icterohaemorrhagiae, L. grippotyphosa* et *L. pomona* (FORT DODGE DURAMUNE MAX 5-CVK/4L®). Il s'agit d'un vaccin **subunitaire purifié**, qui contient des fragments d'enveloppe, cibles de l'activité bactéricide des anticorps et du complément [97].

En République tchèque, les sérovars sélectionnés sont *L. icterohaemorrhagiae, L. grippotyphosa* et *L. sejroe* (CANVAC®, de DYNTEC). Le vaccin BIOCAN® L, de BIOVETA contient les sérovars *L. icterohaemorrhagiae* et *L. canicola* ; un troisième sérovar (*L. grippotyphosa, L. sejroe, L. bratislava* etc.) peut être ajouté si besoin est en fonction du contexte épidémiologique [7].

Tableau 15. Vaccins disponibles en France contre la leptospirose canine [9].

Laboratoire	Nom	Valences	Type de vaccin Leptospirose	Titrage Souche	Utilisation pendant la gestation	Voie d'administration
INTERVET	NOBIVAC® -Lepto	-L	Inactivé	*L. interrogans* sérogroupe *Canicola* Souche Ca-12-000 ≥1300 unités* *L. interrogans* sérogroupe *Icterohaemorrhagiae* Souche 820 K ≥ 750 unités*	Oui	SC
	DURAMUNE® -Pi+L -CHPPiL	-PiL -CHPPiL	Inactivé	Sérovars *canicola* et *icterohaemorrhagiae* : activité selon Ph. Eur.**	Non	SC
	EURICAN® -L -LR -CHL -CHPL -CHPLR -CHPPi2L -CHPPi2LR	-L -LR -CHL -CHPL -CHPLR -CHPPiL -CHPPiLR	Inactivé	Sérovars *canicola* et *icterohaemorrhagiae* : activité selon Ph. Eur.**	Oui	SC
PFIZER	ENDURACELL® -LR -7 -7 + rage mono -8	-LR -CHPPiL -CHPPiLR -CHPPiLR	Inactivé	L. *canicola* et L. *icterohaemorrhagiae* : min. 2.10^8 organismes	Non	SC ou IM
	-VANGUARD® 7 - LEPTO CI®	-CHPPiL -L	Inactivé	*L. interrogans* sérogroupe *Canicola* Souche Ca-51 : 300 unités* *L. interrogans* sérogroupe *Icterohaemorrhagiae* Souche NADL11403 : 300 unités*	Non	SC
VIRBAC	CANIGEN® -L -LR -CHL -CHLR -CHPPi/L -CHPPi/LR	-L -LR -CHL -CHLR -CHPPiL -CHPPiLR	Inactivé	*Canicola* : 800 à 1200 M *Icterohaemorrhagiae* : 800 à 1200 M	Aucune mention	SC ou IM

Légende : * Unités néphélométriques déterminées avant inactivation

** Dose assurant 80 % de protection chez le Hamster, selon le test de la monographie 447 de la Pharmacopée Européenne.

B. Efficacité des vaccins

1. Evaluation de l'efficacité des vaccins

L'utilisation de vaccins en dehors des conditions définies par l'autorisation de mise sur le marché implique que l'efficacité du vaccin n'est pas garantie, aucune étude n'ayant été réalisée par le fabricant chez les espèces non-cibles.

La mise en évidence de l'efficacité d'un vaccin peut se faire de plusieurs façons.

L'épreuve virulente sous conditions expérimentales est la plus fiable. Elle consiste à exposer des lots d'animaux vaccinés et non vaccinés à l'agent pathogène, puis à évaluer l'incidence et la sévérité des signes cliniques dans chaque groupe [71]. Elle est cependant difficilement réalisable sur des espèces sauvages menacées, car elle nécessite beaucoup d'individus et impose d'en condamner une partie.

L'évaluation de la protection sur le terrain, qui consiste à observer si des cas de maladie spontanée se déclarent dans les cheptels vaccinés, est toujours très subjective. En effet, rien ne permet de savoir si les animaux ont été réellement exposés à l'agent pathogène. Lors de mise en place simultanée d'un protocole de vaccination et de mesures de protection (quarantaine, isolement vis à vis des animaux extérieurs au zoo), on ne peut pas conclure sur l'efficacité relative de la vaccination ou des mesures de prophylaxie sanitaire [142].

La méthode le plus souvent utilisée chez les espèces sauvages est la détermination des titres en anticorps du sérum. Ce titre correspond à la plus haute dilution du sérum qui agglutine/neutralise encore l'antigène test. Cette technique est relativement facile à mettre en place et peu invasive, ne nécessitant que des prises de sang. Cependant, elle est peu fiable. Un vaccin induit chez l'animal hôte une réponse immunitaire humorale (production d'anticorps) mais également cellulaire dans le cas des vaccins vivants et vectorisés. Les deux types de réponse immunitaire jouent un rôle dans la protection, mais l'importance relative de chacune d'elle varie en fonction de l'agent pathogène en cause (par exemple, la réponse immunitaire à médiation cellulaire sera primordiale contre un agent infectieux intra-cellulaire). En outre, le taux d'anticorps circulants ne reflète pas toujours le degré de protection humorale locale, notamment au niveau des muqueuses, voie d'entrée de certains germes. Ainsi, certains animaux peuvent effectivement être protégés malgré l'absence de réponse sérologique, ou à l'inverse ne pas être protégés en dépit d'une forte concentration d'anticorps circulants (non neutralisants).

La réponse humorale de l'organisme à l'infection peut suffire à éliminer l'agent pathogène s'il s'agit de microorganismes disséminant librement dans la circulation (et non pas intracellulaires), tels les virus de la parvovirose, de l'hépatite de Rubarth, de la maladie de Carré et de la rage [71].

Enfin, les titres peuvent varier en fonction des techniques et des laboratoires, rendant la comparaison entre différentes études difficile. Par exemple, les tests ELISA sont plus sensibles et peuvent détecter d'autres classes d'anticorps que la séroneutralisation ou le test d'inhibition de l'hémagglutination. En outre, les techniques mises au point pour les

Carnivores domestiques ne sont pas obligatoirement utilisables telles quelles chez les Carnivores sauvages, et doivent donc être validées et parfois modifiées. **Un titre en anticorps est donc interprétable uniquement dans le cadre de protocoles de sérologie standardisés et lorsque ce titre est associé à une protection réelle lors d'épreuve infectieuse**. La corrélation entre les titres en anticorps et la protection n'est bien établie que pour la maladie de Carré, la parvovirose et la rage chez le Chien domestique [71]. Il est important de garder à l'esprit que les titres protecteurs chez le Chien ne le sont pas forcément chez d'autres espèces [124].

Chez le Chien domestique, le pic de réponse à la vaccination est observé entre deux et six semaines après vaccination. Ce délai doit donc correspondre à la fenêtre de recherche des anticorps post-vaccinaux [132].

Parvovirose : la protection est assurée par des immunoglobulines G neutralisantes [71]. Bien que la réaction immunitaire à médiation humorale ne soit pas seule en jeu, le titre en anticorps semble bien corrélé au degré de protection [106]. Cependant, les valeurs considérées comme protectrices varient en fonction du laboratoire et des techniques utilisées ; chaque laboratoire doit donc fournir ses propres valeurs de référence [71]. Un titre supérieur ou égal à 1/80 obtenu par séroneutralisation ou inhibition de l'hémagglutination a été présenté comme protecteur chez le Chien, et par extrapolation chez certains Canidés sauvages [102, 156]. Par la technique d'immunofluorescence, le seuil protecteur est évalué à 1/160 chez le Chien domestique [76].

Maladie de Carré : même s'il existe une réponse immunitaire à médiation cellulaire, le rôle des anticorps semble suffisamment important pour que le titrage fournisse une information valide quant à la la protection effective de l'animal [71, 124]. Le test de neutralisation virale est considéré comme la meilleure méthode d'évaluation de l'immunité contre les *Morbillivirus*, car il mesure les anticorps directement dirigés contre les protéines de surface : l'hémagglutinine H et la protéine de fusion F [125]. Le titre en anticorps neutralisants est relié à la protection après épreuve virulente chez le Chien et le Putois des steppes (*Mustela eversmannii*) [125]. Chez le Chien domestique, le titre considéré comme protecteur vis-à-vis de la maladie de Carré est 1/100 [71]. Certains auteurs retiennent le même seuil pour les Canidés sauvages [102, 117, 156]. A l'inverse, un titre inférieur à 1/30 ne serait pas protecteur. Entre les deux, la protection conférée chez le Chien domestique peut être suffisante lors de faible pression d'infection [102]. Chez des Lycaons, sur neufs animaux prélevés, seul celui qui avait un titre supérieur à 1/20 a survécu à une épizootie naturelle [153]. Chez le Raton-laveur, des titres supérieurs ou égaux à 1/12 ont été jugés protecteurs après épreuve virulente [40].

Si l'on compare chez les Lycaons les résultats obtenus par séroneutralisation d'une part et ELISA d'autre part, on constate que les titres que fournit la seconde méthode sont toujours plus élevés. Celle-ci détecte en effet d'autres anticorps, notamment les anticorps non neutralisants dirigés contre la nucléoprotéine NP, produits en grande quantité en réponse à une infection ou une vaccination [125].

Des titres supérieurs ou égaux à 1/160 obtenus par immunofluorescence, confèreraient une protection chez le Chien domestique [76].

Hépatite de Rubarth : les anticorps limitent la dissémination virale et leur concentration sérique paraît correctement corrélée avec le niveau de protection obtenu. Les valeurs de référence dépendent ici encore de la technique utilisée [71]. Un titre supérieur ou égal à 1/30 est jugé protecteur chez le Chien [124].

Rage : on mesure dans ce cas la concentration en anticorps neutralisants. Un titre supérieur ou égal à 1/20 est considéré comme protecteur chez le Chien domestique par une technique d'inhibition (RFFIT) [56, 71]. Cependant, de nombreux auteurs objectent que le taux d'anticorps neutralisants est mal relié au niveau de protection. Chez le Chien, certains animaux dépourvus d'anticorps neutralisants après vaccination sont protégés lors d'épreuve virulente [56]. Des titres identiques ont été observés chez des Ratons-laveurs morts de rage et d'autres ayant survécu à l'épizootie. Ainsi, on ne peut pas fixer un titre minimum en anticorps neutralisants pouvant être considéré comme protecteur. Toutefois, une réponse sérologique importante constituerait un bon indice d'une réponse immunitaire adéquate [134].

L'Organisation Mondiale de la Santé Animale (ex-OIE) recommande le titrage des anticorps antirabiques par le test de neutralisation des anticorps par fluorescence (FAVN ou "Fluorescence Antibody Neutralisation Test") [71]. Cette analyse est obligatoire lors d'introduction d'un Carnivore, domestique ou sauvage, au sein de l'Union Européenne (règlement européen CE n° 998/2003). Le seuil de protection reconnu internationalement correspond à un titrage en anticorps neutralisants ≥ 0,5 UI / mL. Le test doit être réalisé par un laboratoire agréé (conformément à la décision 2000/258/ CE du Conseil du 20 mars 2000). En France, les laboratoires agréés sont les laboratoires départementaux d'analyses du Pas-de-Calais, de la Sarthe et de la Haute-Garonne et l'AFSSA Nancy (laboratoire de référence).

Leptospirose : la réaction humorale génère des anticorps neutralisants protecteurs dirigés contre les protéines de paroi des leptospires et des anticorps non protecteurs. L'infection rénale et l'excrétion de la bactérie peuvent se produire en dépit d'un titre élevé d'anticorps neutralisants [97]. On mesure le plus souvent les anticorps agglutinants, mais ils sont eux aussi peu corrélés au degré de protection : ils augmentent peu après vaccination (titre toujours inférieur à 1/400) et diminuent dans les quelques mois qui suivent. Si un titre supérieur ou égal à 1/100 est jugé protecteur après vaccination, il est rarement atteint avec certains sérovars à l'issue de la primovaccination. Le titrage est donc utilisé comme marqueur de l'infection ou de l'exposition mais pas pour évaluer la protection [71]. Celle-ci est appréciée par des épreuves virulentes ou par la détection de bactéries dans le sang ou dans les urines [71, 72].

La réponse immunitaire à médiation cellulaire peut être évaluée par la mesure de la lymphoprolifération ou de la synthèse de certaines cytokines dans les cellules mononuclées (évaluée par amplification de l'ARN messager) [40, 94]. Ces techniques sont cependant encore très peu utilisées car complexes, et leur fiabilité n'a pas été évaluée chez la plupart des Canidés sauvages.

2. Etudes sérologiques chez les Canidés sauvages

a) Vaccination contre la parvovirose

La vaccination de vingt **Loups rouges** (*Canis rufus*) avec un vaccin vivant atténué CPV-2 (DURAMUNE KF-11®, FORT DODGE, 1 mL en sous-cutanée) induit une réponse sérologique mesurable par immunofluorescence, chez des adultes et des louveteaux dès six semaines d'âge [76]. Une réponse aussi précoce est inhabituelle chez le Chien domestique et n'a pas été mise en évidence chez d'autres espèces (Loup à crinière et Chien des buissons [31]). Elle est ici attribuée à une absence d'interférence avec les anticorps maternels (le titre de la mère était d'environ 1/50), mais on ne peut pas exclure une différence d'immunogénicité de ce vaccin chez le Loup rouge par rapport aux autres espèces. Une seconde injection ne provoque pas d'élévation significative des titres. Ceux-ci se maintiennent au moins jusqu'à vingt et une semaines après vaccination, mais n'excédent pas 1/80, valeur considérée comme non protectrice chez le Chien domestique (valeur protectrice de 1/160 lors de test par immunofluorescence). Les auteurs concluent qu'un vaccin commercial canin est susceptible d'induire une réaction immunitaire détectable chez le Loup rouge, mais ne peuvent établir si cette réponse est protectrice ou non [76].

Une étude portant sur quarante-sept **Loups à crinière**, jeunes et adultes, a évalué la réponse sérologique consécutive à l'utilisation de deux vaccins multivalents vivants atténués canins : MERIAL EURICAN® et FORT DODGE DURAMUNE®. Tous les animaux adultes avaient déjà été vaccinés préalablement avec le vaccin atténué monovalent MERIAL EURICAN P®, et tous ont un titre en anticorps agglutinants supérieur ou égal à 1/80 au moment de la vaccination. Tous les jeunes présentent également des anticorps avant vaccination, mais seuls 29 % présentent un titre supérieur ou égal à 1/80. Neuf des dix louveteaux qui n'ont jamais été vaccinés présentent un titre compris entre 1/640 et 1/5120 après la première injection (trois injections à un mois d'intervalle sont réalisées chez les jeunes, la première injection étant réalisée entre deux et six mois d'âge). Chez les animaux contrôlés pendant deux ans, les titres se maintiennent un an après vaccination. Les résultats sont similaires pour les deux vaccins utilisés, témoignant d'une bonne immunogénicité, ainsi que d'une bonne innocuité puisqu'aucun effet secondaire n'a été noté [102].

Le vaccin félin FEL-O-VAX® PCT de FORT DODGE, (vaccin trivalent inactivé *Parvovirus* félin – *Herpesvirus* – *Calicivirus*), a été utilisé chez les **Loups à crinière** aux Etats-Unis d'Amérique. Ce vaccin est administré à neuf, douze, quinze et dix-huit semaines d'âge, puis le relais est pris avec un vaccin vivant modifié (DURAMUNE® MAX PV, FORT DOGDE). Sur les trois animaux vaccinés, un présente des anticorps détectables dès la deuxième injection de FEL-O-VAX® (1/100), un autre uniquement après la quatrième injection (mais titre élevé : 1/1600), tandis qu'on ne détecte pas d'anticorps chez le troisième animal jusqu'à l'âge de vingt et une semaines. C'est l'âge à partir duquel les Loups à crinière

reçoivent un vaccin vivant. Trois mois plus tard, tous présentent un titre élevé : 1/1600 à 1/3200 (pour le loup à 1/1600 avant la dernière vaccination). Le vaccin tué est utilisé pour induire une première réponse immunitaire. Celle-ci est considérée comme insuffisamment protectrice et ne permet pas toujours la production d'anticorps détectables, mais elle limite les risques de maladie vaccino-induite lors de l'utilisation ultérieure d'un vaccin vivant (à partir de cinq à six mois d'âge) [75].

Une étude sérologique a été réalisée lors d'une épizootie de parvovirose sévissant chez de jeunes **Loups à crinière** et **Chiens des buissons** [80] (voir 3.a)). Les parents sont vaccinés tous les six mois à l'aide d'un vaccin félin inactivé, PARVOCINE® de DELLEN LABORATORIES. Les chiots et louveteaux présentent des titres en anticorps jugés protecteurs (> 1/80) jusqu'à cinq à huit semaines d'âge ; il s'agit d'anticorps d'origine maternelle. Ces anticorps diminuent progressivement jusqu'à quatorze semaines d'âge chez les Loups à crinière et quinze semaines d'âge chez les Chiens des buissons. Les jeunes animaux sont vaccinés toutes les semaines à partir de l'âge de deux mois à l'aide d'un vaccin canin inactivé (nom commercial non précisé). Le taux d'anticorps commence à remonter entre quatorze et dix-huit semaines d'âge chez les jeunes Loups à crinière, témoignant d'un relais immunitaire assuré par la vaccination. En revanche, malgré la réalisation d'une vaccination hebdomadaire, les taux sériques des Chiens des buissons ne remontent qu'à partir de vingt-trois semaines d'âge, et n'atteignent des valeurs protectrices que vers vingt-neuf semaines. Une interférence entre les anticorps maternels et le vaccin est avancé pour expliquer cette différence de réponse. La période critique semble donc particulièrement longue chez les Chiens des buissons, obligeant à vacciner tardivement. Les anticorps maternels n'étant plus protecteurs, des mesures d'isolement ont dû être prises pour protéger ces jeunes animaux de l'épizootie jusqu'au développement d'une réponse immunitaire satisfaisante à la vaccination [80].

Lors d'une étude portant sur dix **Lycaons** maintenus en captivité, des titres élevés en anticorps agglutinants (1/512 à 1/2048) sont déjà présents avant la vaccination. Cela a été observé également chez des animaux en milieu naturel, témoignant d'une exposition à l'agent pathogène dans l'environnement. Les animaux sont vaccinés deux fois à un mois d'intervalle avec le vaccin VANGUARD PUPPY 5® de PFIZER. Tous présentent une augmentation importante à très importante des titres après la première injection (jusqu'à 1/8192), mais pas d'augmentation après la seconde administration pratiquée trois semaines plus tard. Les titres demeurent élevés (>1/256) chez tous les animaux jusqu'à la vaccination de rappel un an plus tard, qui provoque un nouvel accroissement des taux d'anticorps. Un titrage supérieur à 1/80 mesuré par la méthode d'inhibition de l'hémagglutination est jugé protecteur chez le Chien domestique. Les auteurs de l'étude, concluent que le vaccin VANGUARD® est donc très immunogène chez le Lycaon, et, puisque la protection dépendant principalement de la réponse humorale, peut être considéré comme protecteur, même si aucune épreuve virulente ne peut être réalisée [156].

L'utilisation du vaccin inactivé DOHYVAC I-LP® de SOLVAY-DUPHAR contre la parvovirose et la leptospirose chez vingt-cinq **Lycaons** de 5 mois d'âge a permis d'obtenir

des taux en anticorps anti-parvovirose jugés protecteurs chez tous les animaux, quatorze jours après la seconde des deux injections espacées d'un mois. Un an plus tard, les taux sont toujours élevés chez tous les animaux testés, témoignant d'une très bonne immunogénicité de ce vaccin tué. Un rappel annuel est réalisé [160].

b) Vaccination contre la maladie de Carré

(1) Chez le Lycaon

Plusieurs études ont été menées sur la réponse sérologique des **Lycaons** aux vaccins contre la maladie de Carré, surtout en Afrique du Sud, où cette maladie, transmise par les Chiens domestiques, pose un vrai problème de conservation de cette espèce [1, 96].

En 1980, une étude a concerné seize jeunes **Lycaons** capturés dans la nature puis vaccinés avec un vaccin vivant attenué (ENDURACEL D-H® SMITHKLINE) selon différents protocoles : primovaccination en trois injections à un mois d'intervalle, en commençant à neuf semaines (titrage à six mois d'âge) ; primovaccination en une injection à six mois d'âge (titrage deux mois plus tard) ou à trois mois d'âge (titrage deux semaines plus tard) [154]. Les titrages par séroneutralisation n'ont mis en évidence que des titres faibles en anticorps (1/4 pour tous les animaux prélévés deux semaines après vaccination, jusqu'à 1/19 maximum lors de titrages plus tardifs), les titres avant vaccination étant tous inférieurs à 1/4. On peut conclure à une absence de séroconversion chez les Lycaons suite à l'utilisation de ce vaccin. Aucune conclusion sur son efficacité ne peut être apportée.

En revanche, une étude de 1992 a mis en évidence une séroconversion significative (titres faibles avant vaccination, élevés à très élevés un mois après) chez sept **Lycaons** vaccinés depuis plusieurs années avec un vaccin vivant atténué multivalent (VANGUARD 5®, SMITHKLINE) [145]. Les titrages ont été réalisés dans cette étude par immunofluorescence.

Une autre série de titrages a été réalisé chez les **Lycaons** du même centre, dix ans plus tard. Les animaux ont été préalablement vaccinés avec un vaccin inactivé au formaldéhyde de souche Rockborn (INTERVET, vaccin non commercialisé), afin de limiter les risques de maladie vaccino-induite. Aucune séroconversion n'est observée après cette vaccination, ce qui a déjà été observé chez d'autres espèces avec les vaccins tués. En l'absence d'anticorps neutralisants, la réponse est jugée de courte durée et donc inadéquate car insuffisamment protectrice. En revanche, la première injection d'un vaccin vivant atténué de souche Snyder-Hill (VANGUARD PUPPY 5®, PFIZER) provoque chez tous les animaux une séroconversion trois semaines plus tard, les titres obtenus par séroneutralisation variant de 1/40 à plus de 1/160 (titre protecteur vaccinal de 1/20 chez le Chien). La seconde injection trois semaines après la première ne provoque pas d'augmentation des titres, ceux-ci se maintiennent jusqu'à la vaccination suivante un an plus tard. Le vaccin vivant utilisé semble donc posséder une bonne immunogénicité chez

le Lycaon, mais l'auteur ne conclut pas quant à son innocuité, car si aucun effet secondaire n'a été noté chez les animaux de l'étude, un cas de maladie vaccinale a été observé auparavant chez un des Lycaons du centre avec ce même vaccin [156].

Une autre étude a porté sur l'immunogénicité d'un vaccin inactivé adjuvé contre la maladie de Carré chez le Lycaon. La souche utilisée est la souche Onderstepoort, atténuée sur cellules rénales de Singe vert (*Cercopithecus aethiops*) (cellules Vero) puis inactivé au formaldéhyde (titrage avant inactivation : $10^{5,3}$ $TCID_{50}$/mL). Le vaccin est ensuite adjuvé par une émulsion huileuse (une part d'huile minérale pour deux part de suspension virale), afin d'augmenter son pouvoir immunogène. Un millilitre de vaccin est administré par voie intramusculaire dans la cuisse à neufs Lycaons adultes, l'injection est répétée un mois plus tard pour cinq d'entre eux. Une légère boiterie est observée pendant trois à quatre jours après l'injection chez trois animaux. Les animaux, séronégatifs au début de l'étude, présentent tous une séroconversion cinquante jours après la première injection (titres > 1/40 chez tous les animaux sauf un à 1/20). Deux des animaux vaccinés à 2 reprises présentent les titres les plus élevés (1/160 et 1/320). L'utilisation d'un adjuvant huileux semble donc efficace pour obtenir une réponse sérologique avec un vaccin tué, alors que des vaccins sans adjuvant ou avec adjuvant à l'hydroxyde d'aluminium n'ont pas induit la production d'anticorps neutralisants chez les Lycaons [38].

Dans le cadre du programme d'élevage en captivité des Lycaons en Tanzanie, vingt-cinq animaux ont été vaccinés entre 1995 et 2000 avec le vaccin sous-unitaire CDV-ISCOM de Rotterdam [160]. La primovaccination comprend trois injections à J0, J14 et J45, les Lycaons ayant cinq mois d'âge lors de la première injection. Le rappel est ensuite annuel. Des sérologies sont effectuées tous les six mois sur une partie des animaux. Neufs Lycaons sur douze, soit 25 %, sont déjà séropositifs (titre > 1/20) avant la première vaccination. Quinze jours après la troisième injection de primovaccination, tous les animaux sont testés : vingt-deux sur vingt-cinq (88 %) présentent des titres supérieurs à 1/20. Un an plus tard, lors du rappel, seuls cinq animaux sur dix-neuf ont encore des titres significatifs : le taux d'anticorps a chuté sous le seuil protecteur chez la majorité des individus. Sept mois après le rappel, aucun animal sur les vingt-deux prélevés ne présente un taux d'anticorps supérieur à 1/20. Le lot de vaccins mais également sa conservation difficile dans des conditions de terrain (nécessité de conserver le vaccin à – 70 °C) ont été incriminés pour expliquer ces mauvais résultats. Un nouveau lot de vaccins a alors été utilisé. Six mois après la première injection, tous les animaux (24/24) ont un taux d'anticorps significatif. Au bout d'un an, treize animaux sur quinze soit 87 % présentent encore un titre significatif. Les résultats semblent donc convaincants. Cependant, six mois plus tard, seuls six sur neufs animaux prélevés présentent un titre en anticorps supérieur à 1/20 et en novembre 2000, soit un an après la précédente vaccination, plus qu'un seul animal sur les neufs prélevés. En décembre 2000, avant que le rappel de vaccination ait été effectué, soit treize mois après la dernière injection, une épizootie de maladie de Carré se déclare dans le centre d'élevage, et tue quarante-neuf des cinquante-deux animaux présents [153, 160] (voir 3.b)).

Après cet épisode, une étude a été menée dans le centre d'élevage tanzanien et au zoo d'Amsterdam pour comparer un vaccin ISCOM et un vaccin recombinant vectorisé (*Canarypoxvirus*) destiné aux furets, MERIAL PUREVAX® [125]. Treize jeunes Lycaons naïfs sont vaccinés avec le vaccin ISCOM, et treize avec le PUREVAX®. Le protocole est similaire pour les deux vaccins soit trois injections d'un mL en intra-musculaire espacées de trois semaines. Des prises de sang sont effectuées avant chaque injection et un an plus tard, les anticorps sont dosés par séroneutralisation et par ELISA en parallèle. Chez les animaux vaccinés avec le vaccin ISCOM, des titres jugés protecteurs (> 1/80) sont detectés après la seconde vaccination chez seulement un animal sur treize par séroneutralisation, et quatre sur treize par ELISA. Un an plus tard, l'ELISA met en évidence la présence d'un titre d'anticorps élevé chez neuf animaux sur treize, alors que les douze animaux testés par séroneutralisation sont apparemment séronégatifs. Chez les animaux vaccinés avec le vaccin recombinant, des titres jugés protecteurs (> 1/80) sont détectés après la seconde injection chez deux animaux sur huit par séroneutralisation et chez trois sur huit par ELISA. Un an plus tard, cinq animaux sur treize ont encore des titres protecteurs par séroneutralisation et neuf par ELISA.

La réponse des Lycaons au vaccin ISCOM semble donc particulièrement faible, alors que des titres élevés ont été obtenus avec le même protocole chez des Loups à crinière, Pandas roux (*Ailurus fulgens*), Loutres d'Europe (*Mustela lutreola*) et Civettes de Malaisie (*Viverra tangalunga*) [125]. Un problème de conservation du vaccin est ici exclu, l'étude ayant été réalisée au zoo d'Amsterdam. Il semblerait donc que l'espèce Lycaon présente un déficit intrinsèque à produire des anticorps neutralisants avec ce vaccin. L'auteur avance un déficit immunitaire pouvant être lié à une faible variabilité génétique chez cette espèce très menacée. Le vaccin recombinant semble plus efficace chez les Lycaons, mais les taux obtenus chez un grand nombre d'animaux semblent trop faibles pour avoir un effet protecteur, même si les titres réellement protecteurs ne peuvent être déterminés en absence d'épreuve virulente. Cependant, l'utilisation d'un vaccin recombinant chez le Chien a permis de protéger les animaux sans provoquer une importante réponse sérologique [125]. L'intervention de la réponse immunitaire à médiation cellulaire ne doit pas être négligée. Un vaccin ISCOM a engendré une réponse spécifique en lymphocytes T chez des Macaques *(Macaca sp.)*, il ne peut donc pas être exclu que le vaccin utilisé dans cette étude ait engendré une réponse immunitaire protectrice chez les Lycaons [125]. Ces deux vaccins ont donc une bonne innocuité mais leur efficacité, qui paraît limitée selon les résultats des tests sérologiques, n'a pu être précisément évaluée.

(2) Chez les autre espèces

Le vaccin CDV-ISCOM a également été utilisé chez des **Loups à crinière**. Une étude sérologique est réalisée chez deux animaux, primovaccinés par trois injections d'un mL en intramusculaire à trois semaines d'intervalle. Des titres >1/80, considérés comme protecteurs, sont detectés après la seconde injection, et se maintiennent à ce niveau pendant au moins un an [125].

Une étude sur quarante-sept **Loups à crinière**, jeunes et adultes, a mis en évidence une bonne réponse sérologique suite à l'administration de deux vaccins vivants atténués multivalents canins : MERIAL EURICAN®, contenant la souche Onderstepoort atténuée sur cellules de poulet, et FORT DODGE DURAMUNE®, contenant la souche Rockborn atténuée sur cellules rénales de Chien [102]. Aucun effet secondaire n'a été observé, même sur des louveteaux de deux mois vaccinés trois fois à un mois d'intervalle. Le titre en anticorps a été évalué par neutralisation virale. Neuf des dix louveteaux vaccinés pour la première fois ont développé un titre en anticorps supérieur à 1/100 dès la première des trois injections. 70 % (23/33) des adultes et 79 % (11/14) des juvéniles avaient un taux d'anticorps supérieur ou égal à 1/100 après vaccination, sachant que plus de la moitié des adultes et deux juvéniles présentaient déjà un titre similaire avant vaccination. Tous les adultes et quatre juvéniles avaient été vaccinés avant l'étude avec un vaccin monovalent de SALSBURY LABORATORIES (le nom commercial n'est pas précisé), tous présentaient des anticorps (titres variables), indiquant un pouvoir immunogène de ce vaccin. Seuls deux adultes et deux juvéniles ont présenté un titre en anticorps inférieur à 1/30 après vaccination. Chez les animaux contrôlés pendant deux ans, les titres se sont maintenus un an après vaccination.

L'étude conclut à une bonne innocuité et une bonne immunogénicité chez les Loups à crinière des deux vaccins canins, quelle que soit la souche utilisée [102].

Une autre étude a testé un vaccin vivant atténué souche Ondestepoort (FROMM D®, FROMM LABORATORIES) chez cinq **Loups à crinière** (deux animaux d'un an et trois de quatre mois et demi), présentant tous de faibles taux d'anticorps avant vaccination (< 1/32). On observe une bonne innocuité (pas d'effet secondaire noté) et une bonne immunogénicité du vaccin. Tous les animaux ont présenté des titres supérieurs à 1/256 entre deux et sept semaines après la deuxième injection (deux injections à dix à trente jours d'intervalle) [117].

Le vaccin recombinant PUREVAX® FERRET DISTEMPER de MERIAL a également été testé chez le **Loup à crinière** [75]. Les résultats sérologiques sur deux animaux sont présentés. Les jeunes loups ont été vaccinés à intervalles de trois semaines entre six et dix-neuf semaines d'âge. A seize semaines d'âge, les titres sont satisfaisants chez les deux animaux (1/128). Trois semaines plus tard, ils ont atteint 1/256. Une primovaccination par injections multiples permet donc une bonne réponse sérologique avec ce vaccin recombinant. Les taux sont jugés protecteurs en réference à d'autres espèces [75]. Toutefois, les taux n'ont pas été mesurés avant seize semaines d'âge ; une autre étude, sur un plus grand nombre d'animaux, serait intéressante pour évaluer si une séroconversion plus précoce peut se produire et s'il est ainsi possible de limiter le nombre d'administrations en primovaccination. Nous n'avons pas de données sur la durée de la présence des anticorps ainsi induits.

Dans plusieurs zoos allemands, un essai de vaccination avec un vaccin canin de souche Rockborn inactivé par le formol a été fait chez plusieurs espèces, incluant des Loups, Loups à crinière, Lycaons, Chiens des buissons et Fennecs [60]. Le protocole utilisé

comprenait deux injections d'un mL en sous-cutané à trois ou quatre semaines d'intervalle, et un rappel annuel. Aucune réaction locale ou systémique n'a été observée. Alors que la maladie de Carré était sporadiquement diagnostiquée dans le parc, aucun cas n'a été détecté après vaccination, ce qui laisse supposer aux auteurs une efficacité du protocole vaccinal mis en oeuvre. Des titrages ont été réalisés chez neuf **Chiens des buissons**, deux **Loups** et un **Fennec**. Après vaccination, trois Chiens des buissons ont présenté un titre en anticorps de 1/24. Un an après vaccination, ce titre était retombé entre ½ et 1/3 chez sept animaux sur neuf, un seul présentait encore un titre de 1/15. Le seul fennec prélevé un an après vaccination avait un titre en anticorps de 1/31. Les Loups ont les mieux répondu à la vaccination, puisque un an après leurs titres étaient de 1/68 et 1/237. Les auteurs attribuent ces résultats à une plus grande proximité phylogénétique avec le Chien, espèce pour laquelle le vaccin a été conçu [60]. Cependant, les titrages fournis dans cette étude sont difficiles à interpréter car nous ne connaissons pas les titres avant vaccination. Or, la maladie étant sporadiquement présente dans le parc, il est probable que certains animaux avaient déjà été en contact avec le virus. La présence d'anticorps peut donc résulter d'une infection naturelle plutôt que de la vaccination, mais l'absence de nouveaux cas cliniques après vaccination semblerait indiquer une efficacité de celle-ci.

La vaccination de vingt **Loups rouges** (*Canis rufus*) avec un vaccin vivant atténué (FROMMD® CANINE DISTEMPER VACCINE, SOLVAY ANIMAL HEALTH, un mL en sous-cutanée) a induit une réponse sérologique mesurable par immunofluorescence, chez des adultes et des louveteaux dès six semaines d'âge. Un rappel trois semaines plus tard s'est traduit par une augmentation des titres en IgG, lesquels ont persisté jusqu'à vingt et une ou cinquante et une semaines chez les animaux testés à ces dates. Les titres individuels étaient variables (de 1/80 à 1/640) et certains n'ont pas atteint les valeurs considérées comme protectrices chez le Chien domestique lors de mesure par immunofluorescence (1/160). La protection conférée n'a pu être déterminée [76].

Douze **Chiens des buissons** ont montré une bonne réponse en anticorps neutralisants après vaccination avec ce même vaccin vivant (FROMM D®, FROMM LABORATORIES) contenant la souche Onderstepoort atténuée sur cellules de poulet [117]. Tous les animaux, dont les titres étaient inférieurs à 1/8 avant vaccination, ont présenté après vaccination des titres en anticorps supérieurs à 1/100, et dix sur douze un titre supérieur ou égal à 1/512. Cependant, le délai d'obtention d'une réponse sérologique a été variable en fonction de l'âge. Chez les animaux adultes (plus d'un an), des titres élevés ont été obtenus dès quinze jours après la première vaccination ; chez les animaux de quatre à six mois, de tels titres ont été décelés au bout de trois à quatre semaines après la vaccination (une injection unique). Chez les animaux ayant reçu leur première injection à l'âge de trois mois, il a fallu attendre plusieurs semaines voire plusieurs mois après la troisième ou quatrième injection (intervalles d'environ un mois et demi entre chaque injection) avant de voir apparaître des taux supérieurs à 1/100. Ce phénomène a été attribué à une interférence avec les anticorps maternels, leurs mères ayant été vaccinées vingt jours à un

mois avant la mise-bas. Les jeunes présentaient un titre avant vaccination de 1/8, alors que les animaux plus âgés, qui ont répondu dès la première injection, le taux initial était inférieur à 1/4.

Aucun effet secondaire n'a été observé chez les animaux vaccinés, ou sur la gestation des femelles vaccinées entre quarante et cinquante jours de gestation (gestation de soixante-sept jours chez cette espèce) [117].

Dans la même étude, les trois **Fennecs** adultes vaccinés ont eux aussi présenté des titres en anticorps supérieurs à 1/200 un peu plus d'un mois après la seconde injection vaccinale (deux injections à un mois d'intervalle). Aucun effet secondaire n'a été noté après utilisation de ce vaccin vivant atténué [117].

Un vaccin vivant atténué sur cellules aviaires de UNITED VACCINES a été utilisé chez des renardeaux de **Fennec** au zoo de Miami. Tous ont présenté des titres en anticorps neutralisant supérieurs à 1/64. Aucune épreuve vaccinale n'a permis de déterminer s'ils étaient protecteurs [44].

Une étude plus récente a évalué chez des **Fennecs** l'efficacité d'un vaccin vectorisé par un *Canarypoxvirus* destiné aux furets : MERIAL PUREVAX FERRET DISTEMPER VACCINE®. Le vaccin est administré par voie intramusculaire dans la cuisse à cinq animaux âgés de sept à onze ans, deux fois à trois semaines d'intervalle. Tous avaient déjà été vaccinés dans le passé (deux à cinq ans plus tôt) avec un vaccin vivant modifié contre la maladie de Carré (FORT DODGE DURAMUNE®). Les taux d'anticorps neutralisants avant vaccination sont supérieurs à 1/8 chez tous les animaux. Trois semaines après la première injection, tous les animaux montrent une réponse sérologique importante : 1/256 à 1/6144, ce dernier titre correspondant à l'animal vacciné seulement deux ans auparavant. La seconde injection trois semaines après la première ne provoque pas de modification des titres sériques. Un an après la vaccination, les titres en anticorps neutralisants sont encore tous supérieurs ou égaux à 1/128, atteignant 1/4096 pour le Fennec vacciné deux ans auparavant.

L'étude cherche également à évaluer la réponse immunitaire à médiation cellulaire qui se développe contre les antigènes F et H (ajoutés dans le génome recombinant du *Canarypox-virus*) lors de l'utilisation de ce vaccin, et joue un rôle protecteur non négligeable. La technique choisie est l'analyse de la lymphoprolifération, décrite chez le Chat domestique, mais qui se révèle non transposable chez le Fennec, aucun résultat interprétable n'ayant été obtenu.

Aucun effet secondaire n'a été noté. L'étude conclut que ce vaccin vectorisé est à la fois sûr d'emploi et efficace pour induire une réponse en anticorps neutralisants forte et de longue durée (plus d'un an) chez le Fennec [40].

Dans une ferme d'élevage finlandaise, une étude a comparé l'efficacité et l'innocuité de trois vaccins vivants attenués sur cellules aviaires contre la maladie de Carré destinés aux Visons : UNITED VACCINES DISTEMINK®, SCHERING DISTEM-R-TC® et un vaccin non commercial [129]. L'étude a inclus des Visons (*Mustela vison*), des **Chiens viverrins** (*Nyctereutes procyonoides*), des **Renards roux** (*Vulpes vulpes*) et des **Renards polaires**

(*Vulpes lagopus*), vaccinés entre douze et seize semaines d'âge (une injection unique d'un mL en sous-cutané). Les trois vaccins ont provoqué une séroconversion dans chacune des espèces, mais les taux d'anticorps neutralisants obtenus avec DISTEMINK® étaient significativement plus élevés dans les trois espèces. Ils étaient en outre particulièrement élevés chez les Chiens viverrins, se maintenant à plus de 1/152 pendant dix mois. L'auteur conclut à une bonne innocuité et une efficacité satisfaisante des vaccins destinés au Vison chez les autres espèces élévés pour la fourrure, et recommande donc leur usage en cas de nécessité, aucun vaccin avec AMM n'étant disponible pour ces espèces.

c) Vaccination contre l'hépatite de Rubarth

Une mesure semi-quantitative par immunofluorescence d'anticorps anti-hépatite de Rubarth a été réalisée chez neufs **Lycaons** adultes vaccinés depuis plusieurs années avec un vaccin multivalent vivant modifié : VANGUARD® DA2P AND CPV, SMITHKLINE. Chez huit animaux sur neuf, les titres étaient élevés avant le rappel annuel, et ont peu ou pas augmenté un mois après le rappel. L'augmentation a été significative uniquement chez le neuvième animal, dont le titre était modéré avant l'injection. Une élévation plus importante du taux d'anticorps aurait peut-être été détectée avec une technique plus sensible que l'immunofluorescence. Cette étude met toutefois en évidence la présence d'anticorps persistants lors de vaccination annuelle avec un vaccin vivant modifié contre l'hépatite de Rubarth chez le Lycaon [144].

d) Vaccination anti-rabique

Une étude a mesuré les titres en anticorps neutralisant le virus rabique chez quatorze **Loups gris** maintenus en captivité et cinq Loups libres, pendant un an après vaccination avec un vaccin inactivé destiné au Chien (IMRAB® de RHONE-MERIEUX), administré par voie sous-cutanée ou intramusculaire. Tous les Loups ont séroconverti un mois après la vaccination, à l'exception d'un Loup libre, sans qu'une explication puisse être donnée pour cet animal. Si l'on exclut ce Loup de l'étude, les titres étaient similaires dans les deux groupes. En revanche, trois mois après la vaccination, seuls cinq Loups captifs sur treize avaient encore des anticorps détectables, et aucun des deux Loups libres prélevés. Trois Loups captifs prélevés à six, neuf et douze mois post-vaccination ont montré des taux d'anticorps persistants. Cette étude conclut qu'un vaccin canin inactivé induit une séroconversion chez les Loups. En revanche, la durée de détection des anticorps est très variable, et le petit nombre d'animaux de l'étude ne permet pas de conclure sur ce point précis. Une étude sur des Chiens domestiques avait mis en évidence l'existence d'une protection post-vaccinale malgré l'absence d'anticorps neutralisants détectables [56]. La protection conférée par la vaccination dans cette étude n'est donc pas établie.

Deux études ont été réalisées chez des **Lycaons** avec un vaccin inactivé commercial : MADIVAK® de HOECHST ; une au zoo de Francfort sur quatre animaux adultes et une sur une population sauvage de Lycaons adultes du park du Serengeti en Tanzanie [156]. Au

zoo de Francfort, tous les animaux, séronégatifs avant vaccination, ont présenté une séroconversion cinq semaines après l'injection (1 mL par voie intramusculaire), avec des titres variant entre 2 et 4 UI/mL (ELISA). Aucun effet secondaire n'a été noté.

Au parc du Serengeti, trois animaux vaccinés de la même façon que précedement ont fait l'objet d'un suivi sérologique et ont tous présenté une augmentation des titres en anticorps à plus de 0,5 UI/mL. Cependant, la protection conférée par ces titres n'a pu être établie.

Plusieurs protocoles ont été testés sur les **Lycaons** de la réserve de Mkomazi en Tanzanie [54]. Une injection intra-musculaire unique de DOHYRAB® de SOLVAY-DUPHAR chez vingt-cinq animaux âgés de cinq mois n'a entrainé aucune séroconversion détectable après deux mois et demi [160]. Un protocole de primovaccination multidoses est alors mis en place. Les résultats sont modérés après deux injections (seuls sept animaux sur quatorze et un sur neuf séroconvertissent). En revanche, un protocole en trois injections (J0, + 1 mois et + 6 mois), permet d'obtenir des taux sériques significatifs (> 0,5 UI/mL) chez tous les animaux cinq mois après la troisième injection. Par ailleurs, ces taux persistent un an plus tard chez 85 % des animaux (17/20) [54, 160].

L'administration de deux doses du vaccin RABDOMUN® de SCHERING-PLOUGH chez cinq jeunes Lycaons a entrainé une séroconversion de tous les animaux [54].

Ces deux vaccins sont censés permettre une immunité de trois ans chez le Chien domestique. Par mesure de sécurité, un rappel annuel a été conservé chez le Lycaon.

En Afrique du Sud, un protocole visant à enrayer une épizootie rabique affectant une meute de vingt-quatre **Lycaons** a conduit à vacciner les animaux et à réaliser une étude sérologique. Seuls trois des six animaux vaccinés ont survécu (cf. paragraphe suivant). Ces trois survivants ont été revaccinés trois semaines après la première injection, puis entre deux et cinq mois plus tard. Le vaccin utilisé était un vaccin inactivé (RABISIN®, RHÔNE-POULENC) injecté par voie intramusculaire dans le quadriceps fémoral lors d'une anesthésie générale. Trois semaines après la première injection, les animaux ont présenté des titres en anticorps neutralisants compris entre 1,15 et 3,30 UI/mL. Ils ont reçu une injection de rappel à cette date. Lors de la recapture des animaux trois à cinq mois plus tard, les titres ne dépassaient pas 0,29 UI/mL. Une revaccination des deux animaux capturés après trois mois a permis d'atteindre des titres supérieurs à 0,5 UI/mL deux mois plus tard (soit 0,87 et 1,91 UI/mL). Un seul animal revacciné à ce moment-là a pu être contrôlé à nouveau quatre mois plus tard ; il présentait un titre de 0,5 UI/mL. Le vaccin utilisé dans cette étude a donc entraîné une séroconversion chez les Lycaons, mais de très courte durée [79]. Des vaccinations répétées et fréquentes semblent nécessaires pour que se maintienne un titre en anticorps neutralisants supérieur à 0,5 UI/mL.

Une autre étude a mesuré la réponse sérologique de deux groupes de quatre **Lycaons** ayant reçu respectivement une administration intramusculaire d'un vaccin inactivé canin (DEFENSOR®, PFIZER, souche Paris PV-4, dosé à $10^{7,25}$ FID_{50} de virion rabique avant inactivation) et un vaccin oral (VIRBAC, titré à 8,0 $\log_{10}$ $TCID_{50}$/mL), trois fois à six mois d'intervalle. Tous les animaux ayant reçu le vaccin oral et trois ayant reçu le vaccin

parentéral développent, suite à la première administration, des titres élevés en anticorps neutralisants (de 3,5 à 18,2 UI/mL, un titre de 0,5 UI/mL étant considéré comme protecteur). L'animal n'ayant pas répondu montre une bonne séroconversion lors de la vaccination de rappel six mois plus tard. Cependant, ces titres diminuent très rapidement, bien plus vite que chez le Chien domestique, indiquant la nécessité d'un rappel trois mois après la première administration. Le rappel effectué dans l'étude six mois après la première administration provoque une forte augmentation des titres, jusqu'à 24 UI/mL chez un animal vacciné oralement, et 380 UI/mL chez deux des quatres Lycaons vaccinés par voie intramusculaire. Ces titres restent largement supérieurs à 0,5 UI/mL jusqu'à la vaccination de rappel six mois plus tard, et le sont toujours un an après cette dernière administration. La différence observée entre les vaccination orale et parentérale (titres plus élevés avec cette dernière) ne signifie pas forcément que l'immunité conférée est moins efficace ou de moins longue durée suite à l'administration orale ; de plus fortes doses auraient pu induire une plus forte réaction. L'étude conclut que les deux vaccins sont efficaces, mais insiste sur la nécessité d'une seconde injection un à trois mois après la première lors de la primovaccination [156].

Aucune étude sérologique n'a été trouvée sur les Canidés sauvages après vaccination contre la leptospirose.

3. Echec vaccinal

Les causes d'échec vaccinal sont multiples. Elles peuvent être attribuées au vaccin (défaut de fabrication, de conservation, péremption dépassée), à l'animal vacciné (stress, immunodépression, maladie concomitante, présence d'anticorps maternels, immaturité ou senescence du système immunitaire) ou à l'administration du vaccin (mauvaise voie d'administration, erreur de préparation, inactivation par utilisation excessive d'alcool ou de désinfectant sur le matériel, non respect du protocole de l'AMM). L'animal vacciné peut être en incubation au moment de la vaccination ou infecté avant que la réponse immunitaire ait eu le temps de se développer, voire être contaminé par une souche virale ou bactérienne différente contre laquelle le vaccin est insuffisamment protecteur. Enfin, des facteurs individuels encore difficilement appréciables (génétiques, environnementaux) interviennent sur la réponse immunitaire de chaque animal [48, 132, 138]. La réponse d'une population à la vaccination suit une distribution normale, incluant une minorité d'animaux dont la réponse est inappropriée. Aucun vaccin ne garantit une efficacité de 100 %, les études de mise sur le marché imposent une survie de 80 % des animaux vaccinés lors de l'épreuve virulente. De plus, la protection ne peut être assurée par le fabricant dans toutes les conditions possibles. Les conditions de captivité sont également essentielles : la vaccination augmente la résistance de l'animal à l'infection, mais elle est inutile si le système immunitaire de l'animal ne peut pas répondre correctement à la stimulation antigénique vaccinale (surpopulation, mauvais état général, maladie, carences etc.). Enfin, les relations hôtes-pathogènes sont trop complexes pour qu'un vaccin puisse prétendre à induire une protection parfaite dans tous les cas de figure [48, 132].

Il est difficile de déterminer *a posteriori* la cause d'un échec vaccinal observé sur le terrain. L'interférence avec les anticorps maternels est la première cause d'échec vaccinal chez les jeunes Carnivores domestiques et sauvages [124]. Si un seul animal est concerné, on incriminera une mauvaise réponse individuelle à la stimulation antigénique (échec idiopathique). S'il s'agit de plusieurs animaux vaccinés en même temps, on doit penser à un problème de fabrication, de conservation ou d'administration du vaccin [48]. Ce n'est que lors d'échecs récurrents imputés à un même vaccin commercial sur une même espèce que l'on peut conclure à l'absence d'efficacité de ce vaccin dans cette espèce.

Enfin, il est nécessaire de différencier un échec vaccinal avec développement d'une maladie spontanée (souvent sur plusieurs animaux, dans un contexte d'épizootie) et une maladie vaccino-induite par défaut d'innocuité (cf. III.C.).

a) Vaccination contre la parvovirose

En 1982, une épizootie de parvovirose tue dix jeunes **Chiens des buissons** sur dix-sept individus vaccinés [80]. Le vaccin utilisé est un vaccin inactivé contre la parvovirose féline (FPV) : PARVOCINE® de DELLEN LABORATORIES. Les adultes sont vaccinés tous les six mois. Neufs jeunes issus de deux portées différentes ont été vaccinés à onze et quatorze semaines

d'âge. Six jeunes meurent de parvovirose à vingt-neuf semaines d'âge (environ 6,5 mois). Afin de protéger la portée suivante, les six chiots sont vaccinés toutes les deux semaines entre cinq et dix-neuf semaines d'âge. Trois d'entre eux développent la maladie à vingt semaines d'âge, et deux en meurent. Deux autres chiots ont été isolés à seize semaines d'âge, aucun d'eux ne présente de signes cliniques. Une dernière portée de deux chiots est vaccinée à six, sept, dix, treize et quinze semaines d'âge. A dix-sept semaines d'âge, le vaccin félin inactivé est remplacé par un vaccin canin inactivé (nom commercial non précisé). Cela n'empêche pas l'un des deux de tomber malade à dix-sept semaines et de mourir treize jours plus tard. La dernière portée est vaccinée toutes les semaines dès huit semaines d'âge avec le vaccin canin inactivé et isolée dans la zone de quarantaine lorsque les chiots ont quinze semaines d'âge. Aucun d'eux ne tombe malade.

L'échec du vaccin félin inactivé a conduit les auteurs à réaliser un suivi sérologique sur ces animaux, mettant en évidence l'absence de développement d'un titre en anticorps jugé protecteur (> 1/80) chez les jeunes Chiens des buissons avant vingt-neuf semaines d'âge. Ces animaux présentaient des titres élevés vers trois semaines d'âge, indiquant la présence d'anticorps maternels, qui déclinent ensuite (voir 2.a)). Une interférence avec ces anticorps est avancée pour expliquer l'échec vaccinal. La période critique serait particulièrement longue chez les Chiens des buissons, alors que des jeunes Loups à crinière vaccinés selon le même protocole développent des titres en anticorps protecteurs dès quatorze à dix-huit semaines d'âge [80].

b) Vaccination contre la maladie de Carré

Sedgwick en 1968 [142] rapporte une épizootie de maladie de Carré au zoo de Los Angeles (Etats-Unis d'Amérique) chez des animaux vaccinés avec un vaccin commercial inactivé au formol (nom non précisé) selon un protocole de primovaccination en trois injections à deux semaines d'intervalle. Suite au diagnostic établi sur un premier animal (un Chien viverrin), une injection de rappel est administrée à toutes les espèces jugées sensibles, mais n'empêche pas l'extension de l'épizootie, et la mort de **Chiens viverrins, Loups gris, Loups à crinière** et **Chiens des buissons**. L'utilisation d'un vaccin vivant atténué sur cellules de poulet (TISSUVAX®, PITMAN-MOORE) est alors décidée. Son usage est maintenu après la fin de l'épizootie, car il est jugé sûr et efficace, le vaccin inactivé précédemment employé ayant fait preuve de son inefficacité pour les espèces exotiques [142].

En 2002, une épizootie de maladie de Carré tue 49 des 52 **Lycaons** maintenus en captivité dans un centre d'élevage en Tanzanie [49]. Ces animaux avaient été vaccinés avec un vaccin sous-unitaire ISCOM. La primovaccination se fait en trois injections à deux à quatre semaines d'intervalle, avec un rappel annuel. Des sérologies au début du programme d'élevage ont mis en évidence des taux d'anticorps neutralisants considérés comme protecteurs chez les Lycaons. Le dernier rappel a été effectué treize mois avant le début de l'épizootie. Un mois auparavant, neufs animaux sont prélevés pour analyse sérologique : un seul a un titre de 1/20, tous les autres ont des titres inférieurs. Cet animal

est le seul a avoir survécu à l'épizootie sur les neufs testés. Aucun titrage n'a été effectué sur les deux autres survivants. Une étude sérologique a mis en évidence une faible immunogénicité de ce vaccin chez les Lycaons [125]. Il est difficile de dire si le vaccin n'a effectivement pas été efficace pour induire une réponse protectrice ou si l'intervalle entre deux rappels était finalement trop long, la diminution entre-temps du taux d'anticorps rendant les animaux vulnérables (voir 2.b) (1)).

L'Agence Européenne du Médicament (EMEA) signale trois cas simultanés (août 2007) d'échec vaccinal contre la maladie de Carré dans des élevages de **Renards** (espèce non précisée) en Pologne. Le premier cas concerne trois cents neuf renardeaux vaccinés entre trois et quatre mois d'âge. Deux semaines plus tard, deux cents quatre présentent des signes de maladie de Carré et cent quatre-vingts meurent. Le deuxième cas concerne trois cents renardeaux vaccinés au même âge, cent présentent des signes cliniques deux semaines plus tard et dix meurent. Enfin, le troisième cas concerne deux cents renardeaux du même âge, cent quatre-vingt dix sont malades deux semaines après vaccination et cinquante-deux meurent.

Le vaccin utilisé dans les trois cas était le même vaccin vivant atténué contre la maladie de Carré et l'hépatite de Rubarth, dont le nom commercial n'a pas pu nous être communiqué (données confidentielles). L'explication avancée est que les animaux ont été vaccinés alors qu'ils étaient déjà en incubation, ce qui expliquerait l'échec vaccinal [122]. Aucun autre détail n'est disponible, notamment sur la présence éventuelle d'anticorps maternels (mères vaccinées ou non) ou sur l'atteinte des autres animaux de l'élevage (adultes) par la maladie.

c) Vaccination contre la rage

Des cas de Chiens domestiques vaccinés retrouvés enragés ont été décrits. Ils concernent uniquement des animaux dont la date du rappel était dépassée ou encore des eunes ayant reçu une primovaccination unique et pas de rappel post-exposition [133].

Entre 1989 et 1990, plusieurs meutes de **Lycaons** ont été vaccinés contre la rage au Kenya avec des vaccin inactivés : IMRAB® de RHONE-MERIEUX, RABISIN® de RHÔNE-POULENC et un vaccin inconnu [54]. Beaucoup d'animaux disparaissent mais deux meutes sur les trois sont décimées par la rage. Selon plusieurs auteurs, certains des animaux morts lors de l'épizootie auraient été vaccinés. L'un d'eux, vacciné en janvier 1990, est effectivement mort de la rage en janvier 1991. Les données fiables manquent cependant sur cet épisode pour conclure à l'efficacité ou à la non-efficacité de la vaccination utilisée.

A la même époque en Namibie, onze **Lycaons** vaccinés par voie intramusculaire avec un vaccin anti-rabique inactivé (vaccin non précisé) sont relâchés dans le parc national d'Etosha. Beaucoup sont tués par les Lions (*Panthera leo*). Les quatres survivants sont retrouvés morts neuf mois après la vaccination, après avoir mangé un Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*). La rage est diagnostiquée chez les quatres animaux [54].

En 2000, une épizootie de rage se déclare dans une meute de vingt-quatre **Lycaons** dans une réserve d'Afrique du Sud [79]. La maladie est détectée mi-septembre. Quinze jours plus tard, six animaux survivants sont déplacés et vaccinés contre le virus rabique à l'aide d'un vaccin inactivé (RABISIN®, RHÔNE-POULENC) injecté par voie intramusculaire dans le quadriceps fémoral lors d'une anesthésie générale. Trois survivent sans aucun signe clinique, les trois autres meurent de rage entre seize et vingt-et-un jours plus tard. Il est raisonnable de supposer que ces animaux étaient déjà en incubation lors de la vaccination. En outre, le virion rabique n'a pas été isolé des glandes salivaires de ces animaux, contrairement aux animaux morts non vaccinés. Il semblerait donc que si le vaccin n'a pas été suffisant pour protéger les animaux, il ait permis de réduire ou d'empêcher l'excrétion virale, et ainsi les risques de contamination des autres membres de la meute [79]. L'échec vaccinal est donc ici relatif, puisque la moitié des animaux a été protégée et la dissémination du virus limitée. Dans le cas de la rage, la vaccination n'est pas dénuée d'intérêt chez les animaux potentiellement contaminés, pour les protéger ou au moins pour protéger les autres animaux en contact. Elle doit être associée dans un contexte de gestion de meute à une euthanasie rapide des animaux présentant des signes cliniques, là encore pour lutter contre la dissémination du virus.

Un rapport d'échec vaccinal a été fait en 1994 en Californie (Etats-Unis d'Amérique) suite à la vaccination anti-rabique d'un **hybride Chien-Loup**. L'animal avait été vacciné à l'âge de quatre mois avec un vaccin inactivé canin (RABCINE® de SMITH-KLINE BEECHAM), en même temps qu'avec un vaccin plurivalent Carré – *Adenovirus* – *Parvovirus* – *Para-Influenza* – *Coronavirus* – *Leptospira*, et un vaccin contre la borréliose. Six mois après vaccination, il développe des signes neurologiques atypiques (tremblements, décubitus latéral, contraction et dilatation rythmiques des pupilles, hyperthermie) qui évoluent rapidement, deux semaines après avoir été vu dans son enclos avec une mouffette morte dans la gueule. Après euthanasie, l'immunofluorescence directe sur l'encéphale donne un résultat positif atypique de rage. Cependant, aucun virus cultivable ne peut être isolé sur l'encéphale, et une PCR est nécessaire pour confirmer l'infection rabique. Le *Lyssavirus* identifié s'avère être un variant adapté à la mouffette.

L'impossibilité d'isoler le virus à partir de l'encéphale de l'animal est attribuée à un phénomène d'autostérilisation potentiel résultant du développement d'une forte concentration d'anticorps neutralisants, suite à la vaccination. Si la cause de l'échec vaccinal n'est pas établie (possible problème de fabrication du lot, de conservation ou d'administration du vaccin chez cet animal), on ne peut exclure l'hypothèse que la vaccination n'ait pas suffi à prévenir l'infection, ce qui pose le problème de l'efficacité réelle des vaccins canins utilisés chez les Canidés sauvages ou chez les hybrides. Il faut toujours garder à l'esprit la possibilité que la couverture vaccinale soit incomplète chez les espèces exotiques, afin de ne pas entretenir un faux sentiment de sécurité vis à vis des animaux vaccinés, qui restent donc potentiellement capables de transmettre l'infection à l'Homme [81]

Ce cas illustre également le caractère indispensable du rappel vaccinal immédiat lors d'exposition d'un animal vacciné à un animal enragé [133].

CONCLUSION

Sans la possibilité de réaliser des épreuves virulentes chez les animaux vaccinés, l'évaluation de l'efficacité réelle d'un vaccin est toujours délicate. Les tests sérologiques sont le moyen le plus utilisé pour évaluer la qualité de la couverture vaccinale. Cependant, leur fiabilité demeure incertaine lorsque les taux ne sont pas reliés à la protection effective lors d'épreuve virulente. Ces tests permettent en effet d'évaluer l'immunogénicité des produits plus que leur efficacité réelle. En outre, en absence de procédure standardisée, il est impossible de comparer les taux d'anticorps obtenus par des laboratoires différents, et encore plus chez des espèces différentes.

De manière générale, les vaccins tués semblent toujours moins immunogènes que les vaccins vivants : les taux en anticorps sont inférieurs et persistent moins longtemps. En outre, plusieurs échecs vaccinaux sont rapportés avec ce type de vaccin. L'immunogénicité peut être augmentée par adjonction d'un adjuvant, mais celui-ci peut être responsable d'effets secondaires (réaction locale douloureuse avec l'huile minérale par exemple).

L'efficacité d'un vaccin peut être incomplète : la vaccination peut ne pas empêcher la maladie mais limiter l'excrétion, protégeant de ce fait les autres animaux ou, inversement, prévenir la maladie mais permettre l'excrétion de l'agent infectieux, ce qui rend l'animal vacciné dangereux car excréteur non repérable.

Il convient de garder à l'esprit que la vaccination peut avoir échoué, même si le vaccin est jugé efficace. Ainsi, il ne faut pas exclure d'emblée du diagnostic différentiel telle ou telle maladie au prétexte que l'animal a été vacciné contre elle. Plus important encore, notamment pour la rage, la vaccination ne doit pas donner une fausse impression de sécurité et de protection, et les mêmes mesures doivent être prises avec un animal vacciné contre la rage qu'avec un animal qui ne l'est pas, comme cela est déjà recommandé chez le Chien et le Chat, d'autant plus s'il s'agit d'une espèce exotique.

Enfin, rappelons qu'aucune extrapolation n'est possible entre différentes espèces en l'absence d'études spécifiques, même si elles sont phylogénétiquement proches.

C. Innocuité des vaccins

Aucun vaccin ne possède d'autorisation de mise sur le marché pour les Canidés sauvages, ce qui signifie qu'aucune étude d'innocuité n'a été effectuée chez ces espèces, et toute utilisation d'un vaccin en dehors des conditions prévues peut conduire à l'apparition d'effets indésirables.

1. Maladies vaccino-induites

Les vaccins vivants canins sont atténués de manière à posséder une bonne innocuité chez le Chien domestique. Cependant, cette atténuation n'est pas toujours adaptée à d'autres espèces, et la virulence résiduelle de la souche est parfois suffisante pour déclencher la maladie. Des cas de maladies vaccino-induites ont été décrits chez plusieurs espèces de Carnivores et de Canidés sauvages, suite à l'utilisation de vaccins vivants atténués.

a) Vaccins contre la parvovirose

Entre 1992 et 1994, trois zoos américains ont rapporté des maladies post-vaccinales suite à l'utilisation du vaccin vivant modifié contre la parvovirose DURAMUNE KF-11® de chez FORT DODGE chez des **Loups à crinière** [17].

L'un des cas concernait une portée de quatre Loups à crinières. Sept jours après la vaccination, un des louveteaux a présenté une diarrhée hémorragique. Trente-six heures plus tard, le reste de la portée était atteint et présentait diarrhée, anorexie, léthargie et parfois des vomissements. Un traitement de soutien et une antibiothérapie de couverture ont été mis en place. En soixante-douze heures les louveteaux ont recommencé à manger et en cinq jours trois étaient guéris. Le dernier louveteau avait été envoyé dans un autre zoo quelques jours avant l'apparition des signes cliniques, où il est mort au bout de huit jours. Sur ce dernier, une recherche d'antigènes par ELISA sur fèces (*CITE test*) a mis en évidence des *Parvovirus*. Chez le Chien domestique il est normal que les animaux vaccinés excrètent la souche vaccinale dans leurs fèces cinq à sept jours post-vaccination ; pareil phénomène pourrait se produire également chez les autres espèces de Canidés [17].

Si l'origine vaccinale de la maladie n'a pas été prouvée, la clinique évoquait fortement une parvovirose, et l'apparition simultanée de symptômes chez des animaux séparés nous oriente vers une origine commune. Il est impossible de savoir s'il s'agissait d'une maladie vaccinale ou d'une contamination naturelle avant la vaccination, cependant le rapport de trois épisodes dans trois parcs différents utilisant le même vaccin joue fortement en faveur d'une maladie vaccino-induite.

b) Vaccins contre la maladie de Carré

Le développement de la maladie de Carré suite à l'utilisation de vaccins destinés au Chien contre cette maladie a été décrit chez plusieurs espèces de Carnivores sauvages, notamment le Panda roux (*Ailurus fulgens*) [29], le Furet à pieds noirs (*Mustela nigripes*) [33] et le Kinkajou (*Potos flavus*) [87], ainsi que chez des Canidés.

Des maladies vaccinales ont été rapportées chez le **Chien domestique** : hyperthermie, diarrhée, jetage, mais également des encéphalites fatales [41, 53, 70, 74]. Elles peuvent être liées à une parvovirose concomitante ou à une vaccination simultanée avec un vaccin vivant contre la parvovirose ou l'hépatite de Rubarth, qui provoquerait une immunodépression favorisant la maladie vaccinale [36, 41, 53, 70]. Le vaccin vivant modifié Carré est lui-même connu pour induire une immunodépression et une thrombocytopénie transitoire [36]. La souche Rockborn, cultivée sur cellules rénales de Chien, semble la principale incriminée lors de maladie vaccinale chez le Chien, alors que la souche Onderstepoort, cultivée sur cellules de poulet, est plus sûre [70]. Cependant, les accidents peuvent être attribués à des défaillances sur un lot plutôt qu'à une souche particulière [41].

Les différentes espèces de Canidés sont plus ou moins sensibles aux diverses souches atténuées utilisées. Certains vaccins canins peuvent en effet être utilisés sans danger chez une espèce et engendrer une maladie vaccino-induite chez une autre [74]. Plusieurs exemples ont été rapportés aux Etats-Unis d'Amérique de Renards roux et gris (*Urocyon cinereoargenteus*) vaccinés en même temps avec un même vaccin vivant atténué. Les Renards roux n'ont développé aucun signe clinique alors que les Renards gris ont présenté dans les 2 à 3 semaines suivantes des signes neurologiques évoluant vers la mort [47, 74]. Les tests d'immunofluorescence sur l'encéphale étaient positifs pour la maladie de Carré dans tous les cas. La différence de sensibilité des deux espèces de Renards pourrait être due à une plus ou moins grande proximité phylogénétique avec le Chien (voir Figure 1, partie I.) [74]. Cependant, des maladies vaccinales (encéphalites) ont également été décrites chez le Chien domestique.

Une étude a incriminé le mode d'atténuation de la souche virale sur la sensibilité du Renard gris aux vaccins vivants : les vaccins atténués sur cellules de poulet (souche Onderstepoort) auraient une bonne innocuité dans cette espèce, contrairement aux vaccins atténués sur cellules canines. Ceux-ci auraient conservé une vitesse de réplication trop importante induisant une multiplication élevée dans les macrophages des renards vaccinés et la ré-émergence de virions virulents. En revanche, les vaccins atténués sur cellules aviaires se répliquent assez lentement pour permettre le développement d'une réponse immunitaire satisfaisante, à l'exception des individus immunodéprimés ou de certains individus présentant une variation génétique induisant l'absence de poils de jarre (renards "samson"), chez lesquels la réponse immunitaire pourrait être modifiée [74]. Dans cette étude, quatre des cinq animaux vaccinés avec des vaccins atténués sur cellules canines (souche Snyder-Hill et souche Washington crossing) sont morts, le dernier ayant développé un titre en anticorps jugé protecteur, alors qu'un seul des cinq animaux

vaccinés avec un vaccin atténué sur cellules aviaires (souche Onderstepoort) est mort, les quatre autres ayant développé des titres en anticorps jugés protecteurs. Cette étude conclut que l'usage de vaccins contre la maladie de Carré atténués sur cellules aviaires semble plus sûr chez les Renards gris adultes [74], mais une évaluation sur un plus grand nombre d'animaux serait toutefois nécessaire pour conclure définitivement [162].

Une étude postérieure, portant sur 35 Renards gris, n'a en revanche pas mis en évidence de différence significative concernant le délai d'apparition de la morbidité et de la mortalité entre des souches atténuées sur cellules aviaires ou sur cellules canines (souche Rockborn et autre souche) : 100 % des Renards vaccinés ont présenté des signes de maladie de Carré dans les cinq jours et sont morts dans les quinze jours post-vaccination (aucun signe clinique n'a été observé chez les Renards ayant reçu un placebo à la place du vaccin). Cette étude conclut que l'utilisation de tout vaccin vivant atténué contre la maladie de Carré, quels que soient la souche et le mode d'atténuation, est dangereux pour le Renard gris [77].

Parmi les Canidés de l'étude, une maladie vaccino-induite a été suspectée chez le **Fennec**, sans plus de détails sur le vaccin utilisé ou les animaux touchés [118], ainsi que chez des **Renards** d'élevage [28]. Un **Otocyon** a présenté des signes neurologiques réversibles après vaccination avec un vaccin vivant modifié sur cultures tissulaires, EPIVAX® de WELLCOME. Cependant, cet animal avait été vacciné dans un contexte d'épizootie de maladie de Carré ; il est donc très difficile de savoir s'il s'agissait d'une réaction vaccinale ou d'une maladie de Carré spontanée atténuée par la vaccination [140].

Des cas ont été plus précisément décrits chez le Chien des buissons, le Loup à crinière et le Lycaon.

(1) Maladie vaccinale chez le Chien des buissons

Une jeune femelle Chien des buissons, née d'une mère vaccinée, est vaccinée à l'âge de 11 semaines avec un vaccin plurivalent Carré – CAV-2 – *Para-Influenza* et Rougeole. Ce *Paramyxovirus* humain, proche du virus de la maladie de Carré, est parfois utilisé pour induire une protection croisée vis à vis du virus de la maladie de Carré (vaccin DA_2MP VANGUARD®, SMITH AND KLINE (aujourd'hui PFIZER), souche Snyder-Hill vivante atténuée sur cellules canines pour la maladie de Carré). Vingt et un jours après la vaccination, l'animal est anorexique et présente un écoulement oculaire muco-purulent ; trois jours plus tard apparaissent des troubles neurologiques (indifférence à l'environnement, marche sans but dans l'enclos), et l'animal décède deux jours plus tard malgré les traitements mis en place (antibiothérapie, vitamines, corticoïdes, diazépam). L'analyse histologique met en évidence des inclusions intranucléaires et intracytoplasmiques dans le cerveau et les viscères, conduisant à un diagnostic de maladie de Carré, associé à une surinfection pulmonaire par *Klebsiella.* Aucun contact n'étant possible avec la faune sauvage, une origine vaccinale liée au virus Carré est suspectée, même si l'absence d'isolement viral ne permet pas d'exclure l'implication du virus de la rougeole, voire la réactivation d'une

infection latente. La souche vaccinale atténuée sur cellules canines aurait conservé une vitesse de réplication trop rapide pour permettre le développement d'une réponse immunitaire efficace. On ne peut cependant exclure l'existence d'un déficit immunitaire préalable chez l'animal vacciné, ayant permis le développement de la maladie. L'utilisation d'un vaccin atténué sur cellules de poulet est là encore recommandée [109].

(2) Maladie vaccinale chez le Loup à crinière

Trois jeunes loups à crinière de 8 semaines sont vaccinés avec un vaccin vivant atténué maladie de Carré – Hépatite – Parvovirose – *Para-Influenza*. Douze jours plus tard, deux des trois animaux développent des signes neurologiques incluant myoclonies, tremblements de la tête, mâchonnements, déficit de coordination, paralysie des membres postérieures et convulsions. Aucun symptôme autre que neurologique n'est observé. L'un des animaux meurt en deux jours, le second semble récupérer puis est euthanasié après une rechute. L'analyse histologique met en évidence des corps d'inclusion intracytoplasmiques dans les poumons, le cerveau et la vessie. Les tests d'immunofluorescence sont positifs pour la maladie de Carré sur le poumon et le cerveau [150].

Aucun isolement viral n'ayant été réalisé, l'origine vaccinale de la maladie ne peut qu'être fortement suspectée. En outre, le nom ou la composition de ce vaccin n'étant pas connus, nous ne pouvons pas conclure sur l'impact relatif de la souche ou du mode d'atténuation du virus chez cette espèce.

(3) Maladie vaccinale chez le Lycaon

Plusieurs descriptions de maladie de Carré vaccino-induite existent chez le Lycaon, bien qu'aucune n'ait pu être formellement prouvée. Un isolement viral est en effet nécessaire pour différentier une maladie de Carré vaccinale d'une maladie spontanée, et celui-ci n'a jamais été réalisé ou réussi [53]. La relation de causalité a été déduite de la succession temporelle de la vaccination et de l'apparition de la maladie.

Les cas décrits concernent de jeunes animaux, entre 8 semaines et 5 mois (voir tableau 14) [53, 107, 155]. Tous ont reçu un vaccin plurivalent commercialisé pour le Chien domestique, contenant un vaccin vivant atténué contre la maladie de Carré, associé à des vaccins vivants ou tués contre l'hépatite de Rubarth, la parvovirose, la leptospirose et la toux de chenil (CANDUR®SHLP (Carré + CAV-1, parvovirose et leptospirose inactivés) [53] ; QUANTUM4® et QUANTUM6® (CHPPi + L + CAV-2 atténués) [155] ; PARAMUNE5® (Carré, hépatite, *Para-influenza*) + Parvocine® (Parvovirose) + TRIMUNE® (rage) [107]). Des signes neurologiques sont apparus chez tous les animaux vaccinés dans les 10 à 20 jours suivants l'injection. Ont été observés incoordination motrice, marche en rond, mâchonnements, convulsions tonico-cloniques, opisthotonos, tétraparésie, disparition du réflexe photomoteur. Chez un groupe de jeunes Lycaons de 5 mois, les premiers signes ont été digestifs, avec des vomissements associés à un appétit conservé, les troubles neurologiques apparaissant dans les jours suivants. Ils ont été suivis de signes respiratoires

(jetage nasal et oculaire mucopurulent, toux, dyspnée). Des lésions digestives, pulmonaires et cutanées (pustules sur la peau du ventre, papules érythémateuses et érosives au niveau des doigts, des sourcils et de la truffe) ont été notées à l'examen nécropsique de façon plus ou moins importante dans les différents cas rapportés. Les analyses hématologiques, histopathologiques et immunohistologiques (immunofluorescence) ont permis de diagnostiquer une maladie de Carré.

Seul un jeune de cinq mois sur les vingt et un cas cumulés par les trois auteurs a survécu en dépit des soins intensifs mis en œuvre (traitements de soutien, antibiothérapie, voire injection de sérum hyperimmun contre la maladie de Carré et la parvovirose).

La souche et le mode d'atténuation semblent jouer un rôle crucial dans la virulence résiduelle du vaccin. L'état général de l'animal doit également être pris en compte. Les sept lycaons de cinq mois ont été vaccinés à leur arrivée à New York (Etats-Unis d'Amérique), en provenance directe de Namibie, après un voyage de deux jours et demi. Ils étaient en outre très maigres et souffraient de rachitisme, conséquence d'un régime alimentaire inapproprié dans leur parc d'origine [107]. Le stress du voyage associé à leur mauvaise condition physique a pu être à l'origine d'une immuno-dépression responsable d'un échec vaccinal et du développement d'une maladie vaccinale. De la même façon, les dix lycaons vaccinés avec le QUANTUM® étaient porteurs d'*Encephalitozoon sp*, infection inapparente mais pouvant favoriser l'apparition d'une encéphalite vaccinale [155].

c) Vaccins contre l'hépatite de Rubarth

Des réactions à la vaccination contre l'hépatite de Rubarth ont été décrites chez le Chien domestique, principalement suite à l'utilisation de vaccins vivants homologues CAV-1. Il s'agit le plus souvent d'uvéite antérieure, qui apparaît chez environ 0,4 % des chiens vaccinés par voie intra-musculaire et sous-cutanée, et jusqu'à 20 % des chiens vaccinés par voie intraveineuse, en association avec des signes généraux (hyperthermie). En revanche, les vaccins CAV-2 n'entraînent plus chez le Chien ces effets indésirables lors d'administration par voie sous-cutanée ou intra-musculaire, et leur incidence comme leur gravité sont fortement diminuées lors d'administration intra-veineuse [69].

L'œdème cornéen serait lié au dépôt d'un complexe antigènes-anticorps dans la cornée (hypersensibilité de type III) [48, 132].

Une réaction semblable a été rapportée chez un **Loup à crinière** de huit semaines vacciné à l'aide d'un vaccin vivant plurivalent CHPPi, sans que soit précisé s'il s'agit d'un virus CAV-1 ou CAV-2. Une opacité cornéenne bilatérale est apparue 14 jours après la vaccination, conférant à l'animal des "yeux bleus" caractéristiques d'une uvéite associée à l'hépatite de Rubarth. Ce symptôme a disparu suite au traitement, et l'animal n'a montré aucun autre signe d'infection à *Adenovirus* [150].

Il est à noter que l'œdème cornéen peut être le seul symptôme exprimé lors d'hépatite subaiguë ; il est possible d'assimiler la réaction vaccinale à une forme atténuée de la maladie.

Des signes respiratoires modérés ont également été décrits chez le Chien avec des aérosols de vaccin vivant CAV-2 [69].

d) Vaccins anti-rabique

La preuve de l'origine vaccinale de la rage peut être faite par l'utilisation d'anticorps monoclonaux. Parmi une dizaine de chiens et chats, Wheststone *et al.* (1984) [161] établissent l'origine vaccinale d'un cas de rage sur un Renard. Il n'est cependant pas précisé de quelle espèce il s'agit, ni les circonstances de la vaccination. Ce Renard avait été vacciné par un vaccin vivant modifié Flury-LEP (*cf.* III.A.5). Ce type de vaccin est recommandé chez le Chien, mais possède une pathogénicité résiduelle chez d'autres animaux. Il semblait en outre être responsable d'une plus grande proportion de cas de rage vaccino-induite chez les Chiens (estimée aux Etats-Unis en 1978 à 0,4 chiens par million vacciné, contre 0,01 pour les autres vaccins antirabiques atténués). Sa commercialisation était déjà arrêtée aux Etats-Unis d'Amérique lors de la publication de l'étude [161].

L'importance de la rage pour la santé publique impose aujourd'hui l'utilisation chez les espèces domestiques cibles de vaccins inactivés, seuls disponibles en France, sans risque et ayant fait la preuve de leur efficacité chez ces espèces.

Les cas de maladies vaccino-induites suspectées chez les neuf espèces de l'étude sont regroupés dans le tableau 16.

Tableau 16. Récapitulatif des maladies vaccinales suspectées décrites dans la littérature chez les 9 espèces de l'étude.

Espèce	Individus	Vaccin	Symptômes	Devenir des animaux	Réf.
Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Jeunes, 4 malades sur 4 vaccinés	***Parvovirus*** vivant atténué monovalent (DURAMUNE KF-11®, FORT DODGE)	Diarrhée hémorragique, anorexie, léthargie, vomissements	1 mort et 3 survivants (résolution complète en quelques jours)	17
	Jeunes de 8 semaines. 2 malades sur 3 vaccinés	**Virus de la maladie de Carré** vivant atténué, associé à d'autres valences (CHPPi)	Troubles neurologiques	Morts	150
	Jeune de 8 semaines, 3e du groupe	**Virus de l'hépatite de Rubarth** vivant atténué, associé (CHPPi)	Uvéite bilatérale	Résolution	150
Lycaon (*Lycaon pictus*)	4 jeunes de 9,5 semaines	**Virus de la maladie de Carré** vivant, associé (CHPL) (CANDUR® SHLP)	Troubles neurologiques Lésions cutanées Entérite	Morts	53
	6 jeunes de 8 semaines	**Virus de la maladie de Carré** vivant, associé (CHPPi) (QUANTUM 4®, PITMAN-MOORE)	Troubles neurologiques Lésions cutanées	Morts	155
	4 jeunes de 11 semaines	**Virus de la maladie de Carré** vivant, associé (CHPPiL) (QUANTUM 6®, PITMAN-MOORE)	Troubles neurologique Mort subite	Morts	155

	7 jeunes de 5 mois en mauvais état général	**Virus de la maladie de Carré** vivant, associé (CHPPiR)	Vomissements Troubles neurologiques Signes respiratoires	3 morts et 1 survivant (convalescence longue)	107
Espèce	**Individus**	**Vaccin**	**Symptômes**	**Devenir des animaux**	**Réf.**
	Jeune, âge inconnu	**Virus de la maladie de Carré** vivant	Conjonctivite, rhinite Parésie postérieure	Non spécifié	154
	Jeune de 3,5 mois	**Virus de la maladie de Carré** vivant associé (CHPPi) (VANGUARD PUPPY 5®, PFIZER)	Non spécifiés	Non spécifié	156
Otocyon (*Otocyon megalotis*) (incertain)	1 individu (âge inconnu)	**Virus de la maladie de Carré** vivant monovalent	Troubles neurologiques	Résolution	140
Chiens des buissons (*Speothos venaticus*)	1 jeune de 11 semaines	**Virus de la maladie de Carré** vivant, associé (CHPi + rougeole) (DA2MP VANGUARD®, SMITH & KLINE, souche Snyder-Hill)	Anorexie Ecoulement oculaire muco-purulent Troubles neurologiques	Mort	109
Fennec (*Vulpes zerda*)	Plusieurs animaux	**Virus de la maladie de Carré** vivant, inconnu	Non spécifiés	Non spécifié	118
Renard Espèce indéterminée (*Vulpes sp.*)	Non spécifié	**Virus de la maladie de Carré** monovalent vivant modifié sur cellules de furet (Vaccin de Green 1939)	Signes de maladie de Carré vaccino-induite	Non spécifié	28

2. Autres défauts d'innocuité

a) Réactions locales

L'administration d'un vaccin entraîne une réaction à la fois systémique et locale chez l'animal vacciné, indispensable pour l'induction d'une réponse immunitaire protectrice [132]. Cette réaction doit cependant rester discrète voire invisible.

Des réactions locales transitoires au site d'injection (nodule, prurit) sont couramment décrites chez le Chien domestique [48, 167]. Il est très probable que des réactions similaires puissent se produire chez les Canidés sauvages. Nous n'en avons pas trouvé mention dans la littérature, probablement car ces signes discrets et éphémères sont difficiles à repérer lorsque l'animal vit en enclos et n'est pas manipulé.

Une boiterie modérée intermittente a été décrite chez des **Lycaons** après injection intramusculaire dans la cuisse d'un vaccin tué contre la maladie de Carré adjuvé par une huile minérale [38]. L'adjuvant augmente la viscosité du vaccin et limite sa diffusion dans les tissus, afin de stimuler de façon plus importante la réponse immunitaire, mais il provoque en même temps une réaction tissulaire douloureuse au site d'injection. Cet effet secondaire peut représenter un frein à l'usage de ce vaccin, principalement en milieu naturel où un animal boiteux est toujours plus vulnérable.

Cependant, aucune réaction locale n'a été rapportée suite à l'utilisation d'autres vaccins adjuvés, notamment contre la rage [66, 156].

b) Hypersensibilité

Des réactions d'hypersensibilité de type I sont décrites chez les Carnivores domestiques, et particulièrement chez le Furet (*Mustela putorius furo*) [124]. Elles semblent également fréquentes chez les chiots de moins de douze semaines lors de vaccination contre la leptospirose [123]. Ces réactions parfois graves (urticaire, vomissement, détresse respiratoire, jusqu'au choc anaphylactique (collapsus cardio-vasculaire)) apparaissent dans les heures suivant la vaccination. Elles peuvent être observées dès la première injection de primovaccination, suggérant le rôle de l'immunité d'origine maternelle [48]. Un cas a été décrit sur un Jaguar (*Panthera onca*) [124]. Nous n'avons pas trouvé mention de telles réactions chez les Canidés sauvages.

c) Immunodépression

L'immunodépression consécutive à l'utilisation de vaccins vivants est connue depuis longtemps mais mal étayée par des études contradictoires [48, 124, 132]. Chez les animaux sauvages, l'immunodépression peut être potentialisée par le stress de la capture et/ou de l'anesthésie lors de la vaccination. Elle peut être responsable de l'apparition de maladies sevères lors de portage latent d'agents pathogènes opportunistes [48, 164]. Des pneumonies bactériennes ont été décrites chez un Panda roux et des Furets vaccinés avec

un vaccin vivant atténué contre la maladie de Carré [117]. Cette immunodépression pourrait également favoriser la maladie vaccinale lors d'utilisation de vaccin plurivalent [71]. Ainsi, il est parfois recommandé d'alterner des vaccinations monovalentes plutôt que d'utiliser un vaccin multivalent. Lors d'une étude portant sur des louveteaux de Loups rouges vaccinés contre la maladie de Carré et la parvovirose avec des vaccins vivants atténués monovalents, il n'a pas été noté de différence de réponse en anticorps entre des injections de ces deux valences simultanées ou alternées à une semaine d'intervalle. L'auteur a suspecté que les effets immunomodulateurs étaient similaires pour les deux techniques [76].

d) Excrétion de la souche vaccinale

Halbrooks (1981) [74] rapporte le cas d'un Renard gris vacciné avec un vaccin vivant contre la maladie de Carré qui, vingt-quatre heures avant de montrer des signes cliniques de maladie vaccino-induite, s'est échappé de son enclos et a contaminé cinq renards non vaccinés qui sont morts de maladie de Carré. Même sans maladie vaccino-induite, il est important de se demander si les animaux vaccinés avec des vaccins vivants n'excrètent pas de manière importante la souche vaccinale, présentant un danger pour les animaux, de la même espèce ou d'une espèce différente mais sensibles, logés à proximité ou entretenus par les mêmes soigneurs [117, 118]. Des écouvillonnages de secrétions nasales sur quatre Chiens des buissons vaccinés avec un vaccin vivant atténués contre la maladie de Carré (souche Onderstepoort) pendant quinze jours après vaccination n'ont pas mis en évidence d'excrétion de la souche vaccinale [117]. Cependant, cette étude très restreinte ne permet aucune extrapolation sur la sécurité d'autres types de vaccins chez d'autres espèces.

3. Bonne innocuité des vaccins

Si l'utilisation de vaccins sans enregistrement d'effets secondaires fait rarement l'objet de publications spécifiques, les études sérologiques constituent un témoignage indirect de l'innocuité des vaccins chez les espèces testées (*cf* C. 2.). Un récapitulatif des vaccins employés chez les Canidés sauvages sans effets secondaires est présenté dans le tableau 17.

Tableau 17 : Vaccins utilisés sans effet secondaire chez les Canidés sauvages

Espèce	Nombre et type d'animaux	Nom déposé du vaccin	Valence(s)	Protocole et voie d'administration	Réf.
Loup gris *(Canis lupus)*	19	IMRAB® de RHONE-MERIEUX	Rage inactivé	IM	56
		TISSUVAX® de PITMAN-MOORE	Maladie de Carré, hépatite de Rubarth, vivant attenué	2 injections à 1 mois d'intervalle Rappels annuels SC ou IM	141, 142
Loup rouge *(Canis rufus)*	20	DURAMUNE KF-11®, FORT DODGE	parvovirose CPV-2, vivant atténué	1mL, SC	76
		FROMMD® CANINE DISTEMPER VACCINE, SOLVAY ANIMAL HEALTH	maladie de Carré, vivant atténué	1mL, SC	76
Coyote *(Canis latrans)*		TISSUVAX® de PITMAN-MOORE	Maladie de Carré, hépatite de Rubarth, vivant attenué	2 injections à 1 mois d'intervalle Rappels annuels SC ou IM	141, 142
Chacal à chabraque *(Canis mesomelas)*		TISSUVAX® de PITMAN-MOORE	Maladie de Carré, hépatite de Rubarth, vivant attenué	2 injections à 1 mois d'intervalle Rappels annuels SC ou IM	141, 142
Lycaons *(Lycaon pictus)*	Plusieurs centaines	VANGUARD® DA2P, VANGUARD® CPV VANGUARD 5®, SMITHKLINE/PFIZER	Parvovirose, maladie de Carré, hépatite de Rubarth, vivant atténué + Leptospirose, Para-influenza, inactivé	Vaccination annuelle	144, 145, 156
			! *un cas de maladie vaccino-induite chez un jeune de 3,5 mois avec le VANGUARD 5®*		156
	16 jeunes	ENDURACEL D-H® SMITHKLINE	Maladie de Carré, vivant atténué	3 protocoles : -primovaccination en trois injections à un mois d'intervalle, en commençant à neuf semaines d'âge - primovaccination en une injection à six mois d'âge -primovaccination à trois mois d'âge	154
	3	IMRAB® de RHONE-MERIEUX	Rage inactivé	IM	56
	38	MADIVAK® de HOECHST	Rage inactivé	IM	54, 66
	44	RABISIN® de RHÔNE-POULENC	Rage inactivé	IM	54, 79
	40	DOHYVAR® de SOLVAY-DUPHAR	Rage inactivé	IM	54
	5	RABDOMUN® de SCHERING-PLOUGHT	Rage inactivé	IM	54
	4	DEFENSOR® de PFIZER	Rage inactivé	IM	156

Espèce	Nombre et type d'animaux	Nom déposé du vaccin	Valence(s)	Protocole et voie d'administration	Réf.
Loup à crinière *(Chrysocyon brachyurus)*	47 adultes et jeunes dès 6 semaines d'âge	MERIAL EURICAN®	parvovirose, maladie de Carré (souche Onderstepoort), hépatite de Rubarth, vivants atténués + leptospirose, rage		102
		FORT DODGE DURAMUNE®			
	2 d'un an et 3 de quatre mois et demi	FROMMD® de FROMM LABORATORIES	Maladie de Carré, vivant atténué Souche Onderstepoort		117
		TISSUVAX® de PITMAN-MOORE	Maladie de Carré, hépatite de Rubarth, vivant attenué	2 injections à 1 mois d'intervalle Rappels annuels SC ou IM	141, 142
Otocyon *(Otocyon megalotis)*		TISSUVAX® de PITMAN-MOORE	Maladie de Carré, hépatite de Rubarth, vivant attenué	2 injections à 1 mois d'intervalle Rappels annuels SC ou IM	141, 142
Chien viverrin *(Nycteures procyonoides)*	20	UNITED VACCINES DISTEMINK® (AMM VISON)	Maladie de Carré, Vivant atténué sur cellules aviaires		129
		SCHERING DISTEM-R-TC® (AMM VISON)	Maladie de Carré, vivant atténué sur cellules aviaires		129
		TISSUVAX® de PITMAN-MOORE	Maladie de Carré, hépatite de Rubarth, vivant attenué	2 injections à 1 mois d'intervalle Rappels annuels SC ou IM	141, 142
Chien des buisson *(Speothos venaticus)*	12	FROMMD® de FROMM LABORATORIES	Maladie de Carré, vivant atténué Souche Onderstepoort		117
			Aucun effet secondaire sur la gestation de femelles vaccinées entre 40 et 50 jours de gestation (gestation de 67 jours)		
		TISSUVAX® de PITMAN-MOORE	Maladie de Carré, hépatite de Rubarth, vivant attenué	2 injections à 1 mois d'intervalle Rappels annuels SC ou IM	141, 142
Renard gris insulaire *(Urocyon littoralis)*		TISSUVAX® de PITMAN-MOORE	Maladie de Carré, hépatite de Rubarth, vivant attenué	2 injections à 1 mois d'intervalle Rappels annuels SC ou IM	141, 142

Espèce	Nombre et type d'animaux	Nom déposé du vaccin	Valence(s)	Protocole et voie d'administration	Réf.
Fennec *(Vulpes zerda)*	3	FROMMD® de FROMM LABORATORIES	Maladie de Carré, vivant atténué Souche Onderstepoort	2 administrations à un mois d'intervalle	117
	5	FORT DODGE DURAMUNE®	Maladie de Carré, vivant atténué		40
	5 adultes	MERIAL PUREVAX FERRET DISTEMPER VACCINE® (AMM FURET)	Maladie de Carré, vectorisé	2 administrations à 3 semaines d'intervalle, IM	40
Renard roux *(Vulpes vulpes)*	15 (maladie vaccino-induite chez les renards gris (*U. cinereoargenteus*) vaccinés selon le même protocole	non specifié	Maladie de Carré, vivant atténué		74
	40	UNITED VACCINES DISTEMINK® (AMM VISON)	Maladie de Carré, vivant atténué sur cellules aviaires		129
		SCHERING DISTEM-R-TC® (AMM VISON)	Maladie de Carré, vivant atténué sur cellules aviaires		129
		TISSUVAX® de PITMAN-MOORE	Maladie de Carré, hépatite de Rubarth, vivant attenué	2 injections à 1 mois d'intervalle Rappels annuels SC ou IM	141, 142
Renard polaire *(Vulpes lagopus)*	20	UNITED VACCINES DISTEMINK® (AMM VISON)	Maladie de Carré, vivant atténué sur cellules aviaires		129
		SCHERING DISTEM-R-TC® (AMM VISON)	Maladie de Carré, vivant atténué sur cellules aviaires		129

CONCLUSION

Les rapports de maladies vaccino-induites sont très rarement complets, et très peu apportent la preuve formelle de l'origine vaccinale de la maladie observée. Le diagnostic de maladie vaccino-induite est établi sur la base d'une séquence chronologique évocatrice, la vaccination précédant la survenue de la maladie de sept à vingt jours et d'une concordance satisfaisante entre valence vaccinale atténuée et tableau clinique. Dans de nombreux cas, on ne peut cependant exclure totalement une maladie spontanée suite à un échec vaccinal (échec vrai par non efficacité du vaccin ou infection préalable ou juste après la vaccination) [41, 132]. Cependant, des rapports répétés relatifs à certaines espèces ou certains vaccins suggèrent fortement l'existence de telles maladies vaccino-induites.

Il aurait été intéressant de pouvoir comparer précisément la composition des vaccins responsables des cas suspectés (souche utilisée, mode d'atténuation, titrage). Cependant, de nombreuses publications sont peu précises sur le vaccin utilisé. Certaines en mentionnent le nom commercial, mais beaucoup de ces vaccins n'existent plus ou ont été modifiés, ce qui rend leur composition d'alors difficile à retrouver.

Les défauts d'innocuité des vaccins atténués chez les espèces exotiques pose le problème du rapport bénéfice-risque de la vaccination : la probabilité de déclenchement d'effets secondaires, et notamment de maladie vaccino-induite, est-elle inférieure à la probabilité d'apparition de la maladie spontanée dans le parc ? Cette question est d'autant plus importante chez des espèces rares, pour lesquelles la perte d'une portée est toujours un frein et une difficulté pour les plans d'élevage. Chez les espèces identifiées comme sensibles, on doit évaluer l'intérêt de prendre chaque année le risque de déclencher la maladie contre laquelle on veut protéger les animaux. En l'absence de vaccin atténué reconnu comme parfaitement sûr chez une espèce, on doit privilégier l'emploi d'un vaccin tué [74]. Si aucun n'est disponible ou n'a fait preuve de son efficacité, ou si le parc n'a jamais été confronté à la maladie ciblée, une prophylaxie uniquement sanitaire (hygiène générale, séparation stricte avec les Canidés domestiques ou sauvages libres) doit être envisagée.

Lors d'utilisation de vaccin vivant atténué, il convient d'être très vigilant et de ne vacciner que des individus en bonne santé, toute maladie ou stress concomitant pouvant entraîner une immunodépression favorisant le développement de maladie vaccinale [107, 155, 156]. L'influence d'une vaccination plurivalente est également discutée, notamment l'association de vaccins vivants contre la parvovirose et la maladie de Carré [53]. Il est alors recommandé d'alterner les deux vaccins à quinze jours d'intervalle, ou d'utiliser un vaccin inactivé contre la parvovirose. Le vaccin utilisé (souche, technique d'atténuation de la virulence) doit être choisi avec soin en tenant compte du fait que certaines espèces sont plus sensibles à certains types de vaccins. Il est alors recommandé de n'utiliser que des vaccins ayant fait la preuve de leur innocuité dans cette espèce. Enfin, il convient de se rappeler qu'"*un vaccin vivant est une entité dynamique, et que la réaction qu'il induit peut varier énormément non seulement entre différentes espèces mais également entre différents individus d'une même espèce*" [74].

D. La place de la vaccination orale

1. Principe de la vaccination orale

La vaccination orale a été mise en place pour lutter contre la propagation d'une maladie chez les espèces sauvages réservoirs dans le milieu naturel. En réduisant la sensibilité des animaux, on limite l'incidence de la maladie et sa dissémination. Elle a été principalement utilisée pour lutter contre la rage, la dangerosité de cette maladie pour l'Homme justifiant la mise au point de méthodes de luttes offensives à large échelle. La vaccination s'est avérée bien plus efficace que les mesures de destruction sélective des espèces réservoirs auparavant utilisées, et a notamment permis l'éradication de la rage vulpine en France.

La vaccination orale consiste à enfermer une dose de vaccin dans un contenant en plastique hermétique. Celui-ci est alors caché dans un appât alimentaire, qui doit être le plus attractif possible pour l'espèce visée : tête de poulet (pour les Renards roux et les Lycaons [91]), saucisse, boulettes à la viande ou au poisson (pour les Ratons-laveurs [134]), voire saveur chamallow pour les Renards gris (*Urocyon cinereoargenteus*) [146]). L'appât doit être suffisament volumineux et conçu de telle façon qu'il soit croqué ou mâché, provoquant ainsi la rupture du contenant plastique dans la gueule de l'animal. En effet, le vaccin doit être absorbé par la muqueuse oro-pharyngée car il n'est pas efficace s'il passe directement dans l'estomac [27, 58, 91, 134, 146].

Le vaccin utilisé doit être efficace à la plus petite dose possible et sans danger en cas de surdosage. En effet un animal peut ne trouver aucun appât, ingérer une portion d'appât ou plusieurs appâts. Il doit pouvoir être consommé sans danger par les jeunes et par de nombreuses espèces non cibles, notamment de plus petite taille [134].

L'administration correcte du vaccin peut être contrôlée si on y a ajouté un marqueur biologique repérable à plus ou mois long terme, comme par exemple la tétracycline, la sulfadiméthoxine ou la rhodamine [92, 134]. La tétracycline peut être mise en évidence à long terme dans les tissus osseux (affinité de cette famille d'antibiotiques pour le calcium), la sulfadiméthoxine peut être détectée dans le sang et la rhodamine colore la muqueuse oro-pharyngée. La capture, l'abattage ou le ramassage des cadavres des espèces cibles permet de déterminer si l'animal a été en contact ou non avec le vaccin (efficacité de la mise à disposition des appâts) et s'il est enragé ou non (efficacité du vaccin à prévenir l'infection… ou maladie post-vaccinale). La simple diminution du nombre de cas de rage (chez les espèces sauvages ou domestiques) ou le ralentissement voire l'arrêt de la progression géographique de l'infection permettent d'évaluer indirectement l'efficacité d'un tel programme de vaccination [27, 134].

On peut calculer la fraction p d'animaux devant être vaccinés pour prévenir la dissémination de la rage, selon la formule : $p \geq (1-K_T)/K$; K_T étant la densité d'animaux de l'espèce vectrice nécessaire au maintien de l'enzootie et K la densité réelle en absence de

rage. En Europe, la moyenne de K est d'environ un Renard roux par kilomètre carré (0,1 à 4 en fonction de l'environnement), et K_T est évalué à 0,4 Renard par kilomètre carré. En choisissant K = 2 pour surestimer légèrement la population moyenne, il faut que 80 % des animaux soient vaccinés. Ce résultat a pu être obtenu dans une région de Belgique en 1991, en distribuant des appâts sur une zone de 2200 km² à raison de quinze appâts par kilomètre carré. Son efficacité a été objectivée par la disparition des cas de rage chez le bétail domestique après trois campagnes de vaccination sur un an [27].

2. Vaccins existants

a) Vaccin vivant atténué SAD

Les premiers vaccins oraux fabriqués étaient des vaccins atténués. Certains de ces vaccins ont été utilisés en Europe, mais ils ont démontré une pathogénicité résiduelle pour les Rongeurs qui pouvaient grignoter les appâts [27]. Ils n'ont pas été utilisés en Amérique du Nord car ils se sont révélés pathogènes pour la Mouffette et inefficaces chez le Raton-laveur [27]. En outre, il n'était pas impossible que des réversions de virulence se produisent chez les espèces cibles, principalement chez des animaux immunodéprimés dans la nature (dénutris, fortement parasités ou présentant une pathologie intercurrente) [134].

Le vaccin vivant atténué de la souche SAD-Berne ("Street Alabama Dufferin", souche Berne) a montré une bonne efficacité après administration orale chez des Chacals (Chacal à chabraque et Chacal à flancs rayés (*Canis adustus*)), à des doses de $10^{6,3}$ à $10^{7,5}$ $DICT_{50}$ [23]). Des titres en anticorps neutralisants significatifs ont été mesurés et les quinze animaux ont tous survécu à l'épreuve virulente, un mois ou douze mois après vaccination.

Une étude similaire a été menée chez quatorze Renards polaires, par administration de 1,4 mL de vaccin dans une saucisse [58]. Deux semaines après vaccination, tous les animaux présentaient un taux d'anticorps supérieur ou égal à 1/50. Ce taux a très rapidement diminué mais une vaccination de rappel un an plus tard a permis d'obtenir des titres très élevés chez tous les animaux (1/280). Tous ont survécu à l'épreuve virulente menée neuf semaines après la vaccination de rappel. En outre, des prélèvements de salive une heure, trois heures, six heures, vingt-quatre heures et sept jours après ingestion du vaccin n'ont pas permis d'isoler la souche vaccinale, indiquant l'absence de risque de contamination d'un autre animal par morsure suite à l'ingestion du vaccin. L'auteur conclut à une très bonne efficacité de ce vaccin chez le Renard polaire.

Le vaccin SAD a été utilisé pour la vaccination orale des Renards roux en Suisse et en Allemagne au début des années 1980. Il a permis une vaccination de 50 à 75 % des populations de Renards visées, conférant une protection de plus d'un an. Aucune morbidité ou mortalité anormale n'avait été alors décelée chez les espèces non cibles [151].

Cependant, ce vaccin s'est avéré dangereux pour d'autres espèces et notamment les Primates, provoquant une rage vaccinale chez le Babouin (*Papio ursinus*). Son développement a donc été suspendu [23].

b) Vaccin vivant atténué SAG

Le vaccin SAG (« SAD-Avirulent-Gif ») est un vaccin vivant modifié, mutant avirulent de la souche SAD-Berne.

SAG-1 a montré une bonne efficacité par voie orale chez le Renard roux [24].

SAG-2 a ensuite été produit par le laboratoire VIRBAC [23, 92]. Il s'est avéré être sans danger pour le Babouin et la Civette africaine (*Civettictis civetta*), n'induisant ni maladie ni excrétion virale salivaire chez ces espèces. Il a été utilisé avec succès dans des campagnes de vaccination en France [151]. Son efficacité a été étudiée chez le Chien domestique, le Renard roux, le Lycaon et les Chacals [92].

Des séroconversions ont été observés chez deux espèces de Chacals (Chacal à flancs rayés et Chacal à chabraque), suite à l'administration directe du vaccin (1 mL à $10^{6,5}$ $DICT_{50}$/mL ou $10^{7,5}$ $DICT_{50}$/mL) dans la bouche ou au moyen d'un appât (1,8 mL à 10^{7} $DICT_{50}$/mL ou 10^{8} $DICT_{50}$/mL dans une tête de poulet). Un mois après vaccination, les titres en anticorps des animaux vaccinés directement dans la bouche (cinq Chacals à chabraque et cinq Chacals à flancs rayés) étaient supérieurs ou égaux à 0,5 UI/mL, exceptés chez deux animaux qui n'ont pas séroconverti. L'un d'eux a survécu à l'épreuve virulente six mois après vaccination, l'autre, qui présentait par ailleurs des problèmes de santé, est mort. Chez les autres animaux, les titres se sont maintenus pendant les six mois. Parmi les dix animaux vaccinés par ingestion d'appât, seuls six ont présentés des titres supérieurs ou égaux à 0,5 UI/mL un mois après vaccination. Deux des animaux vaccinés avec la plus petite dose n'ont pas séroconverti et sont morts lors de l'épreuve virulente un mois plus tard. Tous les autres ont survécu, y compris un individu dont le taux d'anticorps neutralisant était à 0,13 UI/mL au moment de l'épreuve virulente. L'auteur évoque le problème de la dose effectivement consommée par les animaux, une dose insuffisante se soldant par un échec vaccinal. Ce type de vaccin semble cependant efficace pour protéger les Chacals [24].

Cette étude a également évalué la présence de virus vaccinal dans la salive au cours des sept jours suivant l'ingestion du vaccin. Un prélevement était positif trois jours après administration, pouvant résulter d'une multiplication locale dans la muqueuse buccale du virus vaccinal. Une excrétion limitée du virus suite à la vaccination ne peut donc pas être exclue [24]).

Chez quatre Lycaons, l'administration par instillation buccale d'un mL de ce vaccin titré à 10^{8} $DICT_{50}$/mL, a permis une bonne réponse sérologique un mois après (3,5 à 13,8 UI/mL, le titre jugé protecteur étant de 0,5 UI/mL). Les anticorps ont diminué après trois

mois, retombant sous le seuil des 0,5 UI/mL, puis se sont maintenus plus d'un an après la vaccination de rappel [156]. L'auteur juge ce vaccin efficace pour les Lycaons, sous réserve de réaliser un rappel après trois mois. Une autre étude a mesuré les anticorps neutralisants après administration du vaccin (1,8 mL) dans une tête de poulet, appât de choix pour les Lycaons [92]. Sur tous les animaux ayant effectivement consommé l'appât, un titre protecteur n'a été obtenu après un mois que chez 62 % des adultes (5/8), et chez les trois jeunes de 2,5 mois. Il semble donc que l'incorporation du vaccin dans les appâts confère des titres inférieurs à ceux obtenus par l'administration directe, mais ces études portent sur un nombre trop restreint d'animaux pour conclure. En outre, comme nous l'avons vu précédemment, il n'a pas été établi de relation fiable entre le taux d'anticorps neutralisants et la protection lors d'épreuve virulente : sur douze Chiens domestiques vaccinés oralement avec ce vaccin, aucun n'a développé d'anticorps neutralisants et pourtant 10/12 ont survécu à l'épreuve virulente [92].

Ce vaccin semble posséder une immunogénicité acceptable chez le Lycaon, même si aucune épreuve virulente ne peut être réalisée chez cette espèce très menacée. Un rappel dans les trois mois suivant la première ingestion de l'appât semble nécessaire pour obtenir des titres élevés durablement, mais sans qu'aucune relation ne puisse être faite avec la protection conférée. Enfin, ce vaccin s'avère efficace chez les jeunes dès l'âge de 2,5 mois [92, 156].

c) Vaccin recombinant

Le premier vaccin oral obtenu par génie génétique est un vaccin recombinant : RABORAL V-RG® ("Vaccinia-Rabies Glycoprotein") de MERIAL [101, 134]. Le gène de la glycoprotéine de la souche rabique ERA est inséré dans le génome d'un virus vivant modifié de la vaccine (*Orthopoxvirus*, souche Copenhagen). Ce vaccin a l'avantage de supprimer tout risque de rage vaccino-induite. Il possède une bonne efficacité (induction rapide d'anticorps neutralisants et protection lors d'épreuve infectieuse) à la fois par voie parentérale et par voie orale chez de nombreuses espèces réservoirs : Chien, Renard, Coyote, Raton-laveur et Mouffette.

Une étude comparative de la réponse immunitaire vis-à-vis du vaccin SAG-2 et du vaccin V-RG a été effectuée chez trente-deux Renards roux. La réponse humorale obtenue avec le vaccin recombinant V-RG est plus précoce (anticorps présents dès une semaine après vaccination contre deux semaines avec le vaccin SAG-2) et plus importante (taux significativement plus élevés trois semaines après vaccination). Cette différence s'estompe ensuite pour devenir non significative six mois après vaccination. Les deux vaccins induisent une réponse immunitaire à médiation cellulaire similaire. Tous les animaux survivent à l'épreuve virulente, quel que soit le vaccin. Le vaccin recombinant montre donc une aussi bonne efficacité que le vaccin vivant. En outre, un rappel ne semble pas nécessaire avec ce vaccin, puisque les taux d'anticorps et d'interleukines à quatre mois ne sont pas significativement différents chez les animaux ayant reçu une administration unique ou deux administrations à un mois d'intervalle [94].

Une autre étude a étudié le développement de l'immunité chez des jeunes Renards roux vaccinés avec le vaccin V-RG à trente jours ou quatre-vingt-dix jours d'âge et issus de mère vaccinées ou non avec ce même vaccin à trente jours de gestation [26]. Les jeunes vaccinés à trente jours d'âge ont développé une réponse sérologique similaire à celle des jeunes vaccinés à trois mois, démontrant la bonne immunogénicité du vaccin même sur les animaux très jeunes. Les renardeaux n'étant pas sevrés *en deça* de trente jours, il est fort improbable qu'ils aient accès au vaccin oral, celui-ci est donc efficace sur les renardeaux dès l'âge où ils sont en mesure de manger des aliments solides (donc des appâts vaccinaux). La transmission passive d'anticorps par les mères vaccinées a été mise en évidence, mais sans corrélation entre le taux maternel et le taux des jeunes, et ces anticorps ont rapidement diminué (disparition entre 45 et 75 jours d'âge maximum). Leur pouvoir protecteur n'a pas été évalué. Aucune interférence n'a été décelée sur le développement d'une immunité active chez les jeunes après vaccination : la mesure des taux d'anticorps quinze jours après vaccination n'a pas montré de différence significative entre les renardeaux nés de mère vaccinées ou non, et entre les renardeaux vaccinés à trente ou quatre-vingt-dix jours. Tous les renardeaux vaccinés ont survécu à l'épreuve virulente réalisée à cinq mois d'âge. Il semble donc que l'immunité maternelle est transmissible aux jeunes, mais qu'elle n'empêche pas le développement d'une immunité active lors de vaccination orale, même dès trente jours d'âge. La distribution d'appâts vaccinaux à l'entrée des terriers au printemps semble donc efficace : avant trente jours, même si les jeunes ne sont pas protégés par les anticorps colostraux, ils ne sortent pas du terrier et sont donc peu exposés ; à partir de trente jours ils sortent du terrier et peuvent être vaccinés de manière efficace, même si leur mère était vaccinée.

L'innocuité du vaccin recombinant a été démontrée par différentes voies chez plus de soixante espèces non-cibles, incluant des Rongeurs, Carnivores, Ruminants, Primates et même oiseaux, normalement non sensibles (Rapaces, Corvidés) [101]. Aucun effet indésirable n'a été observé dans la nature après plusieurs années d'utilisation [27, 101, 134]. Chez l'Homme, un cas a été décrit de contamination par la vaccine (le virus vecteur) chez une femme immunodéprimée suite à la manipulation du vaccin [31].

Ce vaccin a été utilisé depuis 1987 en Europe (Luxembourg, Belgique, France) pour la vaccination orale des Renards roux, espèce reservoir de la rage dans cette région [27, 101, 134]. La dose utilisée (2,5 mL) offre un titrage supérieur à 10^8 $DICT_{50}$ dans chaque appât. L'immunité induite est d'environ douze mois pour les renardeaux et dix-huit mois pour les Renards adultes, ce qui assure une protection adaptée à la durée de vie moyenne des Renards (un an et demi à deux ans et demi) [27]. Dès 1990, il a été utilisé aux Etats-Unis d'Amérique pour le Raton-laveur [101, 134] et possède actuellement une AMM pour son emploi sur le Raton-laveur et le Coyote dans ce pays. D'excellents résultats ont été obtenus à la fois pour limiter l'extension d'épizooties et pour diminuer l'incidence de la maladie dans les zones d'enzootie rabique [101]. Il est recommandé par la Commission Européenne depuis 2002 et par l'Organisation Mondiale de la Santé Animale depuis 2005 pour la vaccination orale des Renards.

3. Utilisation de la vaccination orale en parc zoologique

Les vaccins oraux ont été développés spécifiquement pour l'usage en milieu naturel. Ils sont destinés à vacciner des populations définies d'espèce(s) cible(s) dans un territoire donné et sur une période limitée, même si des campagnes de vaccination peuvent se répéter chaque année.

Knobel, du Toit et Bingham (2002) [91] évoquent la possibilité d'utiliser ces vaccins sur les populations captives. En effet, ce type de vaccination ne nécessite pas de manipulation des animaux ou de télé-injection, réduisant considérablement le stress et les risques de blessure [91]. En captivité, il est aisé d'habituer les animaux à manger les appâts, d'abord sans vaccin à l'intérieur. Ainsi, on évite les non-administrations par néophobie, notamment chez le Chacal, très méfiant, comme cela peut se produire en nature [23].

L'administration reste délicate chez les espèces vivant en meute (Lycaon, Loup, Dhole). Les individus dominants ont tendance à ingérer une plus grande quantité d'appât, notamment chez le Lycaon [91]. Afin d'éviter le gaspillage en captivité et les risques de non-vaccination des individus dominés, la distribution des appâts doit se faire individuellement [91]. La personne qui administre le vaccin doit donc connaître parfaitement sa meute : elle doit d'une part reconnaître chaque animal pour pouvoir distribuer un appât à chacun et d'autre part connaître la hiérarchie et le comportement des dominants pour les nourrir en priorité, quitte à leur distribuer également plusieurs appâts sans vaccin, avant de distribuer le vaccin aux individus subordonnés. Les animations de nourrissage des animaux en public, notamment des Loups, sont populaires en parc zoologique et suivent les mêmes concepts : le soigneur connaît la meute et sa hiérarchie et lance aux animaux la nourriture dans un ordre bien précis afin que chaque individu ait sa part. Une telle vaccination nécessiterait donc un travail de fond du soigneur, potentiellement déjà en place, et de toutes façons exploitable dans le cadre d'autres procédures médicales (administration d'un médicament dans la nourriture à un individu précis sans avoir à l'isoler de la meute par exemple). En contrepartie, le travail de vaccination en lui-même serait énormément allégé, puisqu'il ne nécessiterait plus de tir, de capture ou d'anesthésie générale.

Contrairement à de nombreux vaccins injectables canins, des études sérologiques voire des épreuves virulentes et des tests de terrain ont déjà été réalisés chez certaines espèces de Canidés sauvages. Ces vaccins possèdent d'ailleurs des AMM spécifiques pour différentes espèces non domestiques (Renard roux, Chacals, Coyote…). Leur efficacité est donc connue chez ces espèces, ce qui leur confère un avantage sur les vaccins injectables canins, ne possédant qu'une AMM pour le Chien domestique. Nous considérons toutefois que seuls les vaccins recombinants doivent être utilisés, la manipulation d'un virus rabique vivant, même atténué, ne pouvant être envisagé dans un parc accueillant du public. Il est en outre impossible d'exclure une éventuelle excrétion du virus vaccinal dans la salive durant les heures ou jours suivant la vaccination.

Cependant, d'autres considérations limitent l'intérêt de la vaccination orale en parc zoologique.

La limitation des manipulations n'est valable que si les animaux ne sont vaccinés que contre la rage, ou si les autres valences vaccinales peuvent également être distribuées oralement, sinon une manipulation ou une télé-injection restent nécessaires pour le reste du panel vaccinal. Or, seuls des vaccins anti-rabiques sont actuellement conçus pour une administration sous forme orale.

Un vaccin injectable vectorisé contre la maladie de Carré (PUREVAX FERRET®, MERIAL) a été utilisé par voie orale chez des Renards gris insulaires (*Urocyon littoralis*) [159]. Ce mode d'administration a permis d'obtenir des taux en anticorps considérés comme protecteurs. Il doit donc être possible d'utiliser d'autres vaccins par voie orale, mais sans étude sérologique associée, il est impossible de connaître le pouvoir immunogène et *a fortiori* protecteur de ces vaccins.

L'approvisionnement demeure problématique, car ces vaccins ne sont pas destinés à être distribués à des vétérinaires praticiens. Dans les pays ayant abandonné cette méthode de prophylaxie avec l'éradication de la rage de leur territoire, comme la France, aucun vaccin oral n'est facilement disponible. Les vaccins doivent donc être importés, impliquant l'obtention préalable d'une autorisation, ou un laboratoire doit accepter de reprendre la fabrication à petite échelle, ce qui ne nous semble pas envisageable.

Enfin, le problème majeur de ce type de vaccin est légal. En effet, l'arrêté ministériel du 19 juillet 2002 (cité précedemment) précise bien que les Carnivores d'espèce non domestique doivent être vaccinés "par injection d'un vaccin inactivé d'au moins une unité antigénique internationale". La vaccination antirabique par voie orale n'est donc actuellement pas reconnue par la législation française. Or la plupart des animaux captifs en France sont vaccinés en vue de leur transport, puisqu'il n'y a plus de rage enzootique dans notre pays et donc de raison de protéger des animaux qui restent à demeure.

La vaccination orale nous semble être une technique séduisante pour l'immunisation des animaux captifs difficilement manipulables. Sa principale limite résulte de ses indications actuelles très ciblées. La mise au point de vaccins oraux contre un plus grand nombre de maladie et la reconnaissance de cette vaccination par les autorités sanitaires procurerait aux parcs zoologiques un arsenal vaccinal très intéressant.

E. Recommandations vaccinales pour les Canidés sauvages

La vaccination des espèces exotiques est problématique. Aucun protocole n'est validé pour les espèces sauvages, et ceux décrits dans la littérature sont souvent très différents d'une étude à l'autre. Aucun vaccin n'est encore spécifiquement formulé pour les Canidés sauvages à l'exception des vaccins oraux antirabiques. Les vaccins vivants atténués sont susceptibles de déclencher la maladie chez certaines espèces ou certains individus. Les vaccins tués, plus sûrs, ne permettent pas toujours d'obtenir de bonnes réponses sérologiques, et ont parfois montré leurs limites lors d'épizooties. Les nouveaux vaccins, recombinants ou sous-unitaires, semblent ouvrir des voies prometteuses. Beaucoup plus sûrs, ils doivent encore faire la preuve de leur efficacité.

Dans tous les cas, les recommandations sur l'immunisation d'une espèce exotique donnée doivent être basées sur les informations obtenues à partir d'essais cliniques et non sur des extrapolations réalisées à partir d'autres espèces. Même si le Chien reste le modèle de base, il faut garder à l'esprit qu'au sein d'une même famille (les Canidés), les sensibilités peuvent être très différentes d'une espèce à l'autre [118].

Nous allons énoncer les règles générales devant présider à la vaccination de toute espèce exotique, et notamment des Canidés. Nous rappellerons ensuite les protocoles recommandés chez le Chien, puis nous passerons en revue les recommandations vaccinales publiées pour les neuf espèces de l'étude.

1. Considérations générales

a) Choix des protocoles

Les protocoles vaccinaux utilisés chez les espèces non-domestiques sont souvent basés sur des données empiriques ou expériences personnelles, et parfois sur quelques études plus précises. De ce fait, il existe pléthore de pratiques ou de recommandations différentes [125, 138]. Par exemple, pour la maladie de Carré, les différents protocoles vaccinaux proposés débutent entre trois et huit semaines d'âge pour se terminer entre douze et seize semaines d'âge, et comprennent entre deux et cinq administrations du vaccin espacées de deux à quatre semaines [125]. L'absence de données précises conduit à la publication de protocoles estampillés "toutes espèces sensibles", qui ne peuvent pas être pertinents au vu des différences physiologiques existant entre espèces. Certains d'entre eux sont présentés ci-après (voir 3.).

Le protocole vaccinal doit être d'abord raisonné en fonction de chaque espèce et de la situation épidémiologique du parc zoologique au moment de la vaccination [125]. Alors que le protocole pour le Chien domestique est bien codifié et connu, il doit être adapté au cas par cas chez les Canidés sauvages, et non pas calqué sur le précédent. Le rapport bénéfices-risques doit être systématiquement évalué et réfléchi pour chaque campagne vaccinale. Il est parfois préférable de se contenter de mesures de prophylaxie sanitaire

stricte (quarantaine, isolement, hygiène etc.) plutôt que de risquer des accidents vaccinaux [124].

L'arsenal vaccinal de base évoqué par la plupart des auteurs pour les Canidés sauvages en captivité comprend la parvovirose et la maladie de Carré, parfois associé à l'hépatite de Rubarth. La vaccination antirabique doit être utilisée lors de risques de contamination (zone d'enzootie, transport etc.). La vaccination contre la leptospirose est optionnelle et dépend de l'épidémiologie locale.

Nous avons vu que certaines maladies n'ont pas été décrites en captivité chez différentes espèces de Canidés sauvages. Leur inclusion dans le protocole vaccinal des ces mêmes espèces est donc discutable.

La stratégie vaccinale doit être différente en effectif indemne ou infecté, dans un contexte d'enzootie, d'épizootie ou d'absence de la maladie chez les Canidés sauvages ou domestiques de la région [50, 167]. Les mesures de prophylaxie sanitaire peuvent parfois être suffisantes pour protéger les animaux en l'absence de maladie clinique dans le parc et chez les Chiens ou Chats domestiques. En revanche, lors d'épizootie, la vaccination devra être pensée comme une mesure de protection à l'échelle du parc, en prenant parfois en compte de nombreuses espèces lorsque plusieurs ordres ou familles sont sensibles (tous les Carnivores lors de maladie de Carré par exemple). Lors d'épizootie virale, il est recommandé de vacciner ou revacciner tous les individus des espèces sensibles du parc, et d'effectuer un rappel dix à quinze jours plus tard [125]. La stratégie vaccinale peut également cibler préférentiellement certaines espèces plus sensibles ou au contraire inclure des espèces réceptives, même peu sensibles, capables d'héberger, de multiplier et de disséminer le virus, afin de protéger les espèces sensibles.

Un protocole particulier peut être mis au point pour les groupes ou couples reproducteurs par rapport aux groupes de célibataires ou non reproducteurs. L'âge des animaux entre également en compte ainsi que la stabilité du groupe : la pression vaccinale sera moins importante chez un vieux couple non reproducteur isolé que dans un groupe jeune subissant de nombreux mouvements d'animaux (entrée d'individus extérieurs au parc, naissances…).

La vaccination des jeunes est une préoccupation majeure. La période critique est la période pendant laquelle la concentration sérique en anticorps maternels est suffisamment importante pour neutraliser le vaccin mais trop faible pour protéger contre la maladie. Or l'interférence avec les anticorps maternels est la première cause reconnue d'échec vaccinal [124, 132]. On ne sait pas précisément à quel âge débute la période critique et quelle est sa durée chez les Canidés sauvages. Ces paramètres dépendent très probablement de l'espèce, de l'agent pathogène, du taux d'anticorps initial, de la demi-vie des anticorps, de la vitesse de croissance etc. Le taux d'anticorps initial est proportionnel au taux d'anticorps de la mère (plus élevé si celle-ci a été revaccinée pendant la gestation ou juste avant, ou si les anticorps sont consécutifs à une infection plutôt qu'à une vaccination) ainsi qu'à la

quantité de colostrum ingérée. Par exemple, une vaccination contre la parvovirose est efficace chez des louveteaux dès six semaines d'âge si la mère n'a pas d'anticorps mais ne l'est pas avant seize ou dix-huit semaines d'âge si la mère a été infectée par le virus. De même, la primovaccination du chiot ne devrait pas débuter avant l'âge de douze à quatorze semaines si la mère est elle–même vaccinée [138].

L'absence d'études précises chez les Canidés sauvages nous oblige à calquer les dates de primovaccination sur celles du Chien domestique. Il faut cependant toujours garder à l'esprit la possible inadéquation du schéma vaccinal avec la physiologie de l'espèce [138]. Certaines études chez le Chien des buissons suggèrent par exemple que la période critique dans cette espèce serait particulièrement longue et tardive (entre trois et six mois d'âge) [80, 117]. Seul un suivi du titre en anticorps permet d'évaluer la survenue de la période critique et le moment idéal pour vacciner, comme cela est pratiqué en élevage intensif de volailles par exemple [132].

Des vaccins surtitrés ou moins atténués peuvent être utilisés chez le Chien domestique afin de raccourcir la période critique en saturant les anticorps maternels [132]. Cependant, leur usage chez les espèces sauvages se heurte au problème de l'innocuité de ces vaccins plus virulents. On procèdera plutôt à des vaccinations multiples et répétées, toutes les deux à trois semaines, afin de couvrir au mieux la période critique supposée de chaque espèce.

Pour favoriser le développement d'une bonne immunité, on restreint le nombre de valences chez les très jeunes animaux aux maladies auxquelles ils sont les plus exposés. Par exemple, à six semaines d'âge, on ne vaccine que contre la parvovirose et la maladie de Carré, qui sont des affections d'élevage [138]. Les autres valences peuvent être ajoutées à neuf et/ou douze semaines d'âge.

b) Choix des vaccins

(1) Vaccin vivant ou inactivé

Le peu de d'informations disponibles relatives à l'efficacité des vaccins chez les Canidés sauvages ne nous permet pas de choisir un vaccin sur ce seul critère. C'est donc d'abord l'innocuité du vaccin (accidents répertoriés) qui va déterminer son incorporation ou non dans l'arsenal prophylactique défini pour chaque espèce de Canidés. Il est indispensable de mesurer le rapport bénéfices-risques de la vaccination pour chaque cas [118].

L'existence de nombreuses descriptions de maladie vaccino-induite doivent nous inciter à la plus grande prudence lors d'utilisation de vaccins vivants atténués, particulièrement de vaccins contre la maladie de Carré. Seuls ceux ayant fait la preuve de leur innocuité dans l'espèce de destination devraient être utilisés. La plupart des auteurs recommandent l'utilisation systématique de vaccins inactivés chez les espèces connues pour être sensibles ou chez les espèces pour lesquelles aucune donnée n'est disponible [25, 36, 117, 118, 125, 138, 163, 164, 167]. Cependant, l'emploi de vaccins inactivés impose des

rappels plus fréquents, qui peuvent être difficiles à réaliser sur des espèces qui ne se laissent pas aisément manipuler.

Si la réponse sérologique obtenue avec les vaccins tués n'est pas toujours détectable, on ne peut exclure que l'animal soit protégé, notamment par l'intermédiaire de la réponse immunitaire à médiation cellulaire, qui peut s'avérer suffisante pour protéger au moins partiellement les animaux.

Les facteurs déterminant la sensibilité des animaux aux vaccins vivants atténués ne sont pas encore connus. L'âge entrerait en compte ; la vaccination des très jeunes animaux avec ce type de vaccins n'est d'ailleurs pas recommandée. Toutefois, Van Heerden (2002) précise pour les lycaons que *"l'âge exact auquel les jeunes peuvent être vaccinés n'est pas établi, mais il est possible que leur état de santé soit plus important que leur âge"* [156].

Certains auteurs utilisent un vaccin inactivé ou recombinant lors des primovaccinations. Les rappels sont ensuite réalisés avec un vaccin vivant atténué [25, 70, 156]. Le vaccin inactivé permettrait de susciter une première réponse immunitaire qui, bien que trop faible et de courte durée pour être réellement protectrice, limiterait les risques de maladie vaccino-induite lors de l'utilisation du vaccin vivant. Un titrage des anticorps peut être effectué avant d'utiliser le vaccin vivant, même si les vaccins inactivés peuvent ne pas engendrer de réponse en anticorps détectable [117, 118, 156].

Enfin, il faut garder à l'esprit la possibilité que la souche vaccinale soit excrétée après utilisation d'un vaccin vivant atténué [74, 117118, 138]. L'animal vacciné pourrait alors disséminer le virus vaccinal et infecter des espèces sensibles dans le même enclos ou à proximité.

(2) Choix des vaccins par valence

Dans le cas de la **maladie de Carré**, si aucun vaccin tué n'est disponible, on utilise de préférence des vaccins vivants atténués sur cellules aviaires (souche Onderstepoort) plutôt que sur cellules de Chien ou de Furet [25, 70, 74, 118].

La mise sur le marché récente aux Etats-Unis d'Amérique d'un vaccin vectorisé contre la maladie de Carré destiné aux Furets, PUREVAX® de MERIAL, a été une grande avancée pour les vétérinaires qui y ont accès. En effet, ce vaccin ne présente aucun risque de réversion de virulence, puisqu'il s'agit d'un *Canarypoxvirus* portant uniquement certains gènes du virus de la maladie de Carré. A l'instar des vaccins tués, il impose des rappels fréquents. Ce vaccin est recommandé hors AMM chez toutes les espèces exotiques sensibles à la maladie de Carré par l'*American Association of Zoo Veterinarians*. Le protocole recommandé est une primovaccination en trois injections à trois semaines d'intervalle et un rappel annuel [125]. Il n'est cependant pas disponible en Europe.

L'Institut de virologie de l'université de Rotterdam a mis au point un vaccin sous-unitaire associé à des complexes immunostimulants (ISCOM). Ce vaccin a été utilisé de façon expérimentale dans plusieurs zoos européens ainsi que dans un centre d'élevage de

lycaons en Tanzanie. Le protocole recommandé comprend une primovaccination en trois injections à huit, onze et quatorze semaines d'âge, puis un rappel annuel. Son innocuité semble satisfaisante. De titres sérologiques intéressants ont été obtenus chez plusieurs espèces, à l'exception du Lycaon qui semble peu réceptif à ce type de vaccin [125, 160].

La vaccination contre la **parvovirose** est elle aussi problématique. Certains pays disposent encore d'un vaccin inactivé canin. Ce n'est pas le cas en Europe et aux Etats-Unis d'Amérique. L'utilisation d'un vaccin félin, telle que pratiquée chez le Chien domestique lors de l'apparition de la maladie, et avant la mise au point d'un vaccin contre le *Parvovirus* canin, peut être envisagée, conférant une protection croisée partielle. Elle est particulièrement intéressante chez les espèces également sensibles à l'infection par le *Parvovirus félin*, notamment les Canidés d'Amérique du Sud. Des vaccins vivants et inactivés contre la parvovirose féline sont disponibles.

Les seuls vaccins disponibles contre la **rage** sont des vaccins inactivés. Leur usage est recommandé chez la plupart des espèces et imposé pour les échanges internationaux. Leur inocuité est très bonne, ils doivent donc être systématiquement préférés aux vaccins atténués, en raison de la gravité de la maladie et du risque zoonotique majeur. Lors d'importation en France, un titrage sérologique doit être réalisé trente jours après une injection unique, permettant de s'assurer du pouvoir immunogène du vaccin utilisé (un titre supérieur ou égal à 0,5 UI/mL est considéré comme protecteur chez toutes les espèces). Cependant, les études sérologiques ont montré que ces titres ne se maintenaient pas toujours très longtemps [56, 79, 156]. Dans les zones d'enzootie rabique, une primovaccination multidose est recommandée [18, 79]. En cas de primovaccination monodose, le degré de protection conféré doit être considéré avec prudence.

(3) Multivalent ou monovalent

Il peut être intéressant chez les espèces sauvages de limiter le nombre de valences utilisées, afin de moins solliciter le système immunitaire, et en cas d'utilisation d'une ou plusieurs valences atténuées, de limiter les risques d'immunodépression, et donc de maladie vaccinale ou opportuniste [50, 70]. Dans un contexte précis (protection ciblée), il est donc fortement recommandé de n'utiliser que des vaccins monovalents, ou *a minima* de supprimer le plus grand nombre de valences inutiles ou superflues [124, 125, 167]. Cependant il est parfois difficile de trouver des vaccins monovalents. S'ils existent contre la parvovirose, la rage et la leptospirose, il n'y en a pas en revanche contre la maladie de Carré (toujours associé à la parvovirose ou à l'hépatite de Rubarth) ou l'hépatite de Rubarth (associé à la maladie de Carré). De la même façon, il existe un vaccin inactivé contre le *Parvovirus* félin, mais il est associé à de nombreuses autres valences félines (calicivirose, rhinotrachéite, chlamydiose, leucose).

L'administration alternée des différentes valences fait partie des préconisations d'usage. Elle permet par exemple de séparer les injections parvovirose et maladie de Carré d'une ou

deux semaines, principalement lors d'utilisation de vaccins vivants modifiés, car l'association des deux pourrait accroître les risques de maladie vaccino-induite [36, 41, 53, 70, 119]. Les vaccins multivalents induiraient également une réponse en anticorps moins intense contre la maladie de Carré que celle obtenue avec un vaccin Carré monovalent [36]. Toutefois, l'administration alternée des valences nécessite de multiplier les interventions sur des espèces parfois difficiles à capturer ou à contenir. Son but est de limiter l'immunodépression induite par la vaccination, mais il ne s'agit pas de la remplacer par une immunodépression consécutive au stress de capture ou aux télé-injections répétées.

(4) Autres critères de choix

Bien que les vaccins soient toujours utilisés hors AMM chez les Canidés sauvages (or vaccins oraux), quelques éléments du RCP (Résumé des Caractéristiques du Produit) doivent être pris en compte.

Lors de vaccination par télé-injection, donc par voie intramusculaire, il est recommandé de choisir un vaccin commercial ayant une AMM par voie intramusculaire chez le Chien, et pas uniquement sous-cutanée. Cela permet d'être assuré que le vaccin et son excipient ont été testés par cette voie, à la fois pour la survenue d'effets indésirables principalement locaux et pour la protection conférée.

Lors de vaccination d'un couple ou d'un groupe d'animaux, il est difficile de connaître le statut physiologique précis des femelles. L'utilisation d'un vaccin ayant fait preuve de son innocuité pendant la gestation et la lactation chez le Chien doit alors être préférée.

c) Choix de la voie et de la méthode d'administration

Les vaccins peuvent être administrés par voie injectable (sous-cutanée (SC), intra-musculaire (IM) ou intra-veineuse (IV)), par voie orale ou par voie intra-nasale. Cette dernière voie, utilisée chez le Chien pour l'immunisation contre des maladies à tropisme respiratoire (agents de la toux de chenil : *Bordetella bronchiseptica*, *Para-influenza*, CAV-1) ne sera pas développée ici (DO). L'administration peut se faire à la main sur un animal vigile contenu manuellement, sur un animal anesthésié ou à distance par télé-injection.

(1) Voies d'administration

La voie sous-cutanée (SC) est la voie la plus utilisée chez les Carnivores domestiques. La quasi-totalité des vaccins commerciaux possèdent une AMM pour cette voie. La pharmacocinétique est bien étudiée chez le Chien et l'efficacité très satisfaisante. Elle implique nécessairement de manipuler l'animal car la téléinjection par voie SC (avec une aiguille courte et deux obturateurs en caoutchouc sur l'aiguille pour limiter la profondeur

de pénétration) est assez aléatoire : il est fréquent que l'aiguille n'atteigne pas son but et soit délivre tout ou partie du vaccin en dehors de l'animal, soit injecte le produit en intra-musculaire.

La voie intra-musculaire (IM) est également utilisable, et plusieurs vaccins possèdent une AMM pour cette voie chez le Chien ; la réponse immunitaire est dans certains cas plus intense que par voie sous-cutanée pour un même vaccin (DM). L'administartion intra-musculaire peut être mise en oeuvre à la main sur un animal anesthésié ou contenu manuellement, ou par télé-injection.

La vaccination par voie intra-veineuse, lorsqu'elle est possible, est réservée aux situations d'urgence ; elle confère une protection rapide (quelques jours), par exemple chez des animaux devant être introduits dans un milieu contaminé ou dans un contexte d'épizootie. Elle peut également être utilisée sur un animal en incubation (DM). Elle implique nécessairement la manipulation de l'animal.

L'intérêt et les limites de la voie orale ont été discutés dans la partie III.D.3.

(2) Méthodes d'administration

L'administration "à la main" peut se faire sur un animal contenu manuellement ou sur un animal anesthésié.

La manipulation de jeunes animaux se fait de façon aisée, à condition que la capture (parfois au fond d'un terrier, au milieu de la meute) soit également réalisable. La vaccination est alors effectuée en même temps que le sexage, un examen clinique et l'identification. Les animaux sont de moins en moins faciles à capturer et manipuler au fur et à mesure qu'ils grandissent ; on peut donc être tentés de les vacciner très jeunes (encore au terrier par exemple), ce qui pose le problème de l'interférence des anticorps maternels avec le vaccin. Pour la même raison, la réalisation du rappel peut parfois être compromise. En outre, la manipulation des jeunes ne doit pas interférer avec l'élevage, il faut veiller à ne pas les manipuler trop tôt, et le moins possible, afin de limiter les risques d'abandon par la mère.

Les petites espèces sont généralement assez faciles à capturer et à manipuler même adultes (**Fennec**, **Renard polaire**, **Chien des buissons**). En revanche, pour les espèces plus grandes, vivant en meute et potentiellement dangereuses (**Loup**, **Lycaon**), la capture, si elle est possible, est plus délicate. De ce fait, si elle est réalisée, elle peut être mise à profit pour effectuer d'autres actes médicaux ou zootechniques sur l'animal. Une anesthésie semble préférable à une contention physique si plusieurs procédures ou des interventions longues, potentiellement douloureuses ou délicates doivent être réalisées en même temps que la vaccination.

La capture est toujours un événement très anxiogène pour les animaux sauvages. Le stress occasionné peut favoriser le développement de maladies opportunistes ou vaccino-induites, ou compromettre l'efficacité de la vaccination.

L'anesthésie limite le stress occasionné par la manipulation, et celui de la capture si on choisi la télé-anesthésie plutôt que l'anesthésie "à la main" suite à une capture manuelle. Cependant, une anesthésie générale implique l'existence d'un risque anesthésique. Un animal candidat à la vaccination ne devant être qu'un animal en apparente bonne santé, le risque est toutefois théoriquement moindre que lors d'anesthésie pour des soins sur un animal malade.

Au sein d'un groupe, anesthésier un animal est toujours délicat, et impose d'isoler l'animal qui s'endort ou se réveille afin d'éviter les réactions agressives potentielles des autres membres du groupe, désorientés par le comportement "étrange" de l'animal anesthésié (titube, tombe, ne prend pas les postures habituelles de communication etc.). En outre, une fois isolé, il peut être difficile de réintégrer l'animal dans le groupe ; il devra en conséquence en être extrait le moins longtemps possible.

Enfin, on peut se poser la question de l'interférence de l'anesthésie sur l'efficacité de la vaccination. Lors de vaccination de Chiens domestiques contre la maladie de Carré, on n'a pas observé de différence de titrage chez des animaux vaccinés vigiles ou anesthésiés (induction par un barbiturique puis maintien à l'halothane) [70]. On ne peut cependant pas extrapoler ces résultats à des espèces sauvages anesthésiés avec des protocoles variables.

La téléinjection présente l'avantage d'éviter la capture et l'anesthésie d'animaux difficiles à manipuler. Cependant, l'injection à distance est toujours moins fiable que l'injection directe. La flèche peut rebondir ou le piston se coincer, et il est difficile d'être certain que l'animal a reçu toute la dose de vaccin, une mauvaise administration pouvant être à l'origine d'un échec vaccinal [54, 125]. Cette technique aboutit souvent à une administration intra-musculaire, parfois sous-cutanée (le plus souvent involontaire), mais des accidents peuvent survenir : l'efficacité et l'innocuité d'une vaccination intra-abdominale accidentelle sont difficiles à évaluer !

Le matériel de téléinjection est très souvent du matériel ré-utilisable (seringues et aiguilles notamment). Il faut veiller au nettoyage et surtout au bon rinçage de ce matériel ; des résidus de désinfectant peuvent inactiver les vaccins vivants, conduisant là aussi à un échec vaccinal [132].

La téléinjection au sein d'un groupe est délicate. Il faut savoir bien repérer l'animal à viser, afin de ne pas vacciner un autre animal, ou deux fois le même ! La première flèche entraîne souvent l'agitation voire la panique au sein du groupe, il est alors difficile d'atteindre les autres animaux, si plusieurs doivent être vaccinés le même jour. Il peut parfois être préférable de différer la vaccination des différents membres du groupe de quelques jours. En outre, vacciner par ce moyen tous les membres d'une meute importante le même jour peut entraîner des troubles sociaux au sein de la meute, pouvant parfois persister sur une longue période, notamment chez le **Lycaon** [54]. Si les animaux ont un

bâtiment de nuit, les enfermer dans des loges et les traiter en intérieur peut être une bonne solution pour diminuer le stress et l'agitation au sein de la meute.

d) Autres considérations

Comme chez les espèces domestiques, seuls devront être vaccinés des animaux en bonne santé, surtout si l'on emploie des vaccins vivants [125, 163]. Un mauvais état général devrait être une contre-indication absolue à l'usage de vaccins vivants atténués chez les espèces exotiques. Il faut également veiller aux interactions possibles avec tout traitement en cours, notamment avec les glucocorticoïdes (même si leur influence est de plus en plus remise en cause [39, 124]) et les antibiotiques, ces derniers pouvant neutraliser un vaccin anti-bactérien.

La réalisation de sérologies est recommandée dès que possible, sur toutes les espèces exotiques dont la cinétique est mal connue [117]. Surveiller le taux d'anticorps lors des primovaccinations permet de s'assurer de l'existence d'une séroconversion, particulièrement en présence d'anticorps maternels [80, 117].

Enfin, il est important de garder une trace de ce qui a été fait, afin de pouvoir exploiter plus tard ces données ou de les corréler à une maladie ou à un éventuel échec vaccinal. Le nom du vaccin et le numéro de lot doivent être consignés dans les registres vétérinaires [125].

2. Rappels des protocoles recommandés chez le Chien

Les protocoles vaccinaux du Chien domestique servent de référence pour établir les protocoles utilisés chez les Canidés sauvages, c'est pourquoi il nous a semblé important de les rappeler. Cependant, de nombreuses différences existent entre le Chien domestique et les espèces sauvages, et les données relatives à cet animal ne peuvent être transposées telles quelles à d'autres espèces [167].

Ces protocoles sont en cours de ré-évaluation depuis quelques années, principalement pour ce qui concerne la fréquence des rappels. Nous présentons ici les recommandations publiées par l'*American Animal Hospital Association* en 2006-2007 [123].

Les vaccins canins sont répartis en deux groupes : les valences de base, universellement recommandées (*"core vaccines"*), et les valences optionnelles (*"noncore vaccines"*). Les vaccins de base correspondent à ceux qui ont été pris en compte dans ce travail (parvovirose, maladie de Carré, hépatite de Rubarth, rage, auxquels nous avons ajouté la leptospirose, incluse dans le protocole de base en France), nous ne parlerons donc pas des vaccins optionnels (*Para-influenza*, *Bordetella bronchiseptica*, *Babesia canis*, *Borrelia burgdorferi*).

a) Protocole de base

(1) Parvovirose

La vaccination est recommandée pour tous les Chiens avec un vaccin vivant modifié CPV-2. La primovaccination doit comporter au moins trois injections chez les chiots entre six et seize semaines d'âge, à trois à quatre semaines d'intervalle, la dernière administration devant se faire entre quatorze et seize semaines d'âge. Chez l'adulte, la primovaccination se fait idéalement en deux injections espacées de trois à quatre semaines, mais une seule injection est possible. Le premier rappel doit avoir lieu un an après la primovaccination puis les rappels sont effectués tous les trois ans. Certaines études ont montré une protection allant jusqu'à sept ans avec les vaccins vivants atténués.

(2) Maladie de Carré

La vaccination est recommandée pour tous les Chiens avec un vaccin vivant modifié ou un vaccin recombinant. La primovaccination doit comporter chez les chiots au moins trois injections entre six et seize semaines d'âge, à trois à quatre semaines d'intervalle, la dernière administration devant se faire entre quatorze et seize semaines d'âge. Chez l'adulte, la primovaccination se fait en deux injections à trois à quatre semaines d'intervalle. Une seule injection est possible pour les vaccins vivants modifiés, deux injections sont indispensables avec le vaccin recombinant. Le premier rappel doit avoir lieu un an après la primovaccination puis les rappels sont effectués tous les trois ans. La

durée de protection atteindrait cinq ans pour les vaccins vivants souche Onderstepoort (origine aviaire) et jusqu'à sept ans avec la souche Rockborn (origine canine).

Les vaccins vivants modifiés d'une part et recombinant d'autre part sont interchangeables au cours de la vie de l'animal. Le second semblerait plus à même de déclencher une réponse immunitaire chez les chiots en présence d'anticorps maternels. Il pourrait ainsi remplacer le vaccin rougeole encore parfois utilisé aux Etats-Unis d'Amérique.

(3) Hépatite de Rubarth

La vaccination est recommandée pour tous les Chiens avec un vaccin vivant modifié hétérologue CAV-2, le virus CAV-1 n'est plus utilisé en raison de ses effets secondaires (uvéite). La primovaccination doit comporter chez les chiots au moins trois injections entre six et seize semaines d'âge, à trois à quatre semaines d'intervalle, la dernière administration devant se faire entre quatorze et seize semaines. Chez l'adulte, la primovaccination se fait idéalement en deux injections à trois à quatre semaines d'intervalle, mais une seule injection est possible. Le premier rappel doit avoir lieu un an après la primovaccination puis les rappels sont effectués tous les trois ans. Certaines études ont montré une protection allant jusqu'à sept ans avec les vaccins vivants atténués.

(4) Rage

Aux Etats-Unis d'Amérique comme en France, seuls les vaccins inactivés sont autorisés. La primovaccination se fait en une injection chez des animaux de plus de trois mois d'âge. Un rappel annuel est le plus souvent exigé par la législation, même si les Etats-Unis d'Amérique possèdent désormais un vaccin permettant une immunité de trois ans.

(5) Leptospirose

L'emploi d'un vaccin tué est recommandé. Le choix des valences disponibles comme le protocole doivent être adaptés en fonction de la prévalence de la maladie et des sérovars présents dans la région. Il ne fait pas systématiquement partie des vaccins de base. Il n'est pas recommandé en élevage en absence de la maladie. Des réactions anaphylactiques ayant été décrites chez les jeunes chiots, la primovaccination n'est pas recommandée avant douze semaines d'âge. Elle se fait en deux administrations espacées de deux à quatre semaines, chez le jeune comme chez l'adulte. La fréquence des rappels dépend de la situation épidémiologique et de l'exposition de l'animal : tous les six à neuf mois si les animaux sont exposés, tous les ans ou moins fréquement sinon. La durée de l'immunité semble d'au moins un an, mais l'efficacité du produit est incomplète (< 75 %).

b) Cas particuliers

(1) Gestation

Les avantages de la vaccination pour protéger les chiots et leur conférer une immunité passive semblent supérieurs aux risques d'effets secondaires sur les foetus. Les valences recommandées chez les femelles gestantes sont la parvovirose et la maladie de Carré, maladies pouvant être dévastatrices dans une portée. Vacciner une femelle en fin de gestation permet d'obtenir des niveaux en anticorps élevés chez les chiots, et un décalage de la période critique, qui débute plus tardivement chez des chiots plus âgés donc plus aptes à résister à une infection [124]. On choisira de préférence des vaccins tués, recombinants ou sous-unitaires s'ils sont disponibles.

(2) Introduction dans un élevage ou chenil

Un parc zoologique peut être assimilé à un élevage s'il possède un grand nombre d'animaux de la même espèce hébergés dans un espace restreint, et que ces animaux se reproduisent. La vaccination d'un animal à son arrivée doit être envisagée si l'animal n'a pas été vacciné avant de quitter son parc d'origine, parmi d'autres mesures de prévention (quarantaine).

Chez le Chien, la vaccination contre la maladie de Carré, la parvovirose et l'hépatite de Rubarth est recommandée pour tout animal de plus de six semaines d'âge (quatre semaines en cas d'épizootie) à l'entrée dans un chenil. Deux administrations à quinze jours d'intervalle doivent être réalisées chez les adultes, et des administrations toutes les deux semaines jusqu'à seize semaines d'âge chez les jeunes.

(3) Epizootie

En milieu contaminé, la pression vaccinale doit être accrue. Tous les adultes doivent être revaccinés. Les chiots peuvent être vaccinés dès deux à trois semaines d'âge contre la maladie de Carré, et dès cinq semaines d'âge contre la parvovirose (des dates si précoces sont également possibles chez des chiots n'ayant pas bu le *colostrum* ou issus de mère non vaccinée). Des rappels fréquents (tous les dix à quinze jours) permettent de couvrir au mieux la période critique.

L'utilisation d'un vaccin monovalent surtitré est recommandée chez les chiots lors d'épizootie de parvovirose [34]. Ce vaccin peut être administré tous les sept à dix jours, en débutant environ sept jours avant la date présumée de la période critique (évaluée à partir de l'âge des chiots précédemment atteints). Ainsi, un chiot peut-il être vacciné dès trois semaines d'âge si son statut immunitaire l'exige. Ce vaccin surtitré s'intercale avec le vaccin normotitré multivalent, administré à neuf et douze semaines. Il peut être utilisé jusqu'à seize semaines d'âge si nécessaire (taux d'anticorps maternels importants car mère vaccinée juste avant ou pendant la gestation, grandes races à croissance rapide).

3. Protocoles proposés dans la littérature pour "toutes espèces sensibles"

Le manque de données pour de nombreuses espèces entraîne la publication de protocoles "toutes espèces sensibles", qui ne peuvent pas être pertinents au vu des différences physiologiques entre espèces, mais sont utilisés faute de mieux. De grandes différences existent entre ces protocoles, peu reposent sur des données précises. Nous les présentons succinctement dans les tableaux 18 à 22.

a) Protocoles "toutes espèces" contre la parvovirose

Tableau 18. Protocoles proposés contre la parvovirose

Type de vaccin	Primovaccination	Rappels	Réf.
	8-12 semaines puis 3 semaines plus tard	Annuel Bi-annuel en zone d'endémie	124
Vivant modifié	3 mois d'âge	Annuel	124
	Dès 8semaines d'âge, trois à quatre injections à 2-3semaines d'intervalle		43
	8, 11 et 14 semaines	Annuel	124
	Toutes les 3-4 semaines entre 6 et 20 semaines d'âge Dès 2 semaines si n'a pas bu le *colostrum*	Annuel	88

b) Protocoles "toutes espèces" contre la maladie de Carré

Tableau 19. Protocoles proposés contre la maladie de Carré

Type de vaccin	Primovaccination	Rappels	Réf.
Vivant modifié	3-6 semaines (monovalent) 9 semaines (multivalent) 12 semaines (monovalent)	Bi-annuel	125, 155
Vivant modifié ou inactivé	5-6 semaines puis toutes les 2 semaines jusqu'à 15 semaines	Annuel	125, 155
	8 semaines puis après 2-3 semaines	Tous les 2-3 ans Annuel en zone infecté	124
Inactivé	6-8 semaines (Carré + rougeole) 12-14 semaines (multivalent)	Annuel	124, 125
Inactivé ou vivant atténué d'origine aviaire	Une dose au sevrage puis une fois par mois jusqu'à 4 mois, IM	Annuel	124, 125
Vivant atténué d'origine aviaire	Dès 6-8 semaines, trois injections (4 ou 5 si risque augmenté) à 2-3 semaines d'intervalle	Annuel	43, 124, 125
Vivant modifié	Deux fois à un mois d'intervalle	Annuel	141
Inactivé ou ISCOM	8, 11 et 14 semaines	Annuel	124, 125

	Toutes les 3-4 semaines entre 6 et 16 semaines d'âge Si n'a pas bu le colostrum : 2 semaines d'âge puis 3-4 semaines plus tard Adulte : 2 fois à 3-4 semaines d'intervalle	Annuel	50
	Toutes les 3-4 semaines entre 6 et 20 semaines d'âge Dès 2 semaines si n'a pas bu le colostrum	Annuel	88
Recombinant vectorisé par un *Canarypoxvirus*	3 fois à 3 semaines d'intervalle	Annuel	125

ISCOM = = *"ImmunoStimulating COMplex"* = Complexe ImmunoStimulant

c) Protocoles "toutes espèces" contre l'hépatite de Rubarth

Tableau 20. Protocoles proposés contre l'hépatite de Rubarth

Type de vaccin	Primovaccination	Rappels	Réf.
	3-6 semaines	Bi-annuel	124
Vivant modifié ou inactivé	11-12 semaines, rappel après 2-3 semaines	Annuel	124
Vivant modifié CAV-2	Au sevrage, une fois par mois jusqu'à 4 mois d'âge	annuel	124
Vivant modifié multivalent	3 mois d'âge	annuel	124

d) Protocole "toutes espèces" contre la rage

Tableau 21. Protocoles proposés contre la rage

Type de vaccin	Primovaccination	Rappels	Réf.
Inactivé	4-6 mois	Annuel	124
Inactivé	6 mois	Annuel	124
Inactivé	3-4 mois	Annuel	124
Inactivé	3 mois IM	Annuel (même si vaccin à rappel tous les 3 ans)	133
	4-6 mois	Tri-annuel Plus fréquent lors d'épizootie	124

e) Protocole "toutes espèces" contre la leptospirose

Tableau 22. Protocoles proposés contre la leptospirose

Type de vaccin	Primovaccination	Rappels	Réf.
	Dès 12 semaines puis 2-3 semaines plus tard	Annuel	124
	8, 12 et 16 semaines	Annuel	124
	6-8 semaines puis 2 semaines plus tard 1 à 2mL SC ou IM	Bi-annuel	124

4. Choix des vaccins et des protocoles par espèce

Nous récapitulons ici les résultats des données de la littérature sur l'utilisation des vaccins chez les neuf espèces de l'étude (défauts d'innocuité, études sérologiques), et les complétons par les protocoles vaccinaux conseillés lorsque ceux-ci existent (tableaux 23 à 29).

L'AZA (*"Association of Zoos and Aquariums"*) et l'EAZA (association européenne) éditent les *"Husbandry guidelines"*, qui sont des guides par espèce rassemblant les grandes lignes directrices du maintien en captivité, de l'élevage et des soins à apporter aux animaux présentées en zoo. Ces guides, rédigés par les vétérinaires et biologistes travaillant en parcs zoologiques, sont distribués à toutes les institutions membres et détenant ces espèces. Ils représentent ainsi une information largement diffusée et très facile d'accès pour les vétérinaires de parc zoologique, nous allons donc présenter les protocoles vaccinaux proposés dans ces *"guidelines"*, lorsqu'ils existent.

a) Le Loup (*Canis lupus*)

Tableau 23. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Loup (*Canis lupus*).

Nom et fabricant	Type	Innocuité	Efficacité	Réf.
TISSUVAX®, PITMAN-MOORE	bivalent CH vivant modifié	bonne	non évaluée	141, 142
IMRAB®, RHONE-MERIEUX	monovalent rage inactivé	bonne	bonne réponse sérologique mais durée variable	56
RABCINE®, SMITH-KLINE *chez un hybride chien-loup*	monovalent rage inactivé	bonne	protection incomplète	81

Peu de données ont été trouvées sur la vaccination de cette espèce, pourtant fréquente en parc zoologique. Sa grande proximité phylogénétique avec le Chien domestique peut justifier d'utiliser un protocole similaire avec de bonnes chances de résultats, bien que la protection conférée ne puisse jamais être garantie en absence d'épreuve virulente.

Des recommandations ont été éditées en 2004 pour la sous-espèce mexicaine (*Canis lupus baleyi*), en programme d'élevage en Amérique. Un protocole semblable au protocole canin est proposé [113]. Il inclut la parvovirose, la maladie de Carré, l'hépatite de Rubarth, la leptospirose et le virus *Para-Influenza* (CHPPiL). La primovaccination comprend des injections toutes les deux à quatre semaines entre six-huit semaines et seize semaines d'âge. A huit et douze semaines d'âge, les auteurs recommandent l'utilisation d'un vaccin vivant modifié monovalent contre la parvovirose, NORDENS FIRST DOSE CPV®. A seize semaines, les louveteaux peuvent être vaccinés avec un vaccin vivant atténué multivalent CHPPiL (VANGUARD 5® DA2PL + CPV) ; une vaccination antirabique peut être effectuée, uniquement avec un vaccin inactivé (IMRAB®). Un rappel contre la parvovirose doit être

réalisé à vingt semaines d'âge (4,5 mois). Les adultes sont ensuite vaccinés tous les ans (VANGUARD 5® et IMRAB®). En cas de reproduction, deux à trois rappels supplémentaires contre la parvovirose doivent être réalisés dans l'année, avec le vaccin monovalent (NORDENS CPV®). Chaque rappel permet d'éviter l'excrétion du *Parvovirus* pendant trois mois, et ainsi de protéger les jeunes.

b) Le Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)

Tableau 24. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)

Nom et fabricant	Type	Innocuité	Efficacité	Réf.
TISSUVAX®, PITMAN-MOORE	bivalent CH vivant modifié	bonne	non évaluée	141, 142

La seule mention de cette espèce a été trouvée au milieu d'une liste de plusieurs Carnivores sauvages tous vaccinés selon le même protocole, et ne concernait qu'un seul animal 141. Il faut donc prendre cette information avec précaution.

Des recommandations générales de l'*Association of Zoos and Aquaria* sur l'élevage des grands Canidés (genre *Canis*) conseillent de vacciner annuellement contre la maladie de Carré et la parvovirose avec un vaccin vivant atténué, et contre la rage avec un vaccin inactivé. Un vaccin inactivé devrait être utilisé pour toute autre valence nécessaire [73].

Un essai concluant a été réalisé avec le vaccin anti-rabique oral SAG-2 [24].

c) Le Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)

Tableau 25. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)

Nom et fabricant	Type	Innocuité	Efficacité	Réf.
DURAMUNE KF-11®, FORT DODGE	monovalent parvovirose vivant modifié	parvovirose vaccino-induite	non évaluée	17
PARVOCINE®, DELLEN LABORATORIES	monovalent parvovirose féline inactivé	bonne	bonne réponse sérologique	80
FEL-O-VAX®, FORT DODGE	multivalent parvovirose féline herpesvirus, calicivirus félins inactivés	bonne	non évaluée	75
FROMMD®, FROMM LABORATORIES	monovalent maladie de Carré souche Onderstepoort (aviaire)	bonne	bonne réponse sérologique	117

Nom et fabricant	Type	Innocuité	Efficacité	Réf.
GALAXY-D®, FORT DODGE	monovalent maladie de Carré (cellules vero de singe)	assez bonne	bonne	50
nom non spécifié, SALSBURY LABORATORIES	monovalent maladie de Carré	bonne	bonne réponse sérologique	102
PUREVAX FERRET DISTEMPER®, MERIAL (vaccin pour furets)	monovalent maladie de Carré recombinant	bonne	bonne réponse sérologique	75
TISSUVAX®, PITMAN-MOORE	bivalent CH vivant modifié	bonne	non évaluée	141, 142
non spécifié	multivalent CHPPi vivant atténué	maladie de Carré vaccino-induite	non évaluée	150
non spécifié	multivalent CHPPi vivant atténué	opacité cornéenne (liée à l'hépatite de Rubarth)	non évaluée	150
EURICAN®, MERIAL	multivalent CHPLR vivant atténué Carré souche Onderstepoort (aviaire)	bonne	bonne réponse sérologique (parvovirose, Carré), titres se maintiennent un an	102
DURAMUNE®, FORT DODGE	multivalent CHPLR vivant atténué Carré souche Rockborn (canine)	bonne	bonne réponse sérologique (parvovirose, Carré), titres se maintiennent un an	102

Les maladies infectieuses représentent 35 % des causes de mortalité des Loups à crinière en captivité justifiant la mise en oeuvre de mesures de prévention, et notamment de la vaccination [102]. Cependant, les Loups à crinière sont sensibles aux vaccins vivants atténués : des cas de parvovirose, maladie de Carré et hépatite de Rubarth vaccino-induites ont ainsi été décrits [17, 150]. La prudence est donc recommandée lors de la mise au point d'un protocole vaccinal.

Des études sérologiques ont mis en évidence un fort taux d'anticorps contre la parvovirose et la maladie de Carré chez les jeunes, y compris issus de parents non vaccinés [102]. Il est donc inutile de vacciner trop tôt. Les risques d'abandon des jeunes étant faibles après trente jours d'âge, il est recommandé de ne commencer la vaccination qu'à partir de cet âge [102]. Les animaux seront préférentiellement vaccinés à la main lors de l'examen de santé annuel [18].

Le *Maned Wolf Species Survival Plan* (MWSSP, Plan de Sauvegarde du Loup à crinière), aux Etats-Unis d'Amérique, édite des recommandations vaccinales précises dans les *"Husbandry guidelines"*.

(1) Parvovirose

Les *"Husbandry guidelines"* américains ont longtemps préconisé l'utilisation du vaccin vivant atténué DURAMUNE® de FORT DODGE. Un vaccin vivant induit une immunité plus forte et de plus longue durée qu'un vaccin tué ; celui-ci présentait en outre une bonne innocuité chez les Loups à crinière, aucun accident n'ayant été recensé. Le protocole comprenait une injection mensuelle entre six-huit semaines et seize-dix-huit semaines d'âge, en alternance (tous les quinze jours) avec un vaccin vivant modifié contre la maladie de Carré. Un rappel était effectué à six mois puis une fois par an [121].

En 1992, Fort Dodge remplace DURAMUNE P-V® par DURAMUNE KF-11®. Trois cas de parvovirose vaccino-induite sur des jeunes sont décrits dans trois établissements différents [17]. L'utilisation d'un vaccin vivant modifié contre la parvovirose chez les louveteaux de moins de six mois d'âge ou chez les individus dont le titrage en anticorps est inférieur à 1/80 est désormais fortement déconseillée [18].

Le protocole proposé en 1995 comprend donc un vaccin inactivé (PARVOCINE®, DELLEN LABORATORIES) pour la primovaccination. Celle-ci consiste en des administrations répétées espacées de 15 jours entre six et seize semaines d'âge. Un titrage des anticorps est ensuite réalisé. S'il est supérieur à 1/80, un vaccin vivant modifié peut alors être utilisé à six mois d'âge avec rappel semestriel (ex : DURAMUNE® MAX PV, FORT DODGE). Si le titrage est inférieur, le vaccin inactivé doit encore être utilisé à six mois d'âge et un nouveau titrage d'anticorps réalisé. On peut alors utiliser un vaccin vivant tous les six mois [18].

La protection conférée par le vaccin tué n'est pas optimale. Son emploi doit être associé à des mesures de prophylaxie sanitaire tant que les jeunes n'ont pas atteint un titre suffisant en anticorps [18].

En 2006, la commercialisation de vaccin inactivé contre la parvovirose est arrêtée aux Etats-Unis d'Amérique, qui se retrouvent dans la même situation que l'Europe. Le Loup à crinière étant sensible au *Parvovirus* félin [19, 22], les recommandations remplacent le vaccin canin par un vaccin inactivé contre la parvovirose, l'*Herpesvirus* et le *Calicivirus* félin, FEL-O-VAX® PCT, de FORT DODGE. Le protocole préconisé est identique, le vaccin inactivé félin étant utilisé pour la primovaccination jusqu'à l'obtention d'un titre en anticorps satisfaisant [75]. Cependant, les études sérologiques n'ont pas toujours mis en évidence la présence d'anticorps détectables [75]. En cas de doute, on attendra l'âge de six mois minimum avant d'utiliser un vaccin vivant. Aucun effet secondaire n'a été noté avec ce vaccin félin, malgré l'utilisation de deux valences supplémentaires non nécessaires (*Herpes-* et *Calicivirus*), qui sont toutefois inactivées.

En France, le vaccin le plus proche est le FEVAXYN® de FORT DODGE. C'est également un vaccin inactivé, mais il contient un plus grand nombre de valences : *Herpesvirus* et *Calicivirus*, mais également chlamydiose et leucose, toutes inactivées. Son utilisation pourrait être envisagée ; une étude préalable sur un petit nombre d'animaux serait

intéressante pour évaluer son innocuité et sa capacité à induire la formation d'anticorps [39].

(2) Maladie de Carré

Jusqu'en 1994, le MWSSP recommandait l'usage de FROMMD® de FROMM LABORATORIES, un vaccin vivant atténué sur cellules aviaires (souche Onderstepoort) qui avait fait la preuve de son efficacité et innocuité [18, 117, 119, 121]. Le protocole comprenait une injection mensuelle entre six-huit semaines et seize-dix-huit semaines d'âge, en alternance, tous les quinze jours, avec un vaccin vivant modifié contre la parvovirose. Un rappel était effectué à six mois puis une fois par an [121]. FROMMD® est désormais remplacé par GALAXY-D® (actuellement commercialisé par SCHERING-PLOUGH), un autre vaccin vivant modifié monovalent de souche Onderstepoort. Le protocole vaccinal conseillé comprend une primovaccination en plusieurs injections répétées toutes les trois semaines entre six-huit semaines d'âge et seize semaines d'âge. Une nouvelle injection est administrée à six mois d'âge, et un titrage d'anticorps est réalisé à cette occasion. Un titre supérieur à 1/30 est jugé protecteur. Les rappels sont alors annuels [18].

Depuis la commmercialisation du vaccin recombinant PUREVAX FERRET DISTEMPER® de MERIAL, son usage est recommandé chez le Loup à crinière [75]. Une primovaccination en cinq injections à trois semaines d'intervalle, entre six et dix-neuf semaines d'âge, permet d'obtenir un taux d'anticorps élevé dès seize semaines d'âge (soit après trois injections) [75]. Aucun protocole plus précis n'est proposé.

(3) Autres vaccins

Un vaccin inactivé contre la rage est recommandé en zone d'enzootie rabique. Les louveteaux doivent être vaccinés à seize semaines, six mois et un an, les rappels sont ensuite annuels [18].

Les données manquent sur la vaccination contre l'hépatite de Rubarth pour publier des recommandations. Il en est de même pour la leptospirose ou la maladie de Lyme [18].

d) Le Dhole (*Cuon alpinus*)

Nous n'avons pu trouver aucune référence bibliographique sur cette espèce, encore rare en captivité. En l'absence de données concernant l'efficacité ou l'inocuité des vaccins, la vaccination doit être réalisée avec prudence.

e) Le Lycaon (*Lycaon pictus*)

Tableau 26. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Lycaon (*Lycaon pictus*)

Nom et fabricant	Type	Innocuité	Efficacité	Réf.
non commercial, INTERVET	monovalent maladie de Carré inactivé souche Rockborn	bonne	absence de séroconversion	156
CDV-ISCOM non commercial Erasmus University, Rotterdam	monovalent maladie de Carré sous-unitaire adjuvé	bonne	séroconversion faible, protection incomplète à absente	125, 153, 160
PUREVAX FERRET DISTEMPER®, MERIAL (vaccin pour furets)	monovalent maladie de Carré recombinant	bonne	séroconversion faible	125
non spécifié	monovalent maladie de Carré inactivé adjuvé avec une huile minérale	boiterie après injection intramusculaire	bonne réponse sérologique	38
ENDURACEL D-H® SMITHKLINE	bivalent CH vivant atténué	bonne	absence de séroconversion (Carré)	154
DOHYVAC I-LP®, SOLVAY-DUPHAR	bivalent PL inactivé	bonne	bonne réponse sérologique (parvovirose), titres se maintiennent un an	160
CANDUR® SHLP	multivalent CHPL vivant atténué Carré, inactivé autres valences	Maladie de Carré vaccino-induite	non évaluée	53
QUANTUM4® et QUANTUM6®, PITMAN-MOORE	multivalent CHPPiL vivant atténué	Maladie de Carré vaccino-induite	non évaluée	155
PARAMUNE5®	multivalent CHPi	Maladie de Carré vaccino-induite	non évaluée	107
VANGUARD ® - DA2P - CPV - PUPPY 5 PFIZER	multivalent CHPPiL vivant atténué Carré : souche Snyder-Hill (canine)	Bonne sur plusieurs centaines d'animaux mais maladie de Carré vaccino-induite chez un jeune	bonne réponse sérologique (parvovirose, hépatite), titres se maintiennent un an ; bonne réponse sérologique (Carré)	144, 145, 156

Nom et fabricant	Type	Innocuité	Efficacité	Réf.
IMRAB®, RHONE-MERIEUX	monovalent rage inactivé	bonne	protection semble partielle	54, 56
MADIVAK®, HOECHST	monovalent rage inactivé	bonne	bonne réponse sérologique	54, 66
RABISIN ®, RHÔNE-POULENC	monovalent rage inactivé	bonne	bonne réponse sérologique, mais de courte durée, protection semble partielle, diminution de l'excrétion virale	54, 79
DOHYRAB®, SOLVAY-DUPHAR	monovalent rage inactivé	bonne	bonne réponse sérologique ssi 3 injections, titres se maintiennent un an échec vaccinal si primovaccination en une injection	54, 160
RABDOMUN®, SCHERING-PLOUGHT	monovalent rage inactivé	bonne	bonne réponse sérologique (primovaccination en deux injections)	54
DEFENSOR®, PFIZER	monovalent rage inactivé	bonne	bonne réponse sérologique, mais de courte durée lors de la primovaccination, titres se maintiennent un an après le rappel	156

De nombreuses données existent chez les Lycaons, dont différents programmes d'élevage sont en cours dans le monde. Cependant, cette espèce est très sensible aux vaccins vivants modifiés ; plusieurs cas de maladie de Carré vaccinale ont ainsi été décrits. Cette sensibilité semble individuelle et dépendante de l'état de santé des animaux [156]. Plus que chez toute autre espèce, des précautions doivent être prises avant toute vaccination (seuls les individus en bonne santé doivent être vaccinés) et les vaccins vivants modifiés doivent être évités au maximum chez les jeunes ou les animaux susceptibles de présenter une immunodépression (stress, maladie concomitante …).

(1) Maladie de Carré

L'immunisation contre la maladie de Carré chez le Lycaon est problématique, car des maladies vaccino-induites ont été rapportées avec plusieurs vaccins vivants atténués [53, 107, 154, 155, 156]. Des essais ont été réalisés avec des vaccins inactivés, sous-unitaires

adjuvés et recombinants [125, 153, 156, 160]. Tous n'ont permis qu'une séroconversion partielle et/ou de courte durée. Une épreuve virulente n'étant pas envisageable sur cette espèce menacée, la protection conférée par ces vaccins n'est qu'hypothétique. Phillipa (2007) [125] évoque la possibilité que l'espèce Lycaon présente un déficit immunitaire intrinsèque lié à la faible variabilité génétique de l'espèce.

Aucun protocole efficace et sans danger n'est encore publié. De bons résultats ont été obtenus sur un grand nombre d'animaux avec le vaccin VANGUARD® de PFIZER, à l'exception d'un cas de maladie vaccino-induite sur un jeune de 3,5 mois. Une sensibilité individuelle du juvénile en question a été suspectée, mais ce cas rappelle que tout vaccin vivant modifié reste potentiellement dangereux pour les Lycaons et doit être employé en connaissance de cause. Ainsi, l'auteur utilise un vaccin monovalent inactivé lors de la première injection de primovaccination, avant d'utiliser le vaccin vivant modifié [156].

(2) Rage

L'utilisation de vaccins inactivés contre la rage présente une bonne innocuité. En revanche, les études sérologiques ont mis en évidence des réponses absentes à modérées, et de courte durée [54, 56, 66, 79, 156, 160]. Une injection unique d'un vaccin inactivé semble inefficace pour maintenir un taux protecteur d'anticorps sur le long terme, et des individus vaccinés sont morts de la rage en milieu naturel moins d'un an après la vaccination. Une dose unique ne doit donc jamais être considérée comme protectrice chez le Lycaon, deux ou mieux trois administrations répetées semblent nécessaires pour obtenir un taux élevé et durable d'anticorps [156]).

f) L'Otocyon (*Otocyon megalotis*)

La bibliographie est très lacunaire chez cette espèce. Un cas de maladie de Carré vaccino-induite a été évoqué sans plus de détail [140]. Aucune recommandation vaccinale n'a été publiée.

g) Le Chien des buissons (*Speothos venaticus*)

Tableau 27. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Chien des buissons (*Speothos venaticus*)

Nom et fabricant	Type	Innocuité	Efficacité	Réf.
PARVOCINE®, DELLEN LABORATORIES	monovalent parvovirose féline inactivé	bonne	bonne réponse sérologique	80
FROMMD®, FROMM LABORATORIES	monovalent maladie de Carré vivant atténué souche Onderstepoort (aviaire)	bonne, y compris chez femelle entre quarante et cinquante jours de gestation	bonne réponse sérologique	117

Nom et fabricant	Type	Innocuité	Efficacité	Réf.
TISSUVAX®, PITMAN-MOORE	bivalent CH vivant modifié	bonne	non évaluée	141, 142
DA_2MP VANGUARD®, SMITH AND KLINE / PFIZER	multivalent CHPi + rougeole vivant atténué Carré : souche Snyder-Hill (canine)	maladie de Carré vaccino-induite	non évaluée	109

Les *"husbandry guidelines"* européennes sont anciennes (années 1980) et nécessiteraient une remise à jour. Nous les présentons cependant car cette version est toujours la version disponible auprès de l'EAZA. Elles recommandent de vacciner les Chiens des buissons contre la parvovirose, la maladie de Carré, l'hépatite de Rubarth, la leptospirose et la rage [52]). Les valences sont separées de façon à alterner les vaccinations maladie de Carré + hépatite (à six et huit semaines d'âge) et parvovirose (à sept et neuf semaines d'âge). Cette primovaccination est réalisée avec des vaccins inactivés (PARVO CANDUR P® de HOECHST ROUSSEL VET était recommandé pour la parvovirose, mais n'est plus actuellement commercialisé en Europe). A douze et seize semaines d'âge, le relais est pris avec un vaccin vivant modifié multivalent CHPL et un vaccin inactivé contre la rage. Un rappel est effectué une fois par an avec un vaccin vivant atténué.

L'usage de FROMMD® de SOLVAY - FROMM LABORATORIES, un vaccin vivant atténué sur cellules aviaires (souche Onderstepoort) contre la maladie de Carré, qui avait fait la preuve de son efficacité et innocuité, a été recommandé de 1983 à 1994, date de la fin de sa commercialisation aux Etats-Unis d'Amérique [117, 119]. Le vaccin recombinant PUREVAX FERRET DISTEMPER® de MERIAL est l'alternative actuelle aux Etats-Unis d'Amérique.

Plusieurs études ont mis en évidence la longueur inhabituelle de la période critique chez les Chiens des buissons [80, 117]. Des études sérologiques sur la maladie de Carré et la parvovirose ont montré que les anticorps maternels, chez les jeunes issus de parents vaccinés, restent élevés jusqu'à cinq à huit semaines d'âge, puis déclinent jusqu'à un minimum vers quinze semaines d'âge (environ 3,5 mois). Les vaccinations réalisées vers trois mois d'âge n'induisent pas de réponse sérologique protectrice. Des vaccinations repétées sont effectuées, mais ce n'est qu'à partir de cinq à six mois que les taux en anticorps remontent jusqu'à une valeur protectrice (voir B.2.a) et B.2.b) (2)).

La période critique du Chien des buissons semble donc s'étendre de trois à six mois d'âge, période pendant laquelle l'immunité des animaux est insuffisante pour les protéger contre les maladies mais assez élevée pour neutraliser les effets de la vaccination. Des mesures de prophylaxie sanitaires doivent donc impérativement être prises pendant cette période afin de protéger les animaux [80]. Le suivi des titres en anticorps devrait être réalisé de façon quasi-systématique lors des primovaccinations, afin de s'assurer de l'existence d'une séroconversion [117]. Des vaccinations repétées (par exemple une fois par mois entre trois et six mois d'âge) ou un rappel de primovaccination vers six mois d'âge semblent fortement conseillés au vu de la cinétique des anticorps dans cette espèce.

h) Le Renard polaire (*Vulpes lagopus*)

Tableau 28. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Renard polaire (*Vulpes lagopus*)

Nom et fabricant	Type	Innocuité	Efficacité	Réf.
DISTEMINK®, UNITED VACCINES (vaccin pour visons)	monovalent maladie de Carré vivant atténué sur cellules aviaires	bonne	bonne réponse sérologique	129
DISTEM-R-TC®, SCHERING-PLOUGHT (vaccin pour visons)	monovalent maladie de Carré vivant atténué sur cellules aviaires	bonne	bonne réponse sérologique	129
Vaccin de Green 1939	monovalent maladie de Carré Vivant modifié sur cellules de furet	Signes de maladie de Carré vaccino-induite	non évaluée	28

Cette espèce est utilisée pour la production de fourrure dans le cadre d'élevages intensifs au Canada, en Scandinavie et en Russie. S'y côtoient souvent plusieurs espèces (Renards + Vison + Chien viverrin par exemple). Les éleveurs utilisent les vaccins conçus pour les Visons, notamment contre la maladie de Carré, facilement accessibles pour eux.

En 1981, Budd recommande de vacciner les renardeaux dès le sevrage, en privilégiant l'usage d'un vaccin atténué sur embryon de poulet ou cultures cellulaires, un vaccin atténué sur cellules de furet pouvant entraîner des signes de maladie de Carré [28]. L'utilisation d'un vaccin vivant modifié sur embryon de poulet confèrerait une immunité de deux ans ; un rappel annuel est toutefois conseillé dans les élevages [28]. La vaccination par aérosol est recommandée dans les élevages de Furets, Visons et Renards à fourrure, afin d'éviter toute manipulation des animaux [28].

En 2001, une étude sérologique portant sur deux vaccins commerciaux contre la maladie de Carré pour Visons a mis en évidence une bonne immunogénicité après une seule injection sous-cutanée entre douze et quinze semaines d'âge. Les titres se sont maintenus plusieurs mois (jusqu'à douze mois) et aucun effet secondaire n'a été relevé. Ces vaccins semblent donc sûrs et efficaces chez le Renard polaire. Une primovaccination en une seule injection vers trois mois d'âge est suffisante chez des jeunes issus de parents vaccinés [129].

Aucune autre donnée n'a été trouvée concernant les autres valences.

i) Le Fennec (*Vulpes zerda*)

Tableau 29. Récapitulatif des résultats vaccinaux chez le Fennec (*Vulpes zerda*)

Nom et fabricant	Type	Innocuité	Efficacité	Réf.
FROMMD®, FROMM LABORATORIES	monovalent maladie de Carré souche Onderstepoort	bonne	bonne réponse sérologique	117
DURAMUNE®, FORT DODGE	maladie de Carré vivant atténué	bonne	non évaluée	40
PUREVAX FERRET®, MERIAL (vaccin pour furets)	monovalent maladie de Carré recombinant	bonne	bonne réponse sérologique, titres se maintiennent un an	40
nom non precisé, UNITED VACCINES	monovalent maladie de Carré	bonne	bonne réponse sérologique	44
non spécifié	maladie de Carré vivant atténué	maladie de Carré vaccino-induite	non évaluée	118

Le Fennec fait partie des Nouveaux Animaux de Compagnie aux Etats-Unis d'Amérique, où il peut être détenu par des particuliers. Des vétérinaires praticiens recommandent l'utilisation du vaccin RECOMBITEK-C4® de MERIAL [82]. Il s'agit d'un vaccin vivant modifié contre le *Parvovirus* canin, l'*Adenovirus* de type 2 et le virus *Para-Influenza*, et un vaccin recombinant vectorisé par un *Canarypoxvirus* contre la maladie de Carré. Un vaccin inactivé (IMRAB® de MERIAL) est recommandé contre la rage. Cependant, aucun protocole particulier n'est proposé.

Les *"husbandry guidelines"* américaines préconisent également de vacciner les Fennecs avec un vaccin multivalent canin [86]. Bien que de nombreuses maladies infectieuses n'aient jamais été décrites dans cette espèce, elle y est supposée sensible. La mention de maladie de Carré vaccino-induite dans la littérature [86, 118] impose de préférer les vaccins atténués sur cellules aviaires plutôt que sur cellules canines [86]. Les jeunes doivent être vaccinés dès huit semaines d'âge puis à douze, seize et vingt semaines [86]. L'usage de FROMMD® de SOLVAY - FROMM LABORATORIES, un vaccin vivant atténué sur cellules aviaires (souche Onderstepoort) contre la maladie de Carré, qui avait fait la preuve de son efficacité et innocuité, a été recommandé de 1983 à 1994, date de la fin de sa commercialisation aux Etats-Unis d'Amérique [117, 119].

La vaccination anti-rabique peut être réalisée en cas de besoin. Un vaccin inactivé doit être utilisé à partir de seize semaines d'âge puis une fois par an, un rappel de primovaccination peut être effectué à six mois [86].

CONCLUSION

La médecine préventive joue un rôle majeur dans la gestion d'une collection de parc zoologique. Le choix de la vaccination doit être basé sur des données épidémiologiques, immunologiques et de sécurité et efficacité des vaccins disponibles, appliquées à chaque espèce que l'on veut protéger [138].

Epidémiologiquement, la vaccination doit être adaptée au contexte du parc : zone d'enzootie, possibilité d'intrusion de la faune sauvage libre, maladies déjà diagnostiquées dans le parc voire épizootie. La receptivité et la sensibilité des différentes espèces présentées doit être évaluée, ainsi que la proximité et les contacts potentiels entre espèces, afin de déterminer de façon pertinente quelle espèce vacciner et contre quoi.

La vaccination doit impérativement être réfléchie au sein de la politique de prophylaxie globale du parc, et non pas comme un moyen fiable et unique de préserver les animaux des maladies infectieuses. Les mesures sanitaires forment la base de la prévention, principalement la quarantaine à l'entrée de nouveaux animaux et l'isolement strict des animaux captifs vis-à-vis de la faune sauvage locale libre, principal vecteur et réservoir de nombreuses maladies infectieuses et menace permanente pour les animaux captifs [119].

Immunologiquement, les réponses immunitaires spécifiques des espèces exotiques sont peu voire pas du tout connues. Des différences majeures ont toutefois été ici soulignées, telle la faible réponse immunitaire du Lycaon aux vaccins inactivés ou la longueur de la période critique chez le Chien des buissons. La tentation est grande d'utiliser chez les Canidés sauvages les protocoles vaccinaux recommandés pour le Chien domestique, mais les particularités d'espèces sont réelles et doivent être systématiquement considérées.

Aucun vaccin spécifique administré par voie parentérale n'est actuellement disponible pour les Canidés sauvages.

L'efficacité de la vaccination chez les espèces sauvages est souvent supposée mais rarement prouvée [138]. Les études sérologiques présentées dans la littérature sont très rarement correlées avec la protection réelle. L'absence de toute certitude sur l'efficacité de la vaccination utilisée chez les espèces sauvages doit nous imposer de ne jamais considérer comme acquise la protection des animaux, donc de garder à l'esprit la possibilité d'un risque infectieux et de toujours accompagner la vaccination de mesures de prophylaxie sanitaire.

La sécurité des vaccins disponibles est également incertaine. Les cas de maladie vaccino-induite, principalement avec des vaccins vivants modifiés contre la maladie de Carré, sont nombreux dans la littérature. Le Lycaon et le Loup à crinière y semblent particulièrement sensibles. Les risques de défaut d'innocuité des vaccins nous obligent à peser systématiquement le rapport bénéfice-risque d'une vaccination chez des espèces sauvages. Il convient d'évaluer si la probabilité de survenue spontanée de la maladie est supérieure à la probabilité d'accident vaccinal. Des mesures sanitaires seules peuvent parfois être préférées à une vaccination.

Aucun consensus n'existe encore dans la littérature sur la vaccination des Canidés sauvages. Les protocoles rapportés sont souvent empiriques, peu homogènes voire contradictoires, et sont entravés par la disponibilité des vaccins commerciaux. Nous avons essayé dans ce travail bibliographique de faire une synthèse la plus précise possible des données existantes. Nous allons maintenant confronter ces données et les compléter avec les informations du terrain. Quelle est la réalité de la vaccination des Canidés sauvages dans les parcs zoologiques européens ? Quels protocoles sont utilisés en pratiques, et correspondent-ils aux protocoles préconisés ? Les accidents vaccinaux sont-ils fréquents ? Et enfin, est-il possible, avec les données et les technologies vaccinales actuelles, de définir un protocole sûr et efficace par espèce ?

Nous laissons le mot de la fin à Schultz [138] :

"Vaccinology, like most of medicine, remains as much an art as a science"

("La vaccinologie, comme une grande partie de la médecine, reste autant un art qu'une science")

SECONDE PARTIE : ÉTUDE PERSONNELLE

ENQUÊTE :
RÉALITÉ DE LA VACCINATION DES CANIDÉS SAUVAGES DANS LES PARCS ZOOLOGIQUES EUROPÉENS

I. Matériel et méthode

A. But de l'enquête

Le but de notre enquête était d'avoir une idée de la réalité et des modalités de la vaccination des Canidés sauvages dans les parcs zoologiques européens.

Il s'agissait d'une part d'évaluer les pratiques vaccinales, à travers le taux de vaccination, de recenser les motivations poussant les parcs à vacciner ou non et, dans les cas de vaccination effective, de connaître les protocoles utilisés et leur mise en pratique sur le terrain. D'autre part, nous nous sommes intéressé au problème de l'innocuité des vaccins disponibles. Nous avons donc cherché à recenser les accidents vaccinaux survenus dans ces parcs et à les mettre en relation avec les pratiques vaccinales mises en œuvre (espèce touchée, vaccin utilisé, âge à la primovaccination, animaux atteints, etc.). Au final, cette enquête de terrain associée aux données bibliographiques doit permettre de déterminer les protocoles et les vaccins qui paraissent sûrs d'emploi pour chacune des espèces étudiées, et d'en évaluer le rapport bénéfices/risques.

B. Choix des espèces et des parcs

Notre étude se limite volontairement à enquêter sur la vaccination de 9 espèces de Canidés sauvages, appartenant à 7 genres : le Loup (*Canis lupus*), le Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*), le Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*), le Dhole (*Cuon alpinus*), le Lycaon (*Lycaon pictus*), l'Otocyon (*Otocyon megalotis*), le Chien des buissons (*Speothos venaticus*), le Renard polaire (*Vulpes lagopus*) et le Fennec (*Vulpes zerda*).

Ces 9 espèces bénéficient d'un statut particulier au sein des parcs zoologiques européens de l'EAZA (*European Association of Zoo and Aquaria*) (voir Première partie, I. C.) : elles sont soit en programme d'élevage (EEP), soit en *studbook*, soit en *monitoring* en vue d'un prochain *studbook* ou d'un EEP.

Tableau 30. Liste des 9 espèces sur lesquelles porte l'enquête

Nom scientifique	Nom anglais	Nom français	Programme EAZA
Canis lupus	Wolf	Loup	
- signatus	Iberian wolf	Loup ibérique	EEP
- lupus	Scandinavian wolf	Loup scandinave	Monitoring
- italicus	Italian wolf	Loup italien	Monitoring
- occidentalis	Middle-Eastern wolf	Loup d'Alaska	Monitoring
Canis mesomelas	Black-backed jackal	Chacal à chabraque	Monitoring
Chrysocyon brachyurus	Maned wolf	Loup à crinière	EEP
Cuon alpinus	Dhole	Dhole	EEP
Lycaon pictus	African wild dog / Cape hunting dog	Lycaon	EEP
Otocyon megalotis	Bat-eared fox	Otocyon	Monitoring
Speothos venaticus	Bush dog	Chien des buissons	EEP
Vulpes lagopus	Arctic fox	Renard polaire	Monitoring
Vulpes zerda	Fennec fox	Fennec	ESB

Nous avons contacté le Dr Conrad Enseñat, vétérinaire au parc zoologique de Barcelone et responsable du "Canidae Taxon Advisory Group" (Canid TAG, Groupe Consultatif du Taxon Canidae), c'est-à-dire du groupe de travail de l'EAZA s'occupant des *studbooks* et programmes d'élevages européens des Canidés. Il s'est montré très intéressé par notre travail et a contacté le conseiller de recherches du Canid TAG, le Dr Udo Ganslosser, pour avis. Celui-ci s'est montré favorable, et le Dr Enseñat a contacté officiellement, au nom du Canid TAG, les coordinateurs d'EEP et *Studbook keepers*, pour leur demander de coopérer à notre enquête.

L'existence d'un programme (ou d'un pré-programme) de gestion des populations captives au sein des parcs zoologiques européens impose que ces populations soient parfaitement connues (ou en passe de l'être). Nous disposons donc du recensement des animaux participant aux programmes, ainsi et surtout de la liste exhaustive des parcs adhérents à l'EAZA possédant ces animaux. Cette liste, fournie gracieusement par les coordinateurs de chaque espèce, nous a permis de cibler les destinataires de l'enquête. Tous les parcs zoologiques européens ne sont cependant pas adhérents à l'EAZA, nous n'avons donc pas pu enquêter sur la totalité de la population captive européenne.

Il est justifié de penser qu'un parc adhérent à un programme de gestion de population pour une espèce soit intéressé par toute problématique de santé dans cette espèce, et donc plus enclin à participer à notre étude et à répondre à l'enquête. Par ailleurs, la prophylaxie médicale revêt une importance particulière pour la sauvegarde *ex situ* de ces espèces menacées. En outre, des accidents vaccinaux ont été répertoriés dans près de la moitié de ces espèces, ce qui nous incite d'autant plus à nous interroger sur la réalité des pratiques vaccinales, face au risque de perdre des animaux précieux sur le plan génétique par l'usage de vaccins potentiellement dangereux.

En ce qui concerne le Loup (*Canis lupus*), seules 4 sous-espèces ont un statut particulier pour l'EAZA : une est en EEP (sous-espèce hispanique) et les trois autres sont actuellement en évaluation (sous-espèces italienne, scandinave et d'Alaska). Afin d'inclure un plus grand nombre d'animaux dans l'étude, nous avons décidé d'élargir notre investigation à l'espèce *Canis lupus* tout entière. Cette espèce est d'autant plus intéressante qu'elle est très proche du Chien domestique, qui n'en serait qu'une sous-espèce (*C. l. familiaris)* selon certains auteurs, et est considérée comme telle dans la classification retenue (Wilson et Reeder 2005 [165]).

Ne bénéficiant pas de la liste EAZA de tous les parcs possesseurs de Loups, hormis pour les quatre sous-espèces sus-citées, nous avons utilisé la base de données ISIS ("International Species Information System", Système d'Information International sur les Espèces) pour établir la liste des parcs auxquels adresser le questionnaire. ISIS est un logiciel de gestion des collections zoologiques utilisé dans le monde entier. Entre autres potentialités, il permet de créer une base de données internationale, disponible sur Internet (www.isis.org), recensant les animaux présents dans tous les parcs travaillant avec ce logiciel. Là encore, cette liste se limite aux parcs utilisant ISIS, et n'est donc pas

exhaustive. De plus, sa fiabilité est dépendante de la fréquence de mise à jour de la liste des animaux détenus par chaque parc, laquelle peut être fortement aléatoire.

Le fait que l'enquête couvre toute l'Europe permet de comparer les pratiques dans les différents pays, en particulier les vaccins disponibles. Il faut cependant noter que les pays destinataires appartiennent à l'Europe selon la définition de l'EAZA, puisque la liste a été établie à partir de ses données. Elle inclut donc Israël, le Kazakhstan, le Koweït et les Emirats Arabes Unis, états du Proche et Moyen-Orient rattachés aux associations européennes.

Au total, l'enquête s'est adressée à 200 parcs de 32 pays différents, tous détenant au moins une des neuf espèces prises en compte dans l'étude. Lorsque le vétérinaire du parc était connu (grâce aux listes de l'AFVPZ (Association Francophone des Vétérinaires de Parc Zoologique) pour la France et le Luxembourg et de l'EAZWV ("European Association of Zoo and Wildlife Veterinarians", Association Européenne des Vétérinaires de Zoo et de Faune sauvage) pour les autres pays), nous nous sommes directement adressé à lui. Dans le cas contraire (vétérinaire inconnu ou pas de vétérinaire), nous nous sommes adressé au contact du programme d'élevage d'une des espèces, transmis par les coordinateurs européens, ou à une adresse générale du parc, en demandant de faire suivre le message à la personne concernée.

C. Présentation du questionnaire

L'enquête a été présentée sous la forme d'un questionnaire, sous format M.S. Word®, rédigé en français et en anglais (annexes 3 à 6).

Les vétérinaires et zoologistes de parcs ont de nombreux questionnaires à remplir, concernant les plans d'élevage, des études diverses (zootechnie, génétique, médecine etc.), et cette activité se révèle très chronophage. Le questionnaire original était très long (plus de six pages), et le risque qu'il soit d'emblée écarté, notamment dans les parcs qui ne vaccinent pas, était très important et risquait de créer un biais pour l'étude. Nous avons donc scindé le questionnaire en deux parties inégales.

Le questionnaire préalable, de deux pages, très rapide à remplir, s'adresse à tous les parcs, qu'ils vaccinent ou non. Il permet d'obtenir une première vision globale sur les pratiques vaccinales et le taux de vaccination dans chaque espèce cible. Pour les parcs ne vaccinant pas, il s'agit du seul questionnaire qui leur sera adressé ; il comporte une question sur les raisons de la non vaccination. Pour les parcs vaccinant une ou plusieurs espèces, ils peuvent à la fin de ce questionnaire accepter ou non de poursuivre l'enquête et de recevoir la deuxième partie, beaucoup plus longue. Cela permet de recueillir des réponses de parcs même peu intéressés par notre étude, sans les décourager avec un questionnaire très long, celui-ci n'étant alors envoyé qu'à des personnes concernées (c'est à dire vaccinant ou ayant vacciné une ou plusieurs de ces espèces) et ayant manifesté leur

désir de participer à cette étude. Nous espérions ainsi avoir un bon taux de réponse aux deux questionnaires, et un très bon taux de réponse pour le premier.

Ce premier questionnaire est également l'occasion d'évaluer la connaissance générale des risques d'effets secondaires dus à la vaccination, puisqu'il s'agit de l'une des questions importantes que nous soulevons dans ce travail.

Le second questionnaire, de six pages, a été adressé aux parcs ayant répondu positivement au premier questionnaire. Un exemplaire du questionnaire a été envoyé pour chaque espèce vaccinée dans le parc. Ce questionnaire propose de décrire les pratiques vaccinales d'une part, et les résultats d'autre part (notamment en terme d'effets secondaires).

Nous sommes conscients de la charge de travail que représente le remplissage d'un document comme celui-ci, aussi avons nous essayé de le rendre le plus facile et rapide à remplir que possible.

Ayant été préalablement rédigé en français, il a été adressé dans cette langue aux parcs francophones (France, Luxembourg, partie francophone de la Belgique), car il nous semblait plus agréable, facile et rapide de répondre dans sa langue maternelle, les réponses pouvant également être plus développées et plus précises. Pour les autres parcs, le questionnaire a été envoyé en anglais.

La présentation inclut le plus souvent possible des questions à choix multiples, afin de diminuer le temps de réponse. L'utilisation de la fonction « formulaire » de MS Word® nous a permis d'intégrer des cases à cocher et des zones de réponses déterminées mais souples (pas de limite de place), afin de faciliter le remplissage. Le questionnaire peut ainsi être renseigné directement sur informatique, ou imprimé et rempli à la main selon les préférences de chacun.

Il a été envoyé par l'intermédiaire des messageries Internet ; une adresse électronique (courriel) et une adresse postale ont été fournies pour la réponse.

Le premier envoi, groupé, a été accompagné d'un texte de l'étudiante présentant son travail, précédé d'une introduction du Dr Alexis Maillot, vétérinaire au Parc Zoologique d'Amnéville (57), maître de stage et instigateur de cette enquête. Ces textes peuvent être trouvés en annexes 1 et 2.

Cet envoi a été réalisé trois fois, à quelques mois d'intervalle, afin de relancer les parcs et d'obtenir un maximum de réponses.

L'envoie du second questionnaire était personnalisé suite à la réponse de chaque parc au premier questionnaire.

Suite à ce premier envoi, nous avons reçu une proposition du Dr. Declan O'Donovan, de Dubaï, de publier l'objectif de notre étude et notre questionnaire dans le journal *Wildlife Middle East News* (= Information sur la Faune Sauvage du Moyen-Orient), une publication du Moyen-Orient disponible sur Internet (www.wmenews.com) et diffusée gratuitement par messagerie électronique à plus de 5000 professionnels de la faune sauvage. Une annonce a donc été associée à la diffusion du numéro 2-4 de mars 2008

(Annexe 7), et le questionnaire a été mis en lien sur le site internet du *Wildlife Middle East News* (Rubrique *"Supporting Material - Supporting Article for Newsletter Vol 2 - Issue 4"*). Toutefois, aucune réponse supplémentaire n'a été obtenue par ce biais, mais un vétérinaire (français !) nous a tout de même contacté après la parution de la newsletter et nous a gracieusement envoyé un article sur le sujet dont il était l'auteur.

II. Résultats

A. Evaluation du taux de réponse

1. Taux de réponse au premier questionnaire

Sur 200 questionnaires envoyés, nous avons reçu 105 réponses, dont 100 sous format informatique et 5 sous format papier par voie postale, soit un taux de réponse de 52,5 %, ce qui est tout à fait acceptable pour un questionnaire de ce type. Rappelons que les vétérinaires ou responsables de collection des parcs zoologiques reçoivent en permanence de nombreux questionnaires, et que beaucoup n'ont ni le temps ni l'intérêt d'y répondre. Nous estimons que ce bon taux de réponse est en partie dû à la facilité et la rapidité de réponse à ce premier questionnaire, volontairement très court, ainsi qu'au sujet qui semble intéresser les parcs, puisque plusieurs personnes ont mentionné dans leurs réponses leur désir de connaître les résultats de l'étude.

La liste des parcs ayant répondu à l'enquête avec les espèces détenues et vaccinées est présentée en annexe 8.

La répartition géographique des parcs ayant répondu au premier questionnaire est présentée sur la figure 2.

2. Taux de réponse au second questionnaire

Sur les 75 parcs vaccinant ou ayant déjà vacciné au moins une espèce, 71 parcs ont accepté de poursuivre l'enquête et de répondre au second questionnaire. Parmi eux, 49 ont renvoyé le second questionnaire, immédiatement ou après relance quelques mois plus tard, soit un taux de réponse de 69 %. Là encore, ce taux est honorable, mais on aurait pu s'attendre à de meilleurs résultats, puisque les parcs avaient préalablement donné leur accord de principe pour répondre à ce questionnaire. La taille du questionnaire et la répétitivité du travail pour les parcs qui vaccinent plusieurs espèces (un questionnaire à remplir par espèce) a certainement été un frein pour certains. Nous avons essayé de minimiser le travail en proposant aux parcs vaccinant beaucoup d'espèces de ne remplir qu'un questionnaire pour toutes, si le protocole utilisé était similaire. Toutefois, nous sommes conscient que ce second questionnaire était particulièrement rébarbatif et fastidieux à compléter, et il aurait été intéressant de trouver une présentation moins lourde tout en gardant la souplesse nécessaire à une récolte correcte de données souvent très variables.

Figure 2. Répartition géographique des parcs ayant répondu au premier questionnaire

3. Quelques problèmes rencontrés

Les principaux problèmes rencontrés ont été liés à la forme de l'enquête.

Tout d'abord la fonction formulaire de MS Word® a donné de bons résultats tant que le fichier était conservé sous format MS Word® (seules quelques réponses sont revenues sans suivre le format proposé), mais certains de nos interlocuteurs ont copié le questionnaire directement dans le corps du message électronique, afin de gagner du temps (pas besoin d'enregistrer le document sur son ordinateur puis de l'envoyer en pièce-jointe). Malheureusement cette manipulation conservait les questions et le texte mais ne faisait pas apparaître les cases à cocher, et nous ne recevions donc qu'une zone blanche à l'emplacement des réponses à choix multiple. Cette incompatibilité informatique a engendré une perte de temps pour nous et pour les destinataires de l'enquête, obligés d'y répondre une seconde fois.

Le second problème résulte du choix de la messagerie électronique pour la diffusion et la récupération des questionnaires, méthode choisie en raison de son coût (gratuit), de sa rapidité et de sa praticité (mailing-liste permettant de faire des envois groupés pour le premier questionnaire). Malheureusement les systèmes de protection des boîtes de messagerie contre les courriers indésirables (anti-spams) sont parfois trop zélés, notamment concernant les messages envoyés depuis des adresses étrangères ou les messages groupés. Il est ainsi probable que certains parcs n'ont jamais reçu le questionnaire, d'autres ne l'ont reçu que lors du second envoi. De la même façon, certaines réponses ne nous sont jamais parvenues, les parcs nous expliquant alors, lors des envois de relance, qu'ils avaient déjà rempli, renvoyé puis effacé le questionnaire, et que le remplir deux fois (principalement le second questionnaire, très long) était une perte de temps qu'ils ne pouvaient se permettre. Nous avons ainsi perdu un petit nombre de données. Nous considérons cependant que la messagerie électronique reste une voie pratique et efficace de diffusion d'un questionnaire d'enquête, dans un cadre tel que le nôtre.

B. Réponses au premier questionnaire

1. Taux de vaccination

Sur les 105 parcs ayant répondu au premier questionnaire, 75 vaccinent ou ont déjà vacciné une des espèces de l'étude, soit 71,4 %.

a) Taux de vaccination par espèce

Nous définissons le taux de vaccination par le rapport entre le nombre de parcs vaccinant ou ayant déjà vacciné une espèce et le nombre de parcs détenant ou ayant déjà détenu cette espèce.

$$\text{Taux de vaccination} = \frac{\text{Nombre de parcs vaccinant l'espèce}}{\text{Nombre de parcs détenant l'espèce}}$$

Le taux de vaccination varie en fonction des espèces, les résultats sont présentés dans le tableau 31.

Tableau 31. Taux de vaccination (passée et présente confondues) des différentes espèces de l'étude.

	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Fennec (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)	Toutes espèces confondues
Nombre de parcs détenant l'espèce	70	7	43	25	27	10	12	7	15	215
Nombre de parc vaccinant ou ayant vacciné cette espèce	49	6	29	17	11	8	9	4	12	145
Taux de vaccination	70 %	86 %	67 %	68 %	41 %	80 %	75 %	57 %	80 %	67 %

Le Fennec est l'espèce la moins vaccinée (41 % de vaccination actuelle ou passée).

Le Chacal à chabraque est l'espèce la plus vaccinée (86 % de vaccination actuelle ou passée), suivi du Renard polaire et du Dhole.

Toutes espèces confondues, le taux de vaccination est de 67%.

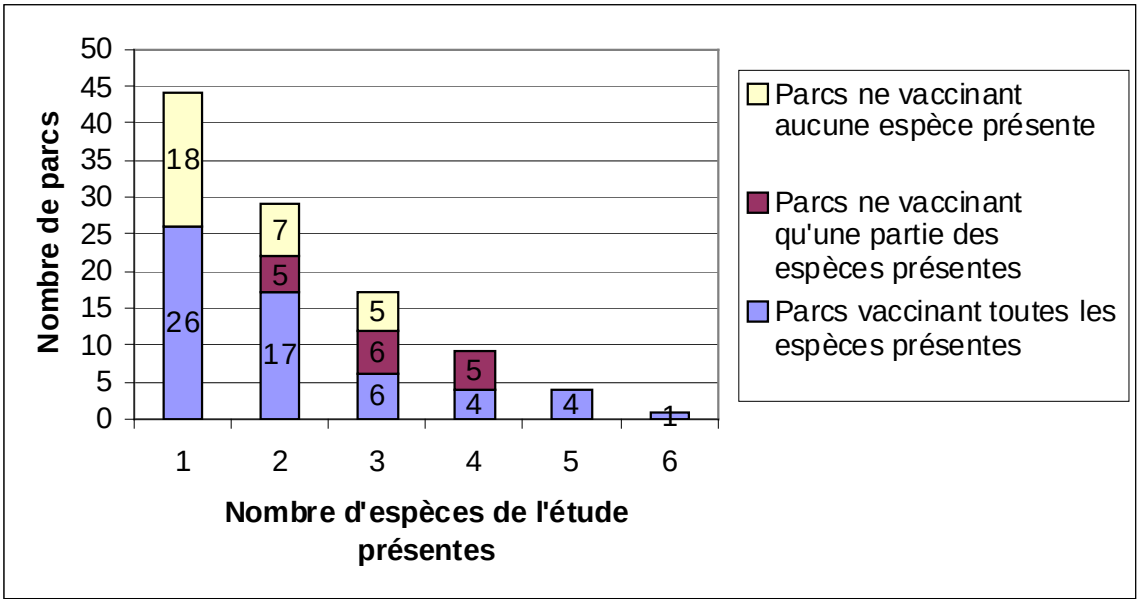
b) Différences de stratégies entre parcs

Trois stratégies peuvent être distinguées :
- la vaccination d'aucune espèce : 30 parcs (soit 29 % des réponses) ;
- la vaccination de toutes les espèces de l'étude hébergées : 58 parcs (soit 56 % des réponses) ;
- la vaccination d'une partie seulement des espèces de l'étude présentes : 16 parcs (soit 15 % des réponses).

Cette distinction doit cependant être faite avec prudence car les parcs peuvent détenir d'autres espèces de Canidés, qui peuvent être vaccinées ou non, et qui n'apparaissent pas dans notre questionnaire.

La répartition des ces stratégies en fonction du nombre d'espèces détenues est présentée sur la figure 3.

Figure 3. Répartition des parcs (n = 104) vaccinant tout, partie ou aucune des espèces de l'étude détenues.



On constate qu'à partir de 4 espèces de notre étude hébergées, les parcs concernés (soit 14 ici) vaccinent au moins une espèce présente. Les 5 établissements qui détiennent 5 espèces les vaccinent toutes.

Nous nous intéressons maintenant au taux de vaccination par espèce en ne prenant en compte que les parcs vaccinant au moins une des espèces de l'étude (n = 74). Les résultats sont présentés dans le tableau 32.

Tableau 32. Taux de vaccination (passée et présente confondues) des différentes espèces de l'étude détenues dans des parcs vaccinant au moins une des espèces.

	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Fennec (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)
Nombre de parcs détenant l'espèce	53	7	34	20	17	10	10	4	14
Nombre de parcs vaccinant l'espèce	51	6	29	17	11	8	9	4	12
Taux de vaccination	96 %	86 %	85 %	85 %	65 %	80 %	90 %	100 %	86 %

Le Fennec reste l'espèce la moins vaccinée (65 % de vaccination actuelle ou passée). Pour toutes les autres espèces, le taux de vaccination est supérieur à 80 %.

2. Raisons des non-vaccinations

Cette question était ouverte, afin de ne pas influencer la teneur des réponses. Les causes évoquées d'absence ou d'arrêt de la vaccination (la distinction n'a pas été faite) sont nombreuses, plusieurs causes ayant parfois été données dans un même parc pour une même espèce. Elles ont été regroupées en 4 idées majeures (Tableau 33) :

- l'absence de besoin identifié (pas d'exposition, animaux isolés ou âgés)
- la difficulté et les risques de mise en oeuvre pratique (difficulté de capture, contention, téléanesthésie)
- les limites du vaccin en lui-même (manque d'innocuité ou d'efficacité)
- la réalisation de vaccinations ponctuelles uniquement (départ, lors d'autre manipulation) ou sur une partie de la population (juvéniles)

Le détail des réponses est en annexe 9.

La vaccination partielle est une stratégie de vaccination à part entière, il est donc discutable de la lister parmi les raisons de la non-vaccination. Cependant, dans de nombreux cas, la vaccination partielle répond à des injonctions extérieurs (vaccination obligatoire dans la région ou lors d'un transfert) et non à des considérations épidémiologiques internes, les parcs se considèrent donc comme non-vaccinant à proprement parler. En outre, de nombreux parcs ont l'évoquée dans cette partie du questionnaire, nous la présentons donc ici.

Tableau 33. Raisons de la non-vaccination (en nombre de réponses).

	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Fennec (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)	**Total**	**%**
Absence de besoin	18	0	9	3	15	2	1	2	3	**53**	**43%**
Difficultés pratiques	16	1	2	1	0	0	0	0	1	**21**	**17%**
Limites du vaccin	6	0	6	6	2	0	2	0	1	**23**	**19%**
Vaccinations ponctuelles	11	1	4	3	4	1	0	1	0	**25**	**21%**

Toutes espèces confondues, la raison le plus souvent évoquée est l'absence de nécessité ressentie, le plus souvent car aucun cas clinique ne s'est jamais déclaré dans le parc (évoqué dans 35 réponses sur les 53). Les animaux sont jugés à l'abri de ces maladies, y compris lorsque les Chiens domestiques sont autorisés dans le parc (mentionné dans une réponse).

Un cas particulier est le confinement des animaux dans des enceintes closes, souvent des pièces fermées vitrées pour les petites espèces (Renard polaire, Fennec), éventuellement avec un pédiluve à l'entrée (une réponse). C'est la première cause avancée pour justifier la non-vaccination des Fennecs (7 réponses sur 21, soit 33 % des réponses).

Les difficultés pratiques de la mise en oeuvre sont également régulièrement citées, principalement chez les Loups. Il peut s'agir de difficulté à capturer les animaux, souvent libres dans de grands enclos et non confinés en bâtiments la nuit, à les manipuler (nécessité d'une anesthésie générale), ou alors à les vacciner de loin par télé-injection, là encore en raison de la taille et de l'aménagement des enclos, du nombre d'animaux (risque de vacciner deux fois le même animal), voire d'une cohabitation avec d'autres espèces (Ursidés) au sein d'un enclos polyspécifique.

L'organisation en meute de nombreux Canidés (Loup, Lycaon, Dhole) est également un frein pratique à la vaccination. Outre la difficulté à cibler les animaux (soit pour la capture, soit pour la télé-injection) au sein d'un groupe, toute intervention humaine risque de déstabiliser l'organisation sociale de la meute. Retirer, même temporairement, un individu de la meute entraîne toujours le risque que l'animal ne soit plus accepté lors de sa réintégration. Pendant d'anesthésie, il est dangereux de laisser un animal mal réveillé au milieu du groupe, car son comportement altéré peut inciter les autres à l'attaquer.

Le problème de la limite des vaccins disponibles est évoqué, chez le Loup, le Loup à crinière, le Lycaon, le Fennec, le Chien des buissons et le Dhole (16 % des réponses). Dix-huit réponses sur 23 évoquent le problème de défaut d'innocuité des vaccins atténués. C'est la première raison de non-vaccination des Lycaons et des Chiens des buissons. La disparition des vaccins inactivés sur le marché a conduit à l'arrêt de la vaccination dans plusieurs parcs. La non-connaissance de l'efficacité des vaccins pour Chien chez les autres espèces de Canidés a été évoquée dans un questionnaire. Enfin, un protocole vaccinal trop contraignant a été évoqué deux fois.

Enfin, les vaccinations partielles sont fréquentes (21 % des réponses). Le plus souvent, il s'agit d'une vaccination concernant uniquement les jeunes animaux (14 réponses sur 25, soit 56 % des vaccinations partielles). Ces derniers sont considérés comme plus sensibles aux maladies, mais sont également plus facilement manipulables. Les vaccinations sont en général réalisées à l'occasion de la première capture, concomitament au sexage et à l'identification électronique.

Certains parcs vaccinent sporadiquement lors d'interventions sur les animaux pour d'autres raisons (4 réponses sur 25, soit 16 %), notamment chez les Loups, Loups à crinière et Lycaons, grandes espèces difficiles à capturer et à manipuler. Une anesthésie générale est alors l'occasion de réaliser un maximum de soins.

Enfin, 6 % des parcs (28 % des vaccinations partielles) ne vaccinent que lorsque cela leur est explicitement demandé avant le transfert d'un animal vers un autre parc, souvent dans un pays étranger. Il s'agit en général uniquement d'une vaccination anti-rabique, en une injection unique, effectuée lors de la mise en quarantaine de l'animal avant son départ.

Ces chiffres sont toutefois à prendre avec précaution car certains parcs ont considéré que la vaccination partielle était une vaccination à part entière, et ont donc répondu au questionnaire suivant.

3. Connaissance des risques liés à la vaccination

Sur les 104 parcs ayant répondu, 40 (soit 38 %) ont déjà entendu parler d'effets secondaires néfastes de la vaccination sur une des espèces de l'étude. Inversement, 62 % n'ont pas répondu à la question "Avez-vous déjà entendu parler de morbidité ou mortalité consécutive à la vaccination chez ces espèces ?" (réponse possible : "oui" uniquement), mais ce résultat doit être interprété avec précaution car certains de ces parcs évoquent l'absence de vaccins inactivés disponibles comme raison de la non-vaccination, témoignant ainsi qu'ils sont avertis du risque potentiel des vaccins vivants... Ce pourcentage doit donc être revu à la baisse. On peut ainsi estimer qu'environ la moitié des parcs ont conscience des dangers potentiels de la vaccination chez au moins une des espèces de l'étude. Les réponses par espèces sont présentées dans le tableau 34.

Tableau 34. Nombre de parcs ayant connaissance de risque de maladie vaccinale chez les différentes espèces.

En gras les espèces chez lesquelles des maladies vaccino-induites ont déjà été décrites

	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	**Loup à crinière** (*Chrysocyon brachyurus*)	**Lycaon** (*Lycaon pictus*)	**Fennec** (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	**Chien des buissons** (*Speothos venaticus*)	**Otocyon** (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)
Tous parcs	2	0	22	23	8	0	4	0	0
Parcs possédant l'espèce (sur total des parcs possédant l'espèce)	0/68	0/7	20/43	12/24	4/27	0/10	3/12	0/7	0/15

Le Loup à crinière et le Lycaon sont identifiés par plus de 20 % des parcs comme susceptibles de développer des maladies vaccinales. Ce pourcentage est beaucoup plus faible chez le Fennec et le Chien des buissons, et aucun parc, même ceux en présentant et en vaccinant, n'est sensibilisé à un risque potentiel chez l'Otocyon. Il est vrai que la bibliographie concernant cette espèce est plutôt pauvre, et le seul cas rapporté très succinct et non prouvé. Il est à noter que plusieurs parcs ont entendu parler d'effets secondaires chez des espèces qu'ils ne possèdent pas, notamment le Lycaon (11 parcs). Au moins chez cette espèce, qui est celle pour laquelle nous possédons les données bibliographiques les plus abondantes, l'information est plutôt bien connue. Enfin, plusieurs parcs ont évoqué connaître l'existence d'effets indésirables chez le Loup, sans qu'aucune description n'ait pu être trouvée dans la littérature.

Certains parcs ont explicitement mis en avant les effets néfastes possibles de la vaccination pour expliquer l'arrêt ou la modification de leurs protocoles de vaccination sur certaines espèces, notamment l'arrêt de la primo-vaccination des jeunes avec des vaccins vivants (parvovirose), ou l'utilisation d'un nombre de valences limité aux vaccins inactivés. D'autres parcs ont continué à vacciner tout en ayant conscience des risques potentiels (7 réponses), et enfin 6 parcs (vaccinant des Loups à crinières et des Lycaons) ont déclaré qu'ils ne tenaient pas compte de l'existence de risques de maladie vaccinale dans leur décision de vacciner ou non.

C. Réponses au second questionnaire

Quatre-vingt-huit réponses ont été reçues de 48 parcs zoologiques situés dans 18 pays différents, et incluent la totalité des neufs espèces de l'étude.

Les réponses obtenues sont présentées sous forme d'un tableau analytique dans l'annexe 10.

Nous avons également inclus dans les résultats les détails plus ou moins précis qu'ont mentionnés certaines personnes dans le questionnaire préalable lorsqu'ils n'ont pas répondu au second questionnaire.

Les résultats peuvent être présentés selon trois angles :

- les pratiques propres à chaque parc, et les différences de pratique d'une espèce à l'autre au sein d'un même parc.
- les pratiques par espèce, l'unité est alors le groupe d'animaux de cette espèce hébergé dans un parc (le nombre par espèce est présenté dans le tableau 35). Chaque parc n'a répondu qu'à un questionnaire par espèce sauf un. Cette unité correspond donc également au nombre de parcs hébergeant cette espèce à l'exception du Loup. En effet, le seul parc qui possède deux groupes d'une même espèce (deux sous-espèces de Loup) les vaccine de la même manière mais pour des raisons différentes, le parc a donc rempli deux questionnaires qui ont été traités comme deux unités différentes.
- Les pratiques tous parcs et toutes espèces confondues, l'unité est un groupe d'animaux d'une même espèce hébergé dans un même parc. Par exemple, un parc qui vaccine des Loups et des Fennecs compte pour deux unités (n = 88 groupes d'animaux vaccinés).

En fonction des questions, nous présenterons les résultats selon un ou plusieurs de ces angles. L'unité choisie sera précisée.

Tableau 35. Nombre de réponses au second questionnaire par espèce cible.

	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Fennec (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)
Nombre de réponses	32	4	18	9	6	2	6	3	8

1. Raisons évoquées pour entreprendre la vaccination

Les raisons évoquées pour entreprendre la vaccination d'une espèce sont présentées dans le tableau 36.

Tableau 36. Raisons de la vaccination (nombre de réponses par espèce)

	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Fennec (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)	Total	%
Prophylaxie générale	27	3	16	6	5	2	5	3	5	**74**	**61%**
Maladie déjà rencontrée dans le parc	9	1	5	4	1	0	3	0	3	**26**	**22%**
Exigence préalable à un transfert	12	0	3	1	1	0	1	0	3	**21**	**17%**
Autre	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**	**2%**

Remarque : certains parcs peuvent avoir évoqué plusieurs raisons, ce qui explique que le total soit supérieur au nombre de questionnaire.

La raison la plus évoquée pour justifier la vaccination est son intégration dans des mesures de prophylaxie générale (61 % des réponses).

La vaccination avant un transfert représente 17 % des réponses. Le plus souvent les parcs ne précisent pas contre quelle maladie ni pour quel pays. Huit questionnaires mentionnent la nécessité de vacciner leurs animaux contre la rage avant un transfert. Deux sont plus précis : l'un concerne la vaccination de dholes avec les valences CHPL pour un transfert d'Allemagne vers la Russie, l'autre la vaccination de dholes et de loups avec les valences CHPLR pour un transfert de la Russie vers les Etats-Unis d'Amérique.

Dans le cas présent, cette raison n'est jamais évoquée seule. Il est probable que les parcs ne vaccinant que lors des transferts n'ont pas estimé qu'ils vaccinaient réellement les animaux, et n'ont donc répondu qu'au premier questionnaire (vaccination partielle, voir B.2.)

Plusieurs maladies ont déjà été diagnostiquées dans les parcs, entraînant la vaccination de l'espèce ayant été malade et/ou d'autres espèces réceptives et sensibles. A noter toutefois que toutes les espèces de Canidés ne sont pas systématiquement vaccinées dans un parc après le diagnostic d'une maladie contagieuse, d'autres facteurs (faisabilité de la mise en œuvre de la vaccination, proximité géographique des animaux sensibles ou contact potentiel (soigneurs identiques) entre espèces etc.) peuvent entrer en compte. Ces paramètres n'ont pas pu être évalués par notre questionnaire.

Nous avons récapitulé les cas de maladie rencontrés associés à la vaccination d'une ou plusieurs espèces dans le tableau 37.

Tableau 37. Maladie rencontrée dans le parc ayant entraîné des mesures de vaccination

numéro du parc (Pays)	Maladie	Espèce malade	Espèce(s) vaccinée(s) parmi les Canidés de l'étude	Espèce(s) non vaccinée(s) parmi les Canidés de l'étude
26 (Lettonie)	Parvovirose	Panda roux (*Ailurus fulgens*)	Fennec Loup	Loup à crinière Renard polaire (pas de jeunes)
40 (Royaume-Uni)	Parvovirose	Dhole	Dhole Lycaon Loup Loup à crinière Chien des buissons	0
43 (Royaume-Uni)	Parvovirose	Loup	Loup Lycaon	0
31 (Pologne)	Parvovirose	Dingo	Loup Loup à crinière	Fennec Renard polaire
34 (Pologne)	Parvovirose	Lycaon	Lycaon	Loup à crinière
14 (Estonie)	Parvovirose	Loup à crinière	Loup Loup à crinière	0
12 (Espagne)	Maladie de Carré	Dhole	Dhole Chien des buissons	0
45 (Russie)	Maladie de Carré	Dingo *(Canis lupus dingo)*	Dhole Loup	0
2 (Allemagne)	Maladie de Carré	Loup Lycaon	Loup Lycaon	Fennec (arrêt car confinés en nocturama)
2 (Allemagne)	Leptospirose	Loup Lycaon	Loup	Lycaon
16 (France)	Leptospirose	Loup	Loup	Lycaon Loup à crinière Fennec
42 (Royaume-Uni)	Leptospirose	Renard (espèce non précisée)	Loup	0
39 (Royaume-Uni)	Leptospirose	Renard corsac (*Vulpes corsac*)	Chacal Loup à crinière	0
41 (Royaume-Uni)	Leptospirose	Primates Hippopotame pygmée (*Hexaprotodon liberiensis*)	Lycaon	Loup
4 (Allemagne)	Leptospirose	Phoque du lac Baïkal *(Pusa sibirica)*	Loup Loup à crinière	0
13 (Espagne)	Hépatite de Rubarth (suspectée)	Chien des buissons	Chien des buissons Loup (*C. l. occidentalis*)	Loup (*C.l. signatus*)

Enfin, des conditions épidémiologiques particulières ont été évoquées dans trois questionnaires pour justifier la vaccination : la présence de chiens errants dans le parc, conduisant à la vaccination des loups à crinière avec un panel vaccinal complet (CHPPiLR), l'autorisation des Chiens domestiques dans le parc, justifiant la vaccination des chacals à chabraque avec un panel complet également (CHPLR) et une épizootie de parvovirose dans la région du parc, provoquant la vaccination des louveteaux contre la parvovirose uniquement.

Nous pouvons nous intéresser aux pratiques par parc. La raison "demandé avant un transfert" n'a pas été incluse dans les résultats, car trop aléatoire, pouvant dépendre des plans de collection, de l'évolution des groupes etc….. De plus, dans le cadre des réponses au deuxième questionnaire, la vaccination ne se réduit jamais à cette seule situation et repose sur d'autres motivations. Sur 23 parcs vaccinant plusieurs espèces, 18 (78 %) évoque une seule et même raison pour toutes les espèces concernées. Pour 12 parcs, il s'agit de mesures de prophylaxie générale, 1 parc a déjà rencontré une maladie dans son cheptel et les 6 autres parcs vaccinent pour ces deux raisons associées.

Cinq parcs vaccinent plusieurs espèces mais en se fondant sur des considérations distinctes ; il s'agit à chaque fois de maladies diagnostiquées dans le parc ayant entraîné la vaccination sélective d'une espèce ou d'une partie des espèces alors que d'autres espèces, présentes également, ne sont vaccinées que dans le cadre de mesures de prophylaxie générale. Il peut s'agir par exemple de groupes d'animaux n'ayant pas de contact direct ou indirect avec l'espèce diagnostiquée malade (autre partie du parc, soigneurs différents). Les questionnaires ne permettent pas d'expliciter plus précisement ces choix.

2. Ancienneté de la vaccination

Cette question avait pour but d'évaluer si les pratiques vaccinales étaient anciennes ou récentes, et de mettre notamment en relation la durée de la vaccination avec la survenue ou non d'accidents vaccinaux.

Beaucoup de réponses ont été ininterprétables (par exemple : "vaccination depuis l'arrivée des animaux", sans qu'il soit possible de savoir quand les animaux étaient réellement arrivés) ; 70 réponses ont pu être utilisées. Nous les avons regroupées dans le tableau 38.

Tableau 38. Durée de la vaccination par espèce (nombre de parcs)

Durée de la vaccination	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Fennec (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)	Total	%
< 5 ans	7	1	5	4	2	0	1	1	3	**24**	**34%**
5 ≤ < 10 ans	3	1	3	3	1	0	2	0	0	**13**	**18%**
10 ≤ < 20 ans	6	0	3	1	0	0	2	0	3	**15**	**21%**
≥ 20 ans	8	0	3	1	2	2	1	1	1	**19**	**27%**

La majorité des animaux (24 groupes d'animaux, soit 34 %) sont vaccinés depuis quelques années seulement. Trois raisons ressortent des questionnaires :

- l'arrivée récente de l'espèce dans le parc ;
- l'arrivée récente d'un vétérinaire ou d'un nouveau vétérinaire, aucun registre n'ayant permis de savoir si une vaccination avait été effectuée auparavant ;
- une vaccination débutée récemment, les animaux n'étant auparavant pas vaccinés.

Dix-neuf groupes d'animaux soit 27 % sont vaccinés depuis au moins 20 ans (ou ont été vaccinés au moins 20 ans) ; ils appartiennent à dix parcs situés dans sept pays (sur 16 pays ayant répondu à cette question) : l'Allemagne (7 groupes d'animaux), le Danemark (1 groupe d'animaux), la France (1 groupe d'animaux), la Lithuanie (2 groupes d'animaux), la Pologne (1 groupe d'animaux), le Royaume-Uni (1 groupe d'animaux) et la Russie (6 groupes d'animaux).

3. Valences vaccinales les plus utilisées

Ces pourcentages sont calculés à partir du nombre de groupes d'animaux vaccinés pour lesquels nous connaissons les valences utilisées, soit 88 groupes d'animaux vaccinés.

a) Valences utilisées

Les valences utilisées chez les Canidés sauvages sont la maladie de Carré (93 %), la parvovirose (88 %), la leptospirose (84 %), l'hépatite de Rubarth (83 %), la rage (60 %), le virus *Para-influenza* (composant de la toux de chenil) (41 %). Deux parcs polonais vaccinent contre le *Coronavirus* canin (soit 3 % des groupes vaccinés), un virus responsable d'entérites. Les animaux ainsi vaccinés sont des Loups, Loups à crinière et Otocyons. Cette valence n'est pas disponible en France.

Aucun parc ne vaccine contre la piroplasmose, la maladie de Lyme, *Bordetella bronchiseptica* (autre agent de la toux de chenil) ou le tétanos, qui sont les autres valences vaccinales disponibles sur le marché pour le Chien domestique.

Certains parcs ont explicitement mentionné que le choix des valences utilisées était assujetti à la disponibilité de vaccins tués (vaccin leptospirose uniquement par exemple).

b) Vaccination monovalente

Dix pour-cent des groupes d'animaux ne sont vaccinés qu'avec une seule valence, dans sept parcs.

Parmi ces sept parcs, deux ne possèdent qu'une seule espèce cible. L'un possède deux espèces (Chacal et Loup à crinière), qui sont vaccinées de la même façon (vaccination monovalente leptospirose).
Les quatre autres ont des stratégies différentes en fonction des espèces : l'un ne vaccine que les Lycaons (maladie de Carré), les Loups et les Loups à crinière ne sont pas vaccinés. Le second vaccine les Fennecs et Lycaons contre la maladie de Carré uniquement mais les Loups contre la maladie de Carré et la leptospirose. Le troisième utilise une vaccination monovalente maladie de Carré pour les Loups à crinière mais multivalente et adaptée pour les autres espèces : Loup (CHPPiL) et Lycaon (CPLR). Le dernier vaccine les Loups contre la rage uniquement mais utilise un panel multivalent chez les Fennecs (CHPLR) et ne vaccine pas du tout ni les Renards polaires ni les Loups à crinière.

La vaccination monovalente contre la maladie de Carré est mise en oeuvre dans deux zoos allemands et un zoo néerlandais (respectivement pour vacciner des Fennecs et Lycaons, des Lycaons, et des Loups à crinière). Ces parcs disposaient de vaccins inactivés non commerciaux (voir 4.) ; il n'existe en effet pas de vaccin monovalent commercialisé en Europe destiné au Chien domestique contre la maladie de Carré.

Un parc qui ne présente que des Loups vaccine les louveteaux uniquement contre la parvovirose, en raison de l'épidémiologie locale : la maladie est très fréquente dans la région chez les Chiens domestiques.

Deux parcs ne vaccinent que contre la leptospirose : l'un parce que c'est le seul vaccin inactivé disponible (vaccination des Otocyons), et l'autre suite au diagnostic de cette maladie chez des Renards corsac (*Vulpes corsac*) ; il vaccine les Loups à crinière et les Chacals.

Un zoo letton ne vaccine les Loups que contre la rage, pour des mesures de prophylaxie générale car la Lettonie n'est pas indemne de rage. Un panel plus large est utilisé chez les Fennecs (CHPLR) mais uniquement chez les jeunes. Seuls les jeunes Renards polaires et Loups à crinière étaient également vaccinés, n'ayant pas ou plus de reproduction, la vaccination de ces espèces n'est pas pratiquée.

c) Vaccination multivalente

La majorité des parcs utilise une combinaison de valences vaccinales (90 %).

L'association de valence la plus utilisée est maladie de Carré / hépatite de Rubarth / parvovirose / leptospirose / rage (CHPLR, 30 %), suivie de la même association incluant le virus *Para-influenza* (CHPPiLR, 21 %), puis d'une association identique sans la valence rabique (CHPPiL, 14 %).

Les autres associations de valences représentent chacune entre 1 et 3 % du total des groupes vaccinés. Elles sont très diverses, quatorze associations différentes plus ou moins complètes ayant été décrites ; elles varient d'une combinaison bivalente (CP par exemple) à une combinaison heptavalente (CHPPiLRCo).

Parmi les 23 parcs vaccinant plusieurs espèces, 17 (soit 74 %) utilisent la même combinaison de valences pour toutes les espèces (de deux à six espèces vaccinées) ; seuls 6 (26 %) sélectionnent des valences différentes en fonction de l'espèce.

d) Valences utilisées par espèce

Les valences ou combinaisons de valences les plus utilisées par espèce sont globalement similaires aux résultats toutes espèces confondues. La combinaison CHPLR est la plus utilisée chez le Loup, le Loup à crinière, le Fennec, le Renard polaire et le Dhole ; la combinaison CHPPiLR vient en première position chez le Chacal ; CHPPiL chez le Lycaon ; enfin aucune ne se démarque des autres chez le Chien des buissons et l'Otocyon. Cependant, le nombre de réponses est trop faible pour réellement conclure à la prédominance d'une combinaison par espèce, à l'exception du Loup (CHPLR chez 10 des 32 groupes, soit 31 %).

Ces combinaisons correspondent à celles utilisées en routine chez le Chien domestique, les vaccins commerciaux incluant ou non le virus *Para-influenza* dans leur panel de base, et la valence rage en fonction du contexte épidémiologique local.

4. Animaux vaccinés

Quatre-vingt-huit réponses nous sont parvenues sur les catégories d'animaux vaccinés, tous parcs confondus.

Les jeunes sont vaccinés dans 84 % des groupes d'animaux, et les adultes dans 88 %.

Les adultes sont seuls à être vaccinés dans 14 réponses soit 16 %. Six réponses concernent des parcs n'ayant pas de reproduction, il est donc logique que les adultes soient les seuls vaccinés. Trois parcs ne vaccinent qu'occasionnellement lors de capture ou de transfert, il s'agit à chaque fois de Loups. Aucune précision n'est apportée dans les questionnaires restant, il est donc impossible de savoir s'il s'agit d'un choix délibéré ou non (pas de reproduction).

Seuls les jeunes sont vaccinés dans 11 réponses soit 12 %. Il s'agit uniquement de Loups (6), Loups à crinière (2) et Lycaons (3).

Concernant les Loups, les six parcs expliquent que leur vaccination se limite aux jeunes en raison des problèmes de capture et d'administration du vaccin à l'âge adulte.

Les cas des Loups à crinière sont particuliers, puisque les deux parcs commencent juste à vacciner, l'un parce qu'il vient de recevoir les animaux, l'autre parce qu'il débute un nouveau protocole vaccinal. Ces parcs n'ont pas pas encore vacciné d'animaux adultes. Chez les Lycaons, un cas concerne un seul individu élevé à la main. Cet animal étant isolé du groupe et sa manipulation étant facile, il a été vacciné alors que les individus de la meute ne le sont pas. Les deux autres parcs employaient un vaccin inactivé non commercial contre la maladie de Carré uniquement sur les jeunes, sans préciser pourquoi la vaccination n'était pas poursuivie chez les adultes.

L'âge à la primovaccination est variable, la première vaccination étant réalisée entre 1 à douze mois d'âge. Les résultats sur 70 réponses sont présentés dans le tableau 39.

Tableau 39. Age à la primovaccination (nombre de réponses)

	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Fennec (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)	Total	%
4 sem. = 1 mois	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1%**
5 sem.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1%**
6 sem.	1	0	1	0	1	1	0	0	1	**5**	**7%**
7 sem.	1	1	1	0	0	0	0	1	0	**4**	**6%**
8 sem.	8	0	4	6	1	0	1	1	3	**23**	**34%**
9 sem. = 2 mois	5	0	3	1	1	1	0	0	0	**11**	**16%**
11 sem.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	**1**	**1%**
12 sem.	2	0	1	0	0	0	1	0	0	**4**	**6%**
3 mois	5	2	3	1	1	0	1	0	2	**15**	**21%**
6 mois	0	1	1	0	0	0	0	0	0	**2**	**3%**
9 mois	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**	**1%**
12 mois	1	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**	**3%**

La primovaccination est débutée le plus fréquemment (50 % des réponses) à huit semaines ou deux mois d'âge, ce qui correspond à l'âge recommandé pour la primovaccination des chiots (en général deux injections, la première à sept-huit semaines et la seconde après douze semaines).

Un parc sur 5 (15 réponses) ne vaccine qu'à partir de trois mois d'âge, la moitié (7 réponses) adoptant un protocole en une injection et l'autre moitié (8 réponses) en deux injections. Chez le Chien domestique, on estime que la période critique pour la vaccination (présence d'anticorps maternels en quantité insuffisante pour protéger le jeune mais suffisante pour neutraliser les anticorps vaccinaux administrés) est dépassée au delà de douze semaines d'âge. Vacciner à partir de trois mois permet donc d'être quasiment sûr que le vaccin ne sera pas neutralisé par les anticorps maternels, et peut permettre chez le Chien de s'affranchir d'une seconde injection de primovaccination, notamment pour les valences virales (CHPR). La primovaccination est tout de même réalisée en deux injections après trois mois dans la moitié des réponses.

Quelques parcs enfin vaccinent plus tardivement, à partir de six, neuf ou douze mois d'âge.

Les femelles gestantes sont vaccinées intentionnellement dans 10 % des réponses, inversement 3 % des sondés précisent que les femelles gestantes sont volontairement exclues des animaux vaccinés. La plupart des parcs n'ont donc donné aucune réponse spécifique sur le traitement des femelles gestantes (ni inclusion ni exclusion). Cela peut s'expliquer de deux façons. Premièrement, plusieurs parcs ne présentent pas de couples reproducteurs, et n'ont donc pas de femelle gestante. Deuxièmement, ces établissements peuvent vacciner sans savoir si les animaux sont gestants ou non : les femelles gestantes ne sont donc pas incluses volontairement, ni exclues non plus. Ces chiffres sont donc difficiles à interpréter puisque nous ne connaissons pas le statut reproducteur précis de chaque groupe d'animaux.

Plus d'un tiers (37 %) des réponses indiquent que les animaux sont vaccinés en quarantaine avant l'entrée dans la collection proprement dite. La vaccination est ainsi intégrée au programme de prophylaxie à l'entrée.

Respectivement 2 et 3 % des réponses excluent volontairement les animaux âgés et malades. Il est à noter que certains parcs avaient déjà mentionné l'âge comme raison de l'arrêt ou de la non vaccination de leurs animaux dans le premier questionnaire (animaux non reproducteurs, vaccinés étant jeunes, désormais isolés).

Enfin, un parc exclut de la vaccination les animaux qu'il n'a pas réussi à flécher ou à attraper, ce qui semble signifier qu'un animal non capturé ou vacciné le jour prévu ne fera pas l'objet d'une seconde tentative avant la campagne de vaccination suivante.

5. Vaccins utilisés

La liste des vaccins utilisés est en annexe 11.

Dans les parcs vaccinant plusieurs espèces, 16 parcs sur 23 (70 %) utilisent le(s) même(s) vaccin(s) pour toutes les espèces (deux à cinq espèces). 7 parcs utilisent des vaccins différents, 6 car le protocole utilisé varie selon l'espèce (deux à six espèces) ; le dernier utilise des vaccins de plusieurs marques et notamment un vaccin non commercial chez les Loups à crinière mais pas chez les Loups.

Une grande variété de vaccins commerciaux pour Chien sont cités, et rassemblent toutes les valences et combinaisons de valences disponibles chez cette espèce.

Les vaccins les plus utilisés sont les vaccins multivalents : HEXADOG®, MERIAL (CHPLR, 23 réponses) ; NOBIVAC®, INTERVET (CHPPiL, 14 réponses) ; VANGUARD®, PFIZER (CHPPiL, 11 réponses) ; et les vaccins monovalents antirabiques : NOBIVAC RABIES®, INTERVET (13 réponses) et RABISIN®, MERIAL (10 réponses).

Toutefois, certains parcs ont choisi d'utiliser d'autres vaccins, jugés plus sûrs d'emploi car renfermant des antigènes tués ou obtenus par génie génétique, contre la maladie de Carré et la parvovirose. Ces vaccins sont utilisés chez les espèces identifiées comme sensibles aux vaccins commerciaux atténués.

Contre la parvovirose, le zoo de Cracovie a choisi d'utiliser un vaccin pour chat, FEL-O-VAX® de FORT DODGE, contenant la valence *Parvovirus* félin tuée, afin de vacciner les Loups à crinière en suivant le protocole décrit dans les recommandations américaines.

Le zoo de Varsovie a réussi quant à lui à importer d'Australie le vaccin inactivé monovalent PARVAC®, de PFIZER, afin de vacciner sans danger ses Lycaons.

Contre la maladie de Carré, le zoo de Cracovie a réussi à importer le vaccin recombinant vectorisé pour furets PUREVAX® de MERIAL pour ses Loups à crinière. L'utilisation de ce vaccin est recommandée pour toutes les espèces exotiques sensibles à la maladie de Carré aux Etats-Unis d'Amérique.

Au Pays-Bas, le zoo d'Amsterdam utilise le vaccin sous-unitaire CDV-ISCOM fabriqué par le Erasmus Medical Center de Rotterdam, pour vacciner les Lycaons et les Loups à crinière, mais pas les Loups qui reçoivent un vaccin commercial.

En Allemagne, le zoo de Francfort a fait autrefois fabriquer un vaccin inactivé contre la maladie de Carré par les industries de Behring Werke Marburg. Ce vaccin n'existe plus à présent mais a été utilisé par cinq zoos allemands sur des Lycaons, Loups à crinière, Chiens des buissons et Fennecs. Le zoo de Francfort utilise actuellement pour les Loups à crinière un vaccin inactivé contre la maladie de Carré et l'hépatite de Rubarth fabriqué spécialement par INTERVET. Celui-ci est utilisé pour les deux premières injections de primovaccination, deux autres injections en primovaccination sont ensuite réalisées avec un vaccin commercial (voir le détail du protocole dans la partie 6) c)).

6. Protocoles vaccinaux par espèce

Les protocoles décrits sont très variables selon les parcs et les espèces.

Parmi les 23 parcs vaccinant plusieurs espèces, 15 (65 %) utilisent le même protocole quelle que soit l'espèce (deux à cinq espèces vaccinées), 7 mettent en oeuvre des protocoles différents (deux à six espèces) et 1 n'a pas décrit ses protocoles.

a) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Loup *(Canis lupus)*

Nous avons reçu vingt-huit protocoles de vaccination plus ou moins précis et complets, tous différents à l'exception de deux d'entre eux. Afin de faciliter la lecture, nous avons choisi de présenter les 25 protocoles de primovaccination sous forme d'un tableau récapitulant les valences utilisées à chaque âge par parc (chaque ligne représente un parc) (Tableau 40).

L'âge à la primovaccination est variable. Une courte majorité des parcs concernés (13 sur 25) vaccinent à partir de huit semaines ou deux mois d'âge, comme chez le Chien domestique. Quatre structures vaccinent avant huit semaines (dès quatre semaines pour l'un), et sept débutent la primovaccination vers douze ou quatorze semaines (trois mois).

Un parc vaccine les jeunes une seule fois entre cinq et huit semaines d'âge, toujours avant douze semaines car les louveteaux sont alors plus faciles à attraper. Aucun rappel n'est effectué en raison des problèmes de capture (très grands enclos boisés) et de stress occasionné. Seule la valence parvovirose est utilisée en raison de l'épidémiologie locale (nombreux cas sur des chiens) avec un vaccin surtitré (VANGUARD CPV®, PFIZER). Les adultes sont vaccinés uniquement lors de capture pour des transferts avec le panel complet (CHPPiLR).

Le dernier parc (non représenté dans le tableau) ne vaccine qu'à partir de douze mois, la primovaccination est réalisée en deux administrations à quatre semaines d'intervalle (valences CHPLR, vaccins variés), le rappel est annuel.

La fréquence des rappels est variable. La plupart des établissements (9 sur 25) effectuent un rappel annuel. Un parc ne réalise les rappels que tous les deux ans (NOBIVAC® CHP, INTERVET). Un autre entreprend des rappels annuels contre la leptospirose (NOBIVAC® LEPTO) mais seulement tous les trois ans pour les autres valences (NOBIVAC® CHPPi), à l'instar d'une autre structure utilisant cette fois NOBIVAC® CHP.

Trois parcs n'effectuent pas de rappels chez les adultes et trois autres uniquement à l'occasion d'une manipulation ou d'un transfert.

Un zoo a débuté une vaccination contre la leptospirose suite au diagnostic de cette maladie chez un loup. Les injections n'ont été réalisées qu'à l'occasion d'anesthésie pour changement d'enclos, le vaccin a donc été administré uniquement deux fois à sept mois d'intervalle sur des animaux adultes (CANIGEN L®, VIRBAC). Les rappels n'ont pas été réalisés en raison de la complexité de mise en oeuvre et de la fréquence nécessaire pour une bonne couverture (tous les six mois).

Tableau 40. Protocoles vaccinaux utilisés en Europe chez le Loup (valences administrées par âge et par parc)

4 sem. **1 mois**	**5 sem.**	**6 sem.**	**7 sem.**	**8 sem.**	**9 sem.** **2 mois**	**10 sem.**	**11 sem.**	**12 sem.**	**3 mois**	**14 sem.**	**15 sem.**	**16 sem.**	**18 sem.** **4 mois**	**6 mois**	**1 an**	**Rappel**	**Nom déposé du vaccin**
				CHPPiL				CHPPiLR							CHPPiLR	annuel	Virbagen canis® Rabisin®
				CL				CL								non	*Inactivé Behring*
				CHPPi				CHPPi								Non précisé	variable
					CHPL				CHPLR						CHPLR	annuel	Hexadog® (2 parcs)
				CHPPi				CHPPi								non	Eurican®
					CHPL				CHPLR							annuel	?
				CHP				CHP								2 ans	Nobivac®
									CHPLR				CHPLR			Non précisé	Hexadog®
				CHPPiL			CHPPiL									annuel	Vanguard®
			CHPPi		CHPPi			CHPPiLR			CHPPiL				CHPPiLR	annuel	Canvac® Biocan®
									CHPPiL					R		Non précisé	Hexadog® Nobivac®
				CHPPiLCo				CHPPiLCo				R			CHPPiLRCo	Que si transfert	Vanguard® Eurican® Rabisin®
					CHPPiL			CHPPiL								L annuel CHPPi 2 ans	Vanguard®
									CHPR						CHPR	annuel	Nobivac®
CHL					CHL											annuel	Canigen®

4 sem. 1 mois	5 sem.	6 sem.	7 sem.	8 sem.	9 sem. 2 mois	10 sem.	11 sem.	12 sem.	3 mois	14 sem.	15 sem.	16 sem.	18 sem. 4 mois	6 mois	1 an	Rappel	Nom déposé du vaccin
									CHPPiL			CHPPiL				non	Nobivac®
				CP				CHPL		CHPPiL		R			CHPPiLR	annuel	Nobivac®
								CHP				CHP			CHP	3 ans	Nobivac®
					CHPLR?			CHPLR								Non précisé	Hexadog® Nobivac® Virbagen®
CHL					CHL											annuel	Canigen®
	P															CHPPiLR occasionnel	Vanguard CPV®
		CHPL						CHPLR								Non précisé	Hexadog®
					CHPPiL				?							Non précisé	Eurican 7®
									R							Non précisé	Biocan R® Nobivac rabies®

b) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Chacal à Chabraque *(Canis mesomelas)*

Quatre parcs ont décrit précisement leur protocole de primovaccination, un cinquième a juste mentionné qu'il vaccinait les jeunes trois fois, sans détailler ni l'âge des animaux concernés ni les valences utilisées. Dans trois zoos les primovaccinations sont réalisées tardivement (après trois mois au minimum) ; un seul commence à vacciner dès sept semaines d'âge.

Le premier parc vaccine en deux fois à trois et quatre mois d'âge (CHPLR, TRIVIROVAX®, ISOLEPT® ET RABISIN®, MERIAL).

Le second vaccine contre les valences CHPPiL à trois mois d'âge et contre la rage à six mois d'âge (HEXADOG®, MERIAL et NOBIVAC®, INTERVET).

Le troisième ne vaccine qu'à partir de six mois d'âge et uniquement contre la leptospirose (LEPTO II®, NORVET), selon un protocole de primovaccination en deux injections espacées de six semaines.

Enfin, le dernier est celui qui commence ses vaccinations dès sept semaines d'âge et met en place un protocole de primovaccination complexe en quatre injections. Les vaccins utilisés sont CANVAC® (DYNTEC) ou BIOCAN® (BIOVETA) :

- à sept semaines d'âge : CHPPi;
- à neuf semaines d'âge : CHPPi
- à douze semaines d'âge : CHPPi + LR
- à quinze semaines d'âge : CHPPi + L

Les rappels comprennent toutes les valences (CHPPiLR).

Les rappels sont annuels pour tous.

c) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Loup à crinière *(Chrysocyon brachyurus)*

Dix-sept parcs nous ont transmis leur protocole vaccinal.

Tous les protocoles étant différents, nous présentons les plus détaillés sous forme de tableau (tableau 41) afin d'en faciliter la lecture.

Tableau 41. Protocoles vaccinaux utilisés en Europe chez le Loup à crinière (valences administrées par âge et par parc)

7 sem.	8 sem.	9 sem. 2 mois	12 sem.	3 mois	15 sem.	16 sem.	18 sem. 4 mois	5 mois	1 an	Rappel	Nom déposé du vaccin
CHPPi		CHPPi	CHPPi LR		CHPPi L				CHPPi LR	annuel	Biocan® Canvac®
	CHPPi LCo		CHPPi LCo			R			CHPPi LRCo	non	Vanguard® Eurican® Rabisin®
	C		C						C	annuel	ISCOM
	CHP		CHP							bienna l	Nobivac®
	CHPPi L		CHPPi L						CHPPi L	annuel	Vanguard®
		CHPL R	CHPL R							non précisé	Hexadog® Nobivac® Virbagen®
		CHPL		CHPL R					CHPL R	annuel	Hexadog®
		CHPPi L	CHPPi L						CHPPi L	annuel	Nobivac®
			CPL						CPL	annuel	*Boehringer*
				CHPPi LR			CHPPi L			annuel	Eurican®
				CHPPi LR			CHPPi LR			annuel	Eurican® Enduracell®
				CHPR					CHPR	annuel	Nobivac®
		CH inactivé		CH inactivé			CHPL R	CHPL R		annuel	*Inactivé Intervet* Eurican®

Parmi les autres parcs, un établissement vaccine dès six semaines d'âge, mais ne nous a pas donné plus d'information sur son protocole vaccinal.

D'autres parcs vaccinent plus tardivement. L'un ne vaccine qu'à partir de douze mois, avec une primovaccination en deux administrations à quatre semaines d'intervalle (valences CHPLR), et un rappel annuel. Un autre présente des loups à crinières depuis deux ans seulement ; les animaux ont été vaccinés à neuf mois d'âge puis sept mois plus tard (CHPLR, HEXADOG®, MERIAL).

Un zoo vaccine uniquement contre la leptospirose (NORVET LEPTO II®), la primovaccination est réalisée en deux administrations à six semaines d'intervalle, mais nous ne connaissons pas l'âge minimum de vaccination. Le rappel est annuel.

Enfin, le zoo de Cracovie suit depuis cette année les recommandations américaines pour la vaccination contre la maladie de Carré et la parvovirose, en utilisant respectivement les vaccins PUREVAX FERRET DISTEMPER® de MERIAL et le vaccin félin FEL-O-VAX PCT® (*Parvovirus*, *Calicivirus* et *Herpesvirus*) de FORT DODGE. Les animaux ont été vaccinés tardivement, soit à partir de six-sept mois d'âge, en raison des délais

d'autorisation et d'importation du PUREVAX® depuis les Etats-Unis d'Amérique vers la Pologne. Les deux vaccins ont été administrés séparément la première fois, puis simultanément les deuxième et troisième fois, à trois semaines d'intervalle à chaque fois. Les recommandations préconisent ensuite de passer à un vaccin atténué contre la parvovirose.

d) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Dhole *(Cuon alpinus)*

Cinq parcs nous ont transmis leur protocole de vaccination des jeunes et des adultes.

Trois vaccinent dès huit semaines d'âge, deux d'entre eux administrent une deuxième injection quatre semaines plus tard, le troisième trois semaines plus tard (ils utilisent respectivement les valences CHPL (CANIGEN®, VIRBAC), CHPPiLR (VIRBAGEN CANIS®, VIRBAC) et CHPPiL (VANGUARD 7®, PFIZER).

Les deux autres parcs vaccinent à partir de trois mois d'âge. L'un réalise deux administrations à un mois d'intervalle (CHPLR, HEXADOG®, MERIAL). L'autre utilise les valences CHPPiL (HEXADOG®, MERIAL ou NOBIVAC®, INTERVET) à trois mois d'âge, et administre la valence R à six mois d'âge.

Tous les parcs administrent des rappels annuellement.

Enfin, un sixième parc n'a qu'un groupe de mâles adultes qu'il vaccine une fois par an (CHPPiL, VANGUARD 7®, PFIZER).

e) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Lycaon *(Lycaon pictus)*

Dix parcs nous ont envoyé un protocole vaccinal détaillé. Tous réalisent des primovaccinations en deux injections à trois ou quatres semaines d'intervalle.

Cinq parcs vaccinent les jeunes à huit et douze semaines d'âge (valences PL (EURICAN®, MERIAL) ; CPLR (CPV LEPTO®, PFIZER, RABISIN®, MERIAL et le vaccin CDV-ISCOM) ; CHPPiL (Duramune®, Fort Dodge) ou P seule (Parvac®, Pfizer) ; C seule (vaccin inactivé Berhing)). Un parc vaccine à huit et onze semaines (CHPPiL, VANGUARD 7®, PFIZER), un autre à neuf et douze semaines (CHPPiL, NOBIVAC®, INTERVET), un autre à onze et quinze semaines (CHPL, R uniquement à quinze semaines, HEXADOG®, MERIAL), le dernier vaccine selon les portées à trois, quatre ou quatre mois et demi, la seconde injection étant réalisée un mois plus tard (CHPPiL, CANIGEN®, VIRBAC).

Tous ces parcs effectuent des rappels annuels à l'exception des deux n'utilisant que le vaccin inactivé contre la maladie de Carré de Behring, qui ne vaccinent que les jeunes.

Enfin, le dernier parc ne vaccine que des animaux adultes. La primovaccination (deux injections à un mois d'intervalle), est suivie par des rappels annuels contre la leptospirose, ou biennaux contre les autres valences (CHPPi, NOBIVAC®, INTERVET).

f) Protocoles vaccinaux utilisés chez l'Otocyon *(Otocyon megalotis)*

Deux parcs vaccinent leurs otocyons avec des vaccins multivalents.

L'un utilise VANGUARD PLUS 5/CV® (PFIZER) (valences CHPPiLCo) chez les jeunes dès huit semaines d'âge. La primovaccination comprend deux administrations à trois semaines d'intervalle. Le rappel est annuel.

L'autre utilise un protocole de primovaccination plus complexe en quatre injections. Les vaccins utilisés sont CANVAC® (DYNTEC) ou BIOCAN® (BIOVETA) :

- à sept semaines d'âge : CHPPi
- à neuf semaines d'âge : CHPPi
- à douze semaines d'âge : CHPPi + LR
- à quinze semaines d'âge : CHPPi + L

Le rappel est ensuite annuel et comprend toutes les valences (CHPPiLR).

Un dernier parc vaccine uniquement contre la leptospirose, car c'est la seule valence disponible sous forme inactivée. La vaccination n'a été effectuée que sur des animaux adultes. La primovaccination comprend deux injections à trois semaines d'intervalle du vaccin TETRADOG L® (MERIAL), le rappel est ensuite annuel.

g) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Chien des buissons *(Speothos venaticus)*

Trois parcs ont des naissances et nous ont fourni leur protocole de primovaccination des jeunes. L'un vaccine les jeunes en une fois, à douze semaines d'âge, puis effectue des rappels annuels, avec un vaccin inactivé non commercial réalisé pour le zoo de Francfort contre la maladie de Carré, la parvovirose et la leptospirose. Les deux autres réalisent une primovaccination en deux injections, l'un à trois mois d'âge avec un intervalle d'un mois entre les deux injections (HEXADOG®, EURICAN®, CANIFFA® et RABISIN®, MERIAL), l'autre à huit semaines d'âge avec un intervalle de trois semaines (VANGUARD 7®, PFIZER). Les rappels sont annuels.

Deux autres parcs n'ont pas de jeunes. Ils vaccinent uniquement les adultes sur une base annuelle, avec les vaccins CANIGEN® MHA2L (CHL) et MHA2PL (CHPL) (MERIAL).

h) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Renard polaire *(Vulpes lagopus)*

Deux parcs ont défini leur protocole. Dans l'un, les jeunes sont vaccinés dès l'âge de deux mois ; la primovaccination est réalisée en deux injections espacées de deux ou trois semaines. Les vaccins utilisés sont HEXADOG® (MERIAL), VIRBAGEN® (VIRBAC) et NOBIVAC® (INTERVET). La fréquence des rappels n'est pas indiquée. L'autre utilise également le vaccin HEXADOG®, chez les jeunes à partir de six semaines (mais sans plus

d'indication sur la primovaccination) et chez les adultes. La valence rage est ajoutée à douze semaines d'âge. La fréquence des rappels n'est pas indiquée.

Un autre parc a simplement mentionné qu'il vaccinait les renards polaires tous les deux ans.

i) Protocoles vaccinaux utilisés chez le Fennec *(Vulpes zerda)*

Cinq parcs vaccinent les Fennecs avec des vaccins multivalents CHP(Pi)LR (HEXADOG®, MERIAL ; EURICAN®, MERIAL ; VANGUARD 5/L®, PFIZER ; DURAMUNE®, FORT DOGDE ; NOBIVAC®, INTERVET). L'un d'eux réalise une primovaccination en deux injections à deux et trois mois d'âge, la fréquence des rappels n'est pas précisée. Un autre vaccine à trois mois d'âge avec les valences CHPPiL (NOBIVAC®) et à six mois d'âge avec la valence R. Un autre vaccine dès six semaines (HEXADOG®), sans plus de précision sur le protocole utilisé. Un parc, qui ne possède que des adultes, administre toutes les valences simultanément (DURAMUNE®) et effectue un rappel tous les trois ans uniquement. Le dernier parc ne vaccine également que les adultes (HEXADOG®), sans autre précision.

Deux parcs vaccinaient uniquement contre la maladie de Carré. Le protocole utilisé chez l'un deux comprenait deux injections en primovaccination à huit et douze semaines d'âge avec un vaccin inactivé non commercialisé (Behring). La vaccination a été arrêtée dans ces deux parcs suite à la disparition du vaccin inactivé.

7. Administration pratique du vaccin

a) Mode d'administration

Les différentes techniques de vaccination possibles et les diverses combinaisons utilisées sont présentées dans le tableau 42, établi à partir de 82 réponses.

Tableau 42 : récapitulatif des techniques de vaccination utilisées (en nombre de réponses par espèce)

Technique de vaccination	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Fennec (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)	Total	%
Télé-injection	4	0	4	2	0	0	1	0	2	**13**	**16%**
A la main, animal vigile	6	3	5	4	5	2	3	2	2	**32**	**39%**
Anesthésie pour la vaccination	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0%**
Anesthésie lors d'une autre intervention	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0%**
Télé-injection ou à la main (= jamais d'anesthésie)	6	1	5	1	0	0	1	1	2	**17**	**21%**
Télé-injection ou anesthésie lors d'une autres intervention (= jamais de capture ou anesthésie spécifique à la vaccination)	9	0	3	1	0	0	1	0	2	**16**	**20%**
A la main sur animal vigile ou anesthésie lors d'une autre intervention	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**	**2%**
Toutes options sauf anesthésie spécifique	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**2**	**2%**

Aucun parc ne réalise d'anesthésie spécifique pour la vaccination. On profite donc d'une anesthésie mise en œuvre pour une tout autre procédure pour vacciner l'animal. Il ne peut donc pas y avoir de vaccination suivie, laquelle est finalement mise en œuvre lors d'occasions aléatoires, dans le but de relancer l'immunité de l'animal lorsque c'est possible, mais donc sans aucune garantie d'efficacité. Tous les parcs qui vaccinent

uniquement à cette occasion se sont considérés comme "non-vaccinant" dans le premier questionnaire, signifiant ainsi qu'ils ne suivent pas de réel protocole vaccinal.

Une grande partie des groupes d'animaux (32 représentant 39 % du total) sont vaccinés vigiles, tenus à la main après capture. 21 % ne sont jamais anesthésiés pour être vaccinés (télé-injection ou vaccination à la main après capture), et 20 % ne sont jamais manipulés spécifiquement pour la vaccination (télé-injection ou lors d'une anesthésie dans un autre but). Enfin, 16 % sont vaccinés uniquement par télé-injection, il n'y a jamais de capture ou d'anesthésie.

b) Voie d'administration

Deux voies d'administrations sont possibles : l'injection sous-cutanée ou l'injection intramusculaire. L'utilisation de chacune de ces voies par espèce est présentée dans le tableau 43.

Tableau 43: voie d'administration des vaccins (nombre de réponses)

	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Fennec (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)	Total	%
Sous-cutanée	24	3	12	7	5	2	5	3	6	**67**	**55%**
Intra-musculaire	21	3	15	4	1	1	2	1	7	**55**	**45%**

On n'observe pas de différence significative entre l'emploi de la voie sous-cutanée ou de la voie intramusculaire pour l'administration du vaccin.

Sur les 55 parcs utilisant la voie intramusculaire, 42 (78 %) pratiquent également la télé-injection. Onze (20 %) vaccinent uniquement à la main, le choix de la voie intramusculaire est alors décidé et non imposé par le mode de vaccination.

La question incluait un espace libre demandant de préciser quelles valences étaient administrées par quelle voie. Cette question n'a pas eu le succès escompté : seules 11 réponses ont été données, 9 d'entre elles précisant que la voie sous-cutanée était utilisée lorsque l'animal était vacciné à la main (capturé ou anesthésié) et la voie intra-musculaire lorsqu'il était vacciné par télé-injection, sans aucune précision sur les valences utilisées à chaque fois. Seuls deux parcs ont souligné une différence de voie d'administration en fonction des valences : l'un vaccine contre CHPPiR par voie sous-cutanée, et contre la rage par voie intramusculaire ; le second par voie sous-cutanée contre la leptospirose, cette vaccination n'étant réalisée qu'à l'occasion de capture autre ou de transfert de parc, et la voie intramusculaire pour la rage, cette vaccination n'étant réalisée que par télé-injection. Aucune voie d'administration préférentielle ne ressort pour une valence donnée, la voie utilisée dépendant principalement des modalités pratiques de réalisation

de la vaccination. Toutefois, certains parcs qui vaccinent à la main – et ont donc le choix – choisissent également la voie intramusculaire.

c) Dose utilisée

A la question de la dose utilisée, la totalité des 75 réponses indiquait une dose unique, aucun parc n'utilise une double dose vaccinale pour aucune espèce.

d) Séparation des valences

Cette question visait à évaluer si des parcs suivaient certaines recommandations en séparant les différences valences vaccinales dans le temps afin de limiter l'impact des vaccins vivants sur le système immunitaire et réduire les risques de maladie vaccinale.

Le taux de réponse à cette question a été faible, les personnes questionnées considérant probablement qu'il s'agissait d'une redite par rapport à la question sur le protocole vaccinal.

Vingt-deux réponses indiquent utiliser des vaccins polyvalents et administrer toutes les valences en même temps. Onze questionnaires ont précisé que la valence rage n'était adminstrée chez les jeunes qu'à partir de 3 mois, et deux autres que les valences rage et leptospirose étaient administrées après 3 mois.

Trois réponses concernent des protocoles de Loups à crinière : lors de la primovaccination, des valences inactivées sont administrées seules avant de vacciner les animaux avec des valences atténuées.
Un parc utilise un vaccin inactivé non commercial d'INTERVET® contre la maladie de Carré et l'hépatite de Rubarth (associées) à partir de 2-3 mois à deux reprises à 4-6 semaines d'intervalle ; 4-6 semaines après la deuxième injection les animaux vaccinés avec un vaccin commercial atténué CHPLR, cette injection est répétée 4-6 semaines plus tard.
Un autre parc utilise un vaccin inactivé contre la maladie de Carré (non commercial, Behring-Werke) à deux semaines d'intervalle du vaccin contre la parvovirose.
Le dernier parc utilise un vaccin recombinant contre la maladie de Carré (PUREVAX®, MERIAL) et un vaccin inactivé contre la parvovirose féline (FEL-O-VAX®, FORT DODGE). Les premières injections de primovaccination de ces deux vaccins ne sont pas administrées au même moment sans que l'intervalle soit précisé ; les deux valences sont administrées ensemble pour les deux autres injections de primovaccination, environ trois semaines plus tard.

Enfin, un parc vaccine les Loups progressivement en ajoutant une valence à chaque injection de primovaccination : CP à 8 semaines, CHPL à 10-12 semaines, CHPPiL à 12-14 semaines, et la rage seule à 14-16 semaines.

e) Traitement concomitant

Le tableau 44 présente les traitements réalisés en même temps que la vaccination (80 réponses).

Tableau 44 : traitements réalisés en même temps que la vaccination

	Loup (*Canis lupus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Fennec (*Vulpes zerda*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Dhole (*Cuon alpinus*)	Total	%
Aucun	13	2	7	3	2	2	3	2	5	**39**	**49%**
Oui (sans précision	1	0	0	0	1	0	0	0	1	**3**	**4%**
Oui : anti-parasitaire interne	6	1	4	3	0	0	2	1	0	**18**	**22%**
Oui : anti-parasitaire externe	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**3**	**4%**
Oui : anti-parasitaire mixte	5	0	3	1	0	0	1	0	0	**10**	**12%**
Oui : vitamines	2	0	1	0	0	0	0	0	0	**3**	**4%**
Oui : tout traitement nécessaire	1	0	1	1	0	0	0	0	1	**4**	**5%**

Une grande partie des parcs (49 % des réponses) ne réalise aucun traitement simultanément à la vaccination.

Les traitements concomitants à la vaccination, correspondent essentiellement à des antiparasitaire interne (22 % des réponses) ou mixte (12 % des réponses). Les antiparasitaires mixtes (endectocides) utilisés sont des avermectines, l'ivermectine principalement (IVOMEC®, MERIAL en spot-on ou sous-cutanée), mais également la doramectine et la sélamectine. Sur les 3 réponses mentionnant l'utilisation d'un antiparasitaire externe strict, le fipronil (FRONTLINE®, MERIAL), tous l'associent à un antiparasitaire mixte (avermectine) ou interne (azolé).

Deux parcs vermifugent avant la vaccination (et non simultanéement), ce qui est recommandé chez le Chien domestique afin de préparer l'organisme pour répondre de façon optimale à la vaccination.

Deux établissements (3 réponses) administrent des vitamines associées aux anti-parasitaires.

Un zoo administre en même temps que la vaccination "tout traitement nécessaire", chez tous les animaux vaccinés (4 espèces), sans préciser de quel traitement il peut s'agir. Ce parc a mentionné explicitement qu'il ne vaccine que contre des maladies virales, or les interactions médicamenteuses sont plus fréquentes avec les vaccins bactériens (inactivation par les antibiotiques par exemple). Le choix de vacciner un animal qui a besoin d'un traitement semble donc raisonné.

L'administration concomitante de traitements associés à la vaccination est liée au mode d'administration. Seules 2 réponses provenant d'un seul parc mentionnent uniquement la télé-injection comme technique de vaccination, mais précisent que l'antiparasitaire est donné par voie orale aux jeunes (Loups à crinière et Lycaons). L'administration d'antiparasitaire ou autre traitement ne peut être réalisée que lors de manipulation réelle de l'animal, soit sur un animal vigile soit lors d'une anesthésie. L'utilisation de la technique de télé-injection ne permet pas de réaliser d'autre médication simultanément à la vaccination. Il est fortement déconseillé de mélanger un autre produit au vaccin et l'utilisation successive de deux flèches augmente la difficulté (animal déjà sur ses gardes, panique dans le groupe) et limite l'intêret de la télé-injection dans ce cas de figure.

8. Effets secondaires

Des effets secondaires à la vaccination chez les espèces de l'étude ont été décrits dans trois questionnaires, deux chez des Fennecs et un chez un Dhole.

Un dhole adulte du zoo d'Olomouc (République Tchèque) est mort dans les vingt minutes suivant la vaccination avec un vaccin multivalent CHPLR (HEXADOG®, MERIAL). Celle-ci a été réalisée par voie intramusculaire, à la main, l'animal étant capturé et contenu vigile. Le vétérinaire attribue cette mort au stress.

Le zoo de Riga (Lettonie) décrit la mort d'une portée de quatre fennecs de deux mois vaccinés avec le vaccin multivalent VANGUARD 5/L® de PFIZER (virus *Para-influenza*, de la maladie de Carré, de l'hépatite et de la parvovirose vivants atténués, *Leptospira* inactivée). Dix jours après vaccination, les jeunes étaient prostrés et en hyperthermie ; tous sont finalement morts. Un autre vaccin (HEXADOG®, MERIAL) a été utilisé pour les autres portées, sans aucun effet secondaire.

Le vétérinaire du zoo d'Innsbruck (Autriche) rapporte la mort de nombreux fennecs suite à des vaccinations contre la maladie de Carré dans les années 1970-1980. Aucune précision n'est toutefois donnée sur les vaccins utilisés. Un vaccin du laboratoire Mérieux, fractionné en deux doses, a ensuite été utilisé sans aucun effet secondaire.

La vétérinaire du zoo de Sharjah (Emirats Arabes Unis) rapporte la mort de quatre renards de Blanford (*Vulpes cana*) peu de temps après qu'ils aient été vaccinés avec un vaccin vivant atténué contre la maladie de Carré (sans autre précision sur le vaccin utilisé ou l'âge des animaux). Ce même accident serait arrivé également dans une collection de Renards de Rüppell (*Vulpes rueppellii*) dans la même région.

Enfin, aucun questionnaire ne décrit d'effet secondaire non spécifique tel que prurit, hyperthermie ou œdème, réactions vaccinales les plus souvent observées chez les Carnivores domestiques.

9. Efficacité

a) Défaut d'efficacité

Un questionnaire fait état d'un défaut d'efficacité de la vaccination. Les animaux concernés sont une portée de lycaons vaccinés à l'âge de huit semaines avec le vaccin multivalent DURAMUNE® de FORT DODGE (valences CHPPiL). Quatre semaines après cette unique injection de primovaccination (soit à la date prévue de la seconde injection), les animaux sont morts de parvovirose.

Il semble que cet accident ait été interprété dans ce parc comme un effet secondaire de la vaccination (il a été décrit dans la partie "effets secondaires" du questionnaire, et non dans la partie "efficacité"). Cependant, le délai entre la vaccination et l'apparition des signes cliniques (quatre semaines) nous semble trop long pour qu'il s'agisse d'une maladie vaccino-induite (il est habituellement d'une dizaine de jours, la durée d'incubation de la maladie étant de quelques jours). Un défaut d'efficacité sur des animaux insuffisamment protégés par une vaccination incomplète nous semble plus probable.

Cet accident a motivé un changement de vaccin pour les Lycaons dans ce parc, pour un vaccin monovalent inactivé contre la parvovirose (PARVAC®, PFIZER).

Aucun autre questionnaire ne mentionne qu'une maladie contre laquelle certains animaux sont vaccinés a été diagnostiquée dans le parc chez des animaux vaccinés. Cela inclut les 14 parcs qui ont choisi de vacciner suite à l'observation d'une maladie infectieuse dans leur collection.

Nous n'avons pas enquêté sur les autres mesures éventuelles (notamment sanitaires) qui ont pu être prises simultanément à la vaccination, aussi est-il difficile de conclure quant à l'efficacité de la vaccination. Il est possible que les animaux vaccinés n'aient plus ensuite été en contact avec l'agent pathogène.

b) Etudes sérologiques

Deux études sérologiques ont été rapportées dans les questionnaires.

La première a été réalisée à l'Artis zoo à Amsterdam ; elle correspond à l'étude publiée par J. Phillipa dans sa thèse [125]. Elle porte sur des jeunes lycaons vaccinés soit avec le vaccin sous-unitaire expérimental CDV-ISCOM (Erasmus Medical Center, Rotterdam), soit avec le vaccin recombinant commercial PUREVAX® FERRET DISTEMPER (MERIAL). Le vaccin recombinant a engendré de faibles titres d'anticorps neutralisants chez les Lycaons, et le vaccin ISCOM des titres encore plus faibles. Le vaccin PUREVAX® n'étant pas disponible en Europe, le vétérinaire du parc conclut qu'il n'y a pas de vaccin sûr et efficace disponible en Europe actuellement pour les Lycaons.

La seconde étude sérologique a été réalisée chez des loups (*Canis lupus lupus*) au zoo de Riga (Lettonie) suite à des vaccinations antirabiques. Le vaccin est administré par voie

intramusculaire. Le premier titrage a été effectué six mois après vaccination avec le vaccin inactivé BIOCAN R® (BIOVETA, République Tchèque), et s'est avéré négatif. L'année suivante, les loups sont vaccinés avec le vaccin NOBIVAC R® (INTERVET). Sept mois plus tard, le titrage se révèle positif. Le vétérinaire conclut que le vaccin BIOCAN R® possède une faible efficacité chez le Loup.

III. Discussion : intérêts et limites de la vaccination des Canidés sauvages en parc zoologique

L'enquête vise à replacer la vaccination des Canidés sauvage dans le contexte de la pratique quotidienne en parc zoologique, à travers 2 grandes questions : vacciner ou ne pas vacciner et si oui, comment vacciner ?

A. Discussion de l'intérêt et des limites de l'étude

1. Choix des espèces, représentativité

L'enquête s'est volontairement limitée à neuf espèces de Canidés sauvages, même si des données sur d'autres espèces ont été fournies dans l'étude bibliographique. Le choix des espèces s'est fait sur la praticité pour l'obtention des informations (espèces en programme d'élevage, impliquant qu'une grande partie des parcs possesseurs sont connus et recensés) et sur l'intérêt particulier que peut présenter la vaccination de ces espèces menacées, comme mesure de protection des individus maintenus en captivité.

Ces neuf espèces appartenaient à sept genres : cinq genres monospécifiques et deux genres polyspécifiques incluant chacun deux espèces cibles (genre *Canis* et *Vulpes*). Le genre *Canis* représentait un intérêt particulier car il comprend le Chien domestique. Chacun des deux genres polyspécifiques, contient une espèce bien représentée en parc zoologique (le Loup, *Canis lupus* et le Fennec, *Vulpes zerda*), tandis que l'autre est plutôt rare et très peu de questionnaires nous sont revenus concernant le Chacal à chabraque, *Canis mesomelas*, et le Renard polaire, *Vulpes lagopus*. La sélection des espèces de cette étude n'a pas été déterminée sur des critères de fréquence en parc zoologique (le Renard Corsac, *Vulpes corsac*, étant souvent présenté par exemple), ni sur l'abondance des données bibliographiques, lesquelles sont quasi-inexistantes pour le Dhole ou l'Otocyon, alors qu'elles sont très riches pour le Renard gris (*Urocyon cinereoargenteus*) ou le Renard roux (*Vulpes vulpes*), non inclus dans l'étude.

L'enquête n'avait pas pour objectif d'apporter des données exhaustives, représentatives d'un maximum de représentants de la famille des Canidés ou extrapolables à d'autre espèces proches, les différences physiologiques interspécifiques mises en évidences dans la première partie rendant toute tentative d'extrapolation sujette à caution. Son but était de fournir des données précises sur les espèces sélectionnées qui font l'objet de mesures particulières en captivité, ce qui a été obtenu.

2. Choix des parcs, représentativité

Les parcs ont été choisis en fonction des espèces hébergées. Seuls les parcs participant aux programmes d'élevage européens ont été inclus (sauf exceptions par contact personnel), des établissements qui possèdent des espèces cibles mais non incluses (donc

recensées) dans les Studbook n'ont pû être contactés, il ne s'agit toutefois pas de la majorité.

Nous avons choisi d'inclure des parcs provenant d'un grand nombre de pays (Europe élargie au Proche et Moyen-Orient) : le questionnaire a été adressé à 200 parcs dans 32 pays, et des réponses sont parvenues de 105 zoos répartis dans 24 pays. Un parc ne possède en général qu'un groupe d'animaux de la même espèce détenus et vaccinés de la même façon, et chaque parc représente une situation épidémiologique particulière. Il était nécessaire d'inclure un maximum d'établissements afin d'une part d'avoir un nombre de réponses suffisant pour analyse dans chaque espèce, et d'autre part de multiplier les situations épidémiologiques pour obtenir une bonne représentativité. Le grand nombre de réponses et la large couverture géographique obtenus nous ont permis d'atteindre un bon niveau d'exhaustivité et de rassembler une grande diversité de pratiques, le tout à l'échelle européenne, correspondant à l'échelle de gestion des populations captives de ces espèces.

3. Représentativité des réponses

Le taux de réponses pour une espèce donnée dépend dans une large mesure de sa fréquence en parc zoologique (Tableau 35). Ainsi, un nombre de réponses suffisant pour une interprétation correcte a été obtenu avec deux espèces principalement : le Loup (32 réponses) et le Loup à crinière (18 réponses). Pour toutes les autres espèces, le nombre de réponses varie entre deux et huit. Il est donc diffile de prétendre avoir obtenu des réponses représentatives (par exemple, seules 2 réponses sont parvenues sur la vaccination du Renard polaire, alors que 22 parcs en possédant ont été contactés, et que 8 sur 9 ont répondu au premier questionnaire en disant vacciner cette espèce).

4. Intérêts et limites d'une étude sous forme de questionnaire

La procédure consistant à envoyer le questionnaire élaboré par messagerie électronique présente de nombreux avantages : elle est rapide, facile et peu coûteuse. Elle requiert une disponibilité minimale en temps pour l'enquêteur et les enquêtés. Malgré quelques problèmes rencontrés lors de l'envoi et de la réception (voir II.A.3.), cette méthode d'enquête s'est avérée globalement satisfaisante. En réalité, les véritables inconvénients portaient plus à l'usage sur le fond plus que sur la forme : il est clairement apparu lors de l'analyse des réponses qu'un tel questionnaire présentait pour ce type d'étude des limites quant à la qualité des résultats recueillis.

a) Limites sur la quantité d'information récoltée

Le second questionnaire, visant à décrire les pratiques vaccinales par espèces, était très long (6 pages).

Certaines questions ont été concues spécialement pour cerner davantage un aspect précis du protocole vaccinal (valences séparées ou programme particulier des reproducteurs par exemple). Malgré leur impact sur la longueur du questionnaire, elles nous ont paru pertinentes afin de mieux comprendre des protocoles de vaccination parfois complexe et de récolter un maximum d'information. Cependant, ces questions n'ont pas été perçues de la sorte pas les personnes enquêtées. En effet, leur taux de réponse à été très faible (35 réponses sur 88 questionnaires pour la question sur la séparation des valences, aucune réponse sur les programmes de vaccination des reproducteurs, même pas un "non"). Il semblerait donc que les personnes interrogées ont jugé ces questions sans intérêt particulier ou redondantes par rapport à la question générale sur le protocole. Le choix de les inclure dans le questionnaire a donc été une erreur stratégique.

Inversement, ont été volontairement exclues du questionnaire des questions générales concernant la composition des groupes d'animaux (nombre d'animaux, statut reproducteur, évolution de la collection, etc.). Ces questions qui ont été sacrifiées pour limiter la longueur du questionnaire se sont révélées un des facteurs limitants de l'interprétations des données. Par exemple, il aurait été intéressant de demander à chaque parc quelles espèces de Canidés sauvages il possèdaient (y compris les espèces non incluses dans l'étude) et si ces espèces étaient vaccinées, afin de pouvoir avec plus d'exactitude décrire et comparer les pratiques vaccinales chez les Canidés. Savoir si des jeunes sujets faisaient ou non partie des groupes vaccinés nous aurait permis d'analyser les réponses relatives aux catégories d'animaux vaccinés (jeunes ou adultes) ; ainsi pour beaucoup de parcs ne vaccinant pas leurs jeunes individus, il est impossible de trancher entre un choix délibéré de leur part ou une question sans objet faute de reproduction.

Aucun descriptif du fonctionnement du parc ni du type d'enclos n'a été inclus dans l'enquête. Il est en outre quasiment impossible avec un questionnaire ainsi formulé de cerner l'évolution de la collection ou des pratiques, et donc les modifications éventuelles des stratégies vaccinales au cours du temps. Le choix d'inclure dans le questionnaire les espèces vaccinées dans le passé mais plus actuellement a été retenu afin d'augmenter la quantité de réponses sur les protocoles et résultats de vaccination, ce qui a été un succès. Malheureusement, cela a compliqué l'interprétation, notamment des raisons ayant déterminé les stratégies vaccinales mises en oeuvre. Prenons par exemple un zoo qui vaccine deux espèces mais dont les motivations sont pour l'une "prophylaxie générale" et pour l'autre "maladie déjà rencontrée dans le parc". Il est impossible d'analyser cette différence de stratégie : la première espèce était-elle vaccinée dans le passé et a-t-elle quitté le parc avant la survenue de la maladie (dans ce cas elle n'a été effectivement vaccinée que dans le cadre de mesures de prophylaxie générale) ? Ou est-elle détenue dans une autre partie du parc et entretenue par une autre équipe de soigneurs, rendant les risques de contagion extrêmements faibles, et ne justifiant pas que l'apparition d'une maladie sur la seconde espèce constitue un risque supplémentaire et une raison valable de vaccination ?

La principale limite du questionnaire ainsi présenté était sa longueur. Cette restriction à notre enquête, somme toute inévitable, nous a conduit à renoncer à obtenir un certain

nombre de précisions sur les parcs. Ainsi, il a été décidé de privilégier au maximum les réponses permettant de décrire le plus précisément possible les pratiques vaccinales, au dépens d'une analyse fine des motivations ayant déterminé la mise en oeuvre des stratégies vaccinales enregistrées.

Le choix de vacciner ou non est en effet une décision trop complexe et trop dépendante du contexte propre à chaque établissement pour être évalué, voire interprété par un questionnaire de ce type. Un entretien direct téléphonique, ou mieux une visite sur place, en complément de notre enquête, auraient été plus pertinents pour recueillir ce genre d'informations. Des difficultés pratiques évidentes (temps, éloignement géographique, coût, barrière de la langue parfois) n'ont pas rendu possible ce genre d'enquête, et n'auraient pas permis d'obtenir un si grand nombre de réponses.

b) Limites quant à la fiabilité des données récoltés

Le questionnaire comportait de nombreuses questions, très liées les unes aux autres et se recoupant parfois. L'analyse à mis en évidence de nombreuses incohérences dans les réponses apportées, avec des réponses incompatibles (ex : vaccination uniquement par télé-injection et uniquement par voie sous-cutanée) ou incomplètes ou illogiques (vaccination contre certaines maladies avec des vaccins ne contenant pas les valences *ad hoc*), voire des réponses qui se contredisaient d'une question à l'autre. De nombreuses personnes n'ont pas compris la structuration et la logique du questionnaire, et ont répondu au mauvais endroit ou ont répété les mêmes réponses à différents endroits.

Ces problèmes de réponses peuvent s'expliquer de plusieurs façons. D'une part, un défaut construction du questionnaire ne peut être exclu, avec des questions peu claires ou ne s'articulant pas de manière cohérente pour les enquêtés. D'autre part, le questionnaire a été conçu pour s'adresser à des vétérinaires, or il est probable qu'un certain nombre a été complété par d'autres personnes (biologistes, curateurs, soigneurs… stagiaire peut-être), ne possédant pas les connaissances médicales pour comprendre l'intérêt des questions et formuler au mieux les réponses (cela est certain dans plusieurs cas, les personnes précisant alors qu'elles s'étaient adressées à leur vétérinaire ou pourraient le contacter si nécessaire). Enfin, des problèmes de compréhension de la langue peuvent être incriminés : une grande partie des questionnaires ont été envoyés en anglais dans de nombreux pays non anglophones. Les limites de maîtrise de la langue, à la fois de l'enquêteur et des enquêtés, ont pu induire des incompréhensions dans la formulation des questions comme des réponses, et donc des difficultés et des erreurs d'analyse et d'interprétation.

Toutes ces incompréhensions et ces incohérences sont responsables d'un manque de précision de certaines réponses et d'erreurs probables d'interprétation par rapport aux faits réels.

Malgré la longueur du questionnaire, nous avons réussi à obtenir un grand nombre de réponses et une bonne représentativité géographique des parcs zoologiques, permettant de dresser un panorama relativement fiable sur la fréquence de la vaccination et des

problèmes vaccinaux en Europe et sur les protocoles et vaccins utilisés pour la majorité des espèces cibles. En revanche, les choix des stratégies de vaccination se sont révélés trop complexes pour être évalués par un questionnaire de ce type, se heurtant au manque d'informations secondaires indispensables sur le contexte particulier de chaque parc, à la très grande diversité des établissements contactés et aux biais et erreurs d'interprétation inévitables. Si nous avons pu dégager quelques idées sur les choix et stratégies vaccinales des parcs, le résultat principal de cette enquête est une description relativement représentative de la réalité des pratiques vaccinales sur le terrain dans les parcs zoologiques européens.

B. Vacciner ou ne pas vacciner

1. Importance de la vaccination dans les parcs zoologiques européens

La vaccination est une pratique répandue, puisque 71 % (75 sur 105) des parcs ayant répondu à l'enquête vaccinent au moins une des espèces de Canidés sauvages incluses dans l'étude. Un biais de réponse ne peut toutefois être exclu, les parcs ne vaccinant pas ont pu juger inutile de répondre au questionnaire préalable, même simplement pour dire qu'ils ne vaccinaient pas. Nous avons cependant essayé de réduire ce biais en précisant bien dans le texte d'accompagnement que le questionnaire s'adressait également aux parcs qui ne vaccinaient pas et qu'il était rapide à remplir. En outre, l'enquête ne prend pas en compte les parcs qui vaccinent d'autres espèces de Canidés sauvages que celles incluses dans l'étude.

La vaccination partielle est également une stratégie vaccinale, sauf lorsqu'elle est réalisée uniquement avant un transfert vers un autre parc : dans ce cas, il ne s'agit pas d'un choix du parc d'origine mais d'une demande du parc destinataire; on ne peut donc pas inclure ces parcs parmi les établissements vaccinant. Si l'on inclut les zoos vaccinant uniquement les jeunes (et s'étant considéré comme non vaccinant donc qui n'ont pas répondu au second questionnaire) et ceux ne vaccinant que lors d'un transfert d'enclos ou d'une autre manipulation, on arrive à 76 parcs vaccinant sur 104, soit 73 %. De la même façon, la vaccination suite à une obligation légale (vaccination rage par exemple) ne peut être considérée comme un choix vaccinal de la part du parc. Cependant, aucune réponse n'a mentionné uniquement cette raison.

Des différences de taux de vaccination sont observées en fonction des espèces (de 41 % pour le Fennec à 86 % pour le Chacal à chabraque), nous tenterons de les expliquer plus tard en analysant les motivations de la vaccination.

Si l'on s'intéresse aux stratégies propres à chaque établissement en se référant au nombre d'espèces de l'étude détenues, on peut mettre en évidence deux résultats. D'une part, une majorité des parcs, soit 56 %, vaccinent toutes les espèces de l'étude qu'ils possèdent. Si l'on exclut les parcs ne possédant qu'une seule espèce, 32 parcs sur les 60 vaccinent toutes les espèces de l'étude, soit 53 %. D'autre part, à partir de quatre espèces de l'étude présentes, au moins une espèce est vaccinée, et à partir de cinq espèces de l'étude présentes (4 parcs avec 5 espèces, 1 parc avec 6 espèces), toutes les espèces sont vaccinées.

Le questionnaire ne permet malheureusement pas de savoir si ces parcs possèdent d'autres espèces de Canidés et si ceux-ci sont également vaccinés, mais il semblerait que la proportion de Canidés vaccinés s'accroît avec le nombre d'espèces de cette famille hébergées. Ceci suggère la nécessité d'augmenter les mesures de protection mises en oeuvre (parmi lesquelles, la prophylaxie médicale) quand la densité d'espèces réceptives et sensibles aux mêmes maladies croît.

Une majorité des parcs zoologiques en Europe vaccinent donc les Canidés sauvages. Il est alors justifié de s'intéresser à la problèmatique de la vaccination des Canidés sauvages en captivité, et d'essayer de comprendre ce qui motive leur choix de la vaccination.

2. La décision vaccinale : choix de vacciner ou non

La décision de vacciner une espèce s'appuie sur de nombreux arguments, positifs comme négatifs. Nous avons essayé de dégager les principales considérations qui rentrent en compte dans le choix de la vaccination.

a) La vaccination comme mesure de prophylaxie

Nous avons vu que les parcs zoologiques constituent des lieux propices au déclenchement d'épizooties. D'une part ils rassemblent artificiellemedans un même lieu de nombreuses espèces éloignées géographiquement depuis des millénaires, rendant possible la transmission de microorganismes, lesquels bénins chez certaines espèces pouvant s'avérer très pathogènes chez d'autres. D'autre part, un cheptel de parc zoologique peut être assimilé immunologiquement parlant à une population insulaire, son isolement par rapport aux populations sauvages empêchant l'acquisition d'une immunité naturelle, mais les mouvements incessants d'animaux qui s'y produisent provoquent un flux d'agents pathogènes potentiellement dangereux. Le risque d'introduction d'un agent pathogène dans un groupe non immunisé associé à des densités de population supérieures à celles observées dans la nature et au stress de la captivité rendent possible la survenue de terribles épizooties [15]. L'importance du risque infectieux nécessite la mise en œuvre obligatoire de moyens de prévention, dont la vaccination peut faire partie.

L'intégration de la vaccination dans les mesures de prophylaxie générale est effectivement le premier motif de vaccination cité (60 %). Ce motif est relativement vague, mais le questionnaire ne demandait pas d'expliciter plus précisément.

La conception et le format des questionnaires rend impossible l'évaluation de la place précise de la vaccination par rapport aux autres mesures de prophylaxie, notamment sanitaire, dont l'importance a été soulignée dans la première partie de ce travail : réalité de l'isolement vis-à-vis des Carnivores libres sauvages ou domestiques, quarantaine à l'introduction des nouveaux animaux, mesures d'hygiène générale (séparation du matériel des différents enclos, répartition et circulation des soigneurs, pédiluves etc.). En effet, se baser uniquement sur la vaccination pour protéger les animaux des risques infectieux est un choix très aléatoire, l'efficacité de la vaccination n'étant pas démontrée chez les espèces sauvages.

La vaccination en quarantaine avant l'entrée d'un nouvel animal dans le cheptel est évoquée dans 37 % des réponses, signifiant bien l'importance de la vaccination comme

mesure prophylactique générale. Les questionnaires ne permettant pas de savoir si les parcs font effectivement rentrer de nouveaux animaux dans leur cheptel, il est possible que ce pourcentage soit en réalité plus élevé (en excluant les parcs sans entrée). Il semble donc que les parcs soient bien sensibilisés à l'importance de contrôler le statut sanitaire des animaux entrant, puisque l'introduction de nouveaux animaux est la seconde cause d'introduction d'une maladie infectieuse dans un cheptel, après l'intrusion d'animaux sauvages libres. Cependant, la vaccination en quarantaine ne peut être une mesure efficace que si le temps de quarantaine couvre effectivement le temps d'immunisation effective de l'animal (inconnu chez les espèces sauvages).

Inversement, 43 % des parcs qui ne vaccinent pas mentionnent l'absence de nécessité de cette mesure de protection. Là encore, il est impossible de mettre cette réponse en relation avec l'importance des mesures de prophylaxie sanitaire déployées ou de l'épidémiologie locale. Ce choix peut reposer sur un isolement réel des animaux (confinés dans des enceintes complètement fermées, de type nocturama par exemple, première cause de non-vaccination du Fennec), sur l'absence de tout cas clinique rencontré dans le parc ou sur l'avis personnel du vétérinaire ou sur la politique du parc. Les animaux détenus entrent aussi en ligne de compte : 8 réponses mentionnent la non-vaccination d'animaux âgés, parfois isolés, sans reproduction, ayant parfois été vaccinés dans le passé. Deux réponses mentionnent l'exclusion sélective des animaux âgés du programme de vaccination, alors que les autres individus de la même espèce sont vaccinés. Il est possible que la protection de ces animaux contre les maladies infectieuses soit jugée secondaire, ou que la vaccination elle-même ne soit plus jugée pertinente (stress engendré par l'administration du vaccin trop important sur des vieux animaux, mauvaise réponse possible du système immunitaire par exemple). Il s'agit là d'hypothèses de notre part en l'absence de toute autre information.

L'argument relatif à l'absence de cas clinique rencontré a été cité 35 fois, alors que 26 questionnaires ont rapporté le diagnostic d'au moins une des maladies infectieuses contre laquelle il existe un vaccin. Cependant, le diagnostic d'une maladie n'implique pas nécessairement la vaccination systématique de toutes les espèces réceptives et sensibles contre cette maladie, comme en témoigne la vaccination de certaines d'entre elles seulement dans les parcs où une maladie s'est déclarée. En outre, l'enquête ne permet pas d'évaluer le nombre d'établissements confrontés à la même situation épidémiologique n'ayant pas mis en place de mesure de vaccination par la suite. Sur les 27 parcs ayant pointé cette raison comme cause de vaccination, seuls 9 l'ont citée comme raison unique, pour les 18 autres parcs, elle était systématiquement associée au rôle de la vaccination comme mesure de prophylaxie générale. La présence d'une maladie sur le site constitue donc un argument supplémentaire en faveur de la vaccination, sans être déterminante dans de nombreux cas de notre enquête.

La menace d'une maladie infectieuse, qu'elle soit réelle (maladie déjà rencontrée dans le parc, épizootie chez les Carnivores sauvages ou domestiques dans la région) ou supposée (pas d'épidémiologie particulière) est donc considérée comme plus ou moins

importante en fonction des personnes sondées. Un autre exemple est l'influence de l'entrée de Chiens domestiques dans le parc. Deux parcs citent cette raison comme cause de la vaccination (entrée de Chiens errants ou Chiens domestiques autorisés sur le parc) et deux comme raison de non-vaccination (car les Chiens domestiques ne sont pas admis dans le parc, donc le risque de contagion est jugé faible). Inversement, un parc mentionne explicitement qu'il ne vaccine pas car il n'en ressent pas la nécessité, malgré l'autorisation des Chiens domestiques dans le parc.

L'importance du taux de réponses mentionnant la vaccination comme mesure de prophylaxie générale (74 réponses) est à comparer au faible nombre de parcs (3 seulement) détaillant des conditions épidémiologiques particulières (entrée de Chiens domestiques, épizootie dans la région) associées aux considérations de prophylaxie générale pour justifier la vaccination. Cela peut amener à penser que le choix de la vaccination reste pour beaucoup lié aux habitudes prises chez le Chien de compagnie, pour lequel la vaccination est systématiquement réalisée (si le propriétaire l'accepte) sans réelle prise en compte des facteurs de risque au vu du mode de vie ou du contexte épidémiologique de la région. Si cette démarche peut être compréhensible pour le vétérinaire canin (prestation pour le propriétaire, suivi annuel de l'animal, bonne efficacité et innocuité des vaccins), elle est discutable chez les Canidés sauvages pour lesquels d'une part toute manipulation implique un stress et d'autre part ni l'efficacité ni l'innocuité des vaccins ne sont établis. Cependant, il est impossible de tirer de telles conclusions sur la seule base du questionnaire : il est difficile de savoir ce que chaque personne entend par "prophylaxie générale", et le choix d'utiliser la vaccination comme mesure de prévention peut être tout à fait réfléchi sans que l'enquêté n'ait mentionné l'ensemble des arguments l'ayant incité à vacciner.

En outre, il est difficile de définir précisément le type de protection recherchée lors de l'usage de la vaccination : est-elle pour l'animal ? Pour le groupe ? Pour le cheptel (la vaccination étant alors réfléchie en fonction de l'ensemble des espèces sensibles du parc) ? Là encore, l'enquête telle qu'elle est conçue ne nous permet pas de répondre. Le questionnaire a été basé sur la vaccination par espèce, et les particularités spécifiques doivent obligatoirement être prises en compte, mais il nous semble cependant important de ne pas oublier de considérer la vaccination comme une mesure de prophylaxie à l'échelle du zoo tout entier, même (et surtout) lorsque toutes les espèces ne sont pas vaccinées.

b) Les limites pratiques de la vaccination

Les problèmes pratiques liés à l'administration du vaccin représentent 17 % des raisons de la non-vaccination, le Loup est la principale espèce pour laquelle ces raisons ont été évoquées. Les difficultés mises en avant sont les problèmes de capture, de contention et de télé-injection d'une part, ainsi que le stress et le risque de déstabiliser le groupe social d'autre part.

Nous avons déjà évoqué les problèmes particuliers de l'intervention au sein d'un groupe d'animaux. Cette limite a été citée pour le Loup, le Chacal, le Lycaon et le Dhole. Les difficultés de capture, contention et télé-injection ont été citées uniquement pour le Loup, soit le plus grand des Canidés de l'étude, vivant en meutes sociales complexes. Le rôle de l'espèce sur les difficultés pratiques de la vaccination et le choix des modes de vaccination sera discuté plus loin.

c) Les limites des vaccins disponibles

Les limites des vaccins disponibles représentent 19 % des motifs de non-vaccination, principalement chez le Loup, le Loup à crinière et le Lycaon (6 réponses à chaque fois), elles ont également été citées pour le Fennec, le Chien des buissons et le Dhole.

(1) Défaut d'innocuité

Les raisons les plus évoquées sont le risque de maladie vaccinale et la non disponibilité de vaccins tués, tous les deux pouvant être traduits par un défaut d'innocuité des vaccins atténués. C'est la première raison de non-vaccination des Lycaons (4/8) et des Chiens des buissons (2/3).

Nous avons souligné dans notre étude bibliographique la survenue de ces accidents vaccinaux, des cas de maladie vaccino-induites ont été décrits chez le Loup à crinière (parvovirose, maladie de Carré, hépatite de Rubarth), le Lycaon, le Chien des buissons, le Fennec et l'Otocyon (maladie de Carré) [17, 28, 53, 107, 109, 118, 150, 154, 155, 156].

Les risques potentiels sont bien connus chez le Loup à crinière et le Lycaon, qui sont les espèces pour lesquelles les descriptions de maladie vaccino-induite sont les plus nombreuses, et sont notamment reprises dans les recommandations d'élevage américaines du Loup à crinière. Respectivement 21 et 22 % des parcs ayant répondu au premier questionnaire ont déjà entendu parler des risques vaccinaux chez ces espèces. Ces risques potentiels sont donc une cause importante de non-vaccination, d'arrêt de la vaccination (suite à la disparition de vaccins inactivés) ou encore du choix d'utiliser d'autres vaccins que les vaccins canins disponibles sur le marché (voir partie C. ci-dessous).

Cependant, certains parcs ont explicitement choisi de vacciner (des Loups à crinière, Lycaons et Chiens des buissons) en dépit des effets secondaires possibles qu'ils connaissent (13 réponses), considérant que les avantages de la vaccination sont supérieurs aux risques potentiels.

Cette raison a également été citée pour le Dhole et le Loup. Nous n'avons trouvé aucune mention d'accidents vaccinaux chez ces espèces dans la littérature (aucune information sur la vaccination du Dhole de façon générale). Dans les questionnaires, un accident vaccinal est rapporté chez un Dhole, mais probablement dû au stress de la capture et non au vaccin lui-même. Aucun accident n'est rapporté chez le Loup. Un parc

ayant à disposition un vaccin sous-unitaire maladie de Carré l'utilise d'ailleurs pour vacciner ses Lycaons et ses Loups à crinière, mais pas ses Loups, qui sont vaccinés avec un vaccin commercial. Il semblerait donc que le risque d'accident vaccinal soit parfois étendu à d'autres espèces, sans argument étayé. Si cette approche nous paraît justifiée chez le Dhole (principe de précaution chez une espèce pour laquelle nous possédons très peu de connaissances), elle semble moins valable chez le Loup. Sur les 70 parcs possédant cette espèces, 49 (soit 70 %) la vaccinent, et c'est l'espèce pour laquelle nous avons eu le plus de réponses au second questionnaire (32 réponses) ; la vaccination du Loup est donc une pratique répandue dans de nombreux parcs, et les raisons de sa non-vaccination dans les autres parcs sont plus du domaine de la praticité (difficultés pratiques : 16 réponses) que des risques vaccinaux supposés (4 réponses). Sa proximité phylogénétique avec le Chien domestique, dont il est l'ancêtre, pourrait lui conférer une meilleure tolérance aux vaccins atténués pour Chiens domestiques, ou du moins pourrait être un argument en faveur de la bonne innocuité des vaccins dans cette espèce.

(2) Défaut d'efficacité

L'absence de preuve d'efficacité des vaccins destinés au Chien domestique chez les Canidés sauvages a été citée une fois comme raison de non-vaccination de Loups.

Aucun parc n'a rapporté avoir diagnostiqué un cas de maladie contre laquelle des mesures vaccinales sont prises, hormis un cas de jeunes Lycaons ayant déclenché une parvovirose pendant leur primovaccination (voir paragraphe suivant). Cependant, ce constat ne permet pas de conclure quant à l'efficacité de la vaccination, car il est impossible avec nos questionnaires de connaître l'épidémiologie réelle et l'importance des mesures de prophylaxie sanitaires mises en oeuvre conjointement à la vaccination, donc de savoir si les animaux ont de nouveau été exposés à l'agent pathogène et réellement protégés par la vaccination.

Deux cas d'études sérologiques ont été rapportés dans les questionnaires.

Le premier concerne une étude publiée sur la vaccination des Lycaons contre la maladie de Carré, dont nous avons déjà discuté dans la première partie [125].

Le second rapport concerne des sérologies suite à la vaccination de Loups avec des vaccins monovalents inactivés anti-rabiques administrés par voie intra-musculaire. Les titrages sérologiques sont réalisés six à sept mois après la vaccination. Ils reviennent négatifs la première année après vaccination avec le vaccin BIOCAN R® (BIOVETA), et positifs l'année suivante avec le vaccin NOBIVAC R® (INTERVET).

Les études rapportées dans la bibliographie [54, 56, 66, 79, 156, 160] ont mis en évidence des réponses sérologiques inégales suite à l'utilisation de vaccin anti-rabiques inactivés, notamment chez le Loup et le Lycaon. La séroconversion est variable en fonction des individus et la durée de détection des anticorps varie de quelques semaines à plus de douze mois, sans qu'une explication puisse être donnée. La majorité des animaux testés trois à cinq semaines après la vaccination possédaient des anticorps neutralisants à

cette date, mais ceux-ci disparaissaient ensuite chez de nombreux individus, les titrages réalisés plusieurs mois après vaccination revenant souvent négatifs.

L'étude rapportée dans le questionnaire concorde avec les résultats de la littérature. Il est possible que le vaccin BIOCAN R® ait induit une réponse sérologique mais de courte durée, les anticorps n'étant plus détéctés six mois après vaccination. Pour les deux vaccins, il est impossible de conclure à l'efficacité réelle, puisque celle-ci n'est pas forcément corrélée au taux d'anticorps neutralisants.

La législation impose lors d'importation de Carnivores non-domestiques en provenance d'un pays tiers un titrage antirabique 30 jours après vaccination avec un vaccin inactivé. Aucun parc n'a cependant fourni de résultats concernant d'éventuels titrages pré-transfert. Ces trente jours correspondent à la période pendant laquelle un maximum d'animaux sont testés séropositifs après vaccination, mais ne préjuge en rien du maintien de ces taux et surtout de la protection réelle conférée par la vaccination. Si la vaccination lors de transfert est une mesure nécessaire et justifiée, elle ne doit pas être considérée comme un moyen unique et fiable de prévention, l'efficacité réelle de la vaccination n'étant pas établie. Des mesures sanitaires et de quarantaine doivent systématiquement y être associées.

Les deux études sérologiques rapportées concluent à des défauts d'efficacité des vaccins utilisés. L'inefficacité est un problème rarement soulevé (seul un questionnaire l'a évoqué) car relativement plus difficile à mettre en évidence que les défauts d'innocuité. En outre, l'efficacité est une notion relative, selon que l'on cherche une protection clinique ou une limitation du portage ou de l'excrétion. L'absence de vaccin reconnu efficace peut inciter les parcs à vacciner tout de même dans une tentative de protection en l'absence de mesure médicale plus efficace. Ainsi, on peut justifier que l'on a fait ce qui était possible dans les limites de l'avancée actuelle de la science, en cas d'échec c'est le vaccin qui doit être incriminé et pas un défaut de mesures de prévention. En outre, la rareté des échecs vaccinaux constatés est un argument supplémentaire en faveur de la vaccination. La difficulté voire l'impossibilité pratique de mettre en oeuvre de réelles études d'efficacité (pas d'épreuve virulente possible sur des espèces menacées) est un frein majeur à la connaissance de l'efficacité réelle des vaccins chez les espèces sauvages. Cependant, cet aspect mériterait d'être davantage pris en compte dans la décision vaccinale, et mis en balance avec les problèmes pratiques de vaccination sur certaines espèces et/ou le rôle et l'efficacité des mesures de prophylaxie sanitaire.

Le choix de la vaccination est donc un choix complexe, dépendant des circonstances locales, de l'historique, de l'expérience du vétérinaire, de l'espèce, du parc (politique, conception, fonctionnement) etc. ; des arguments déterminants pour les uns pouvant être jugés secondaires pour d'autres. Une grande partie des paramètres entrant en ligne de compte dans le choix de la vaccination ne peuvent être retranscrits par un questionnaire comme celui utilisé. En outre, il est probable que l'ensemble des considérations prises en compte par le décideur ne puissent pas être exprimées explicitement dans ce cadre, certaines pouvant être plus empiriques, fondées sur l'expérience personnelle (habitudes propres, ressenti personnel sur les besoins et les risques). Il est cependant très probable qu'une partie des parcs ne se base pas sur une réflexion poussée quant à la nécessité réelle de vacciner, mais se laisse porter par des automatismes acquis durant leur formation vétérinaire ou en clientèle, associant Canidé et vaccination.

C. Les accidents vaccinaux

Le rencensement des accidents vaccinaux était un des buts principaux de notre thèse, puisqu'elle a été motivée par les accidents décrits chez des jeunes Lycaons et posant un problème pratique de vaccination.

Nous avons discuté dans la partie précédente de la connaissance de ces risques par les prescripteurs et de leur influence sur le choix de la vaccination. Nous allons maintenant nous intéresser à la fréquence de ces accidents et récapituler les cas répertoriés dans les questionnaires pour les mettre en relation avec les pratiques vaccinales.

Trois questionnaires sur quatre-vingt sept ont fait état d'accidents vaccinaux chez les espèces de l'étude (plus une mention chez deux autres espèces non incluses, dans le questionnaire préalable). Nous obtenons donc une fréquence de 3 % d'accidents vaccinaux sur tous les cas de vaccination rapportés. Il nous est cependant impossible de déterminer la prévalence réelle de ces accidents : nous avons peu de réponses, de nombreuses espèces à la fois, et les questionnaires ne permettent pas d'évaluer combien d'animaux ont été vaccinés (certains parcs vaccinent plusieurs espèces depuis plus de vingt ans alors que d'autre ne vaccinent qu'un ou deux individus depuis un an seulement).

La majorité des accidents possiblement liés à des problèmes d'innocuité des vaccins (4/5) concernent des espèces du genre **Vulpes** : deux rapports chez des Fennecs (*Vulpes zerda*), et un chez des Renards de Blanford (*Vulpes cana*) et Renards de Rüppell (*Vulpes rueppellii*). Il s'agit à chaque fois de vaccination contre la maladie de Carré. Deux accidents avec cette même valence des Renards ont été décrits dans la littératures : un chez le Fennec et un chez une espèce non précisée (*Vulpes sp.*, probablement *Vulpes vulpes* (Renard roux) ou *Vulpes lagopus* (Renard polaire), puisqu'il s'agissait de Renards élevés pour la fourrure). Huit parcs ont déclaré avoir entendu parler d'accidents vaccinaux chez le Fennec, et deux ont cité les défauts d'innocuité comme cause de non-vaccination de leurs Fennecs. Aucun parc n'a évoqué connaître d'effets secondaires possibles chez le Renard polaire. Le Fennec apparaît donc comme une espèce très sensible aux vaccins atténués, et toutes les autres espèces du genre *Vulpes* devraient être considérés comme potentiellement sensibles également. Le Fennec est une espèce de plus en plus prisée aux Etats-Unis d'Amérique comme animal de compagnie. Sa vaccination y est recommandée sans mention d'une sensibilité particulière de cette espèce aux vaccins atténués, mais avec le vaccin RECOMBITEK C4® de MERIAL, vaccin recombinant vectorisé par un *Canarypoxvirus* pour sa valence maladie de Carré [82].

Trois des quatre rapports sont très succincts, et aucune information sur le vaccin utilisé, le protocole vaccinal ou les animaux n'est disponible. Ces accidents, datant de plusieurs années, ont entraîné le changement de vaccin pour les Fennecs et l'arrêt de la vaccination des deux autres espèces.

Le rapport le plus complet concerne la vaccination de quatre jeunes Fennecs de deux mois avec le vaccin multivalent VANGUARD 5/L® de PFIZER (virus *Para-influenza*, de la maladie de Carré, de l'hépatite et de la parvovirose vivants atténués, *Leptospira* inactivée). Le protocole utilisé est une primovaccination en deux injections à un mois d'intervalle, la première injection intervenant vers deux mois d'âge. Le vaccin est administré par voie sous-cutanée, à la main sur des animaux vigiles ; aucun autre traitement n'est administré en même temps. Dix jours après leur première injection de primovaccination, les animaux présentent une prostration et une hyperthermie puis meurent. La vaccination des Fennecs est réalisée dans ce parc depuis 2001, mais nous n'avons pas d'information sur l'année où les animaux sont morts. D'autres vaccins (HEXADOG® et EURICAN®, MERIAL) ont été utilisés pour les autres portées, sans aucun effet secondaire.

Le vaccin VANGUARD® a été incriminé deux fois dans la littérature sur des accidents vaccinaux avec la valence maladie de Carré chez des Lycaons et des Chiens des buissons [109, 156]. Il a cependant été également utilisé sans problème chez plusieurs centaines de jeunes Lycaons [156]. Ce vaccin est le seul parmi ceux responsables d'accidents vaccinaux décrits dans la littérature à être encore commercialisé aujourd'hui. Le vaccin VANGUARD® avec la valence maladie de Carré (VANGUARD 5+® et VANGUARD 7®) a été cité dans 13 questionnaires, il est utilisé dans cinq pays d'Europe (Espagne, Lettonie, Pays-Bas, Pologne, Royaume-Uni), sur sept espèces (Loup, Loup à crinière, Lycaon, Fennec, Chien des buissons et Dhole). S'il est là encore impossible de connaître la prévalence des accidents avec ce vaccin, on peut néanmoins constater que son usage est très répandu (puisque c'est le troisième vaccin multivalent le plus utilisé, tous questionnaires confondus). Le vaccin VANGUARD® est donc largement utilisé, mais des accidents sporadiques dans plusieurs espèces appelent à la prudence et peuvent justifier d'utiliser un autre vaccin chez les espèces sensibles ou pour les injections de primovaccination.

Un autre accident concerne une portée de onze Lycaons, lequel est à l'origine de ce travail. Il est toutefois difficile de savoir s'il s'agit d'un véritable accident vaccinal ou d'un échec de la vaccination. En effet, les jeunes n'ayant eu qu'une injection de primovaccination ont développé la maladie quatre semaines après. Dans tous les cas, cet accident a motivé un changement de vaccin dans le parc (avec l'importation d'un vaccin inactivé), qui a donc été considéré comme dangereux pour les animaux. Le protocole utilisé était une primovaccination en deux injections à quatre semaines d'intervalle, la première à huit semaines d'âge, et un rappel annuel, avec le vaccin DURAMUNE® de FORT DODGE (valences CHPPiL). Un déparasitage (azolé + avermectine) est associé à la vaccination, qui est réalisée par voie sous-cutanée, à la main sur des animaux vigiles. Quatre semaines après la première injection de primovaccination, réalisée à huit semaines d'âge, soit juste avant la seconde injection, les jeunes Lycaons présentent des signes d'infection parvovirale et meurent.

DURAMUNE® est un vaccin peu utilisé en Europe (seulement dans ce parc auparavant chez les Lycaons et chez des Fennecs en Israël). L'accident est survenu la quatrième année d'utilisation de ce vaccin sur les Lycaons soit en 2007. Les deux Fennecs en Israël sont des animaux adultes vaccinés en 2005 et en 2008 (rappels tous les trois ans). Aucun problème n'a été constaté. Le vaccin DURAMUNE® a été longtemps préconisé pour la vaccination du

Loup à crinière dans les recommandations d'élevage américaines, pour sa bonne innocuité [121]. Lorsque DURAMUNE P-V® est remplacé par DURAMUNE KF-11®, trois accidents (parvovirose vaccino-induite) sont rapportés sur de jeunes loups à crinière aux Etats-Unis d'Amérique [17] et motivent l'arrêt des recommandations d'utilisation de ce vaccin chez les jeunes. Le DURAMUNE KF-11® n'est plus commercialisé actuellement, et la souche utilisée dans ce vaccin n'est plus utilisée depuis plusieurs années dans aucun des vaccins de la marque [59].

Un défaut d'innocuité ne peut être exclu dans le cas décrit, même si le délai entre la vaccination et l'apparition de la maladie (quatre semaines) nous semble long. Il est plus probable que cette portée de Lycaons insuffisament protégée ait été contaminée par le virus sauvage. Les véritables aspects à prendre en compte sont donc plutôt l'efficacité du vaccin et la pertinence du protocole vaccinal : il pourrait être intéressant de vacciner plus tôt et/ou de rapprocher les injections de primovaccination et/ou d'augmenter le nombre de ces injections de primovaccination. Le choix qui a été fait dans ce parc a été le changement de vaccin fondé sur un défaut d'innocuité possible, pour un vaccin inactivé monovalent contre la parvovirose, commercialisé en Australie. Aucun cas de parvovirose n'a été rencontré depuis l'utilisation de ce nouveau vaccin en suivant le même protocole qu'antérieurement (en 2008).

Une des idées de cette thèse était de recenser les vaccins ayant provoqué des accidents vaccinaux, et de mettre ces cas répertoriés en relation avec la souche, le titrage, l'excipient et le mode d'atténuation utilisés. Cependant, cet objectif s'est révélé impossible à atteindre. Tout d'abord, de nombreux vaccins cités dans la littérature le sont de manière incomplète (nom du fabricant seul, ou du vaccin sans le fabricant, ou aucun nom, pas d'année d'utilisation), et rendent très difficile l'identification précise du vaccin utilisé. D'autre part, l'industrie pharmaceutique est en perpétuel changement : les vaccins évoluent, changent de nom et/ou de composition (l'un n'étant pas systématiquement lié à l'autre !), les fabricants se rachètent les uns les autres et reprennent (ou non) les gammes commercialisées avec (ou non) des modifications, les noms et les compositions peuvent être variables en fonction des pays etc. Dans cet *imbroglio*, il a été absolument impossible de déterminer les compositions des vaccins cités dans la littérature (qui pour une grande part n'existent plus, ou du moins plus sous ce nom). Les laboratoires pharmaceutiques vétérinaires contactés par téléphone n'ont pas sû nous renseigner sur l'évolution (parfois ancienne !) de leur gamme ou les produits commercialisés à l'étranger. Nous avons donc cités les vaccins comme ils l'étaient dans l'article d'origine, mais aucune information supplémentaire n'a malheureusement pu être ajoutée.

De ce fait, l'existence d'un facteur de risque d'accident interne au vaccin n'a pu être déterminée. Dès lors, la pertinence d'un changement de vaccin suite à un accident vaccinal n'a pu être évaluée : s'agit-il d'une véritable solution ou l'absence de survenue d'autres accidents après le changement de vaccin ne découle-t-elle que du hasard ? Notre travail n'a pas été en mesure de répondre à cette question.

D. La vaccination en pratique

1. Difficultés pratiques à la vaccination

Nous avons vu que la vaccination des Canidés sauvages doit également être réfléchie du point de vue pratique, car un animal sauvage ne se vaccine pas aussi facilement qu'un Chien domestique (voir 1ère partie, III.E.1.c)). La capture et la contention peuvent être sources de stress et d'immunodépression. La contention manuelle n'est possible sans danger que chez les petites espèces ou les plus jeunes, les procédures étant plus délicates au fur et à mesure que la taille de l'animal augmente. L'intervention au sein d'un groupe est problématique, que ce soit lors de télé-injection (il faut atteindre le bon animal, ne pas flécher deux fois le même animal, par exemple) ou concernant la déstabilisation de l'organisation sociale (difficulté à remettre un animal dans un groupe, perturbation de la communication par l'anesthésie, par exemple). Les anesthésies impliquent toujours un risque anesthésique qu'il faut prendre en compte, et pourraient en outre induire une immunodépression néfaste pour la vaccination. Lors de télé-injection, des incertitudes existent sur la bonne administration du vaccin et donc son efficacité (toute la dose a-t-elle été délivrée ? par quelle voie ?)

Un questionnaire a mentionné la mort d'un Dhole adulte vingt minutes après la vaccination réalisée à la main sur un animal capturé et maintenu vigile. Cet accident est le seul mentionné mais soulève la question du risque péri-vaccinal. Ce risque doit être pris en compte dans l'évaluation du rapport bénéfice – risque de la vaccination. Notre enquête ne permet pas d'évaluer l'incidence réelle de ces problèmes péri-vaccinaux en raison du faible nombre de réponses, mais ce seul cas rappelle que le risque ne doit pas être sous-estimé. Si les difficultés pratiques ont été régulièrement citées comme cause de non-vaccination (difficulté de contention / capture / télé-injection / déstabilisation du groupe : 17 % des raisons de non-vaccination), aucun parc n'a explicitement mentionné les risques de mortalité liée au stress. Il est donc difficile d'évaluer si ce risque est effectivement pris en compte par les parcs.

2. Influence de l'âge

On peut supposer que la vaccination des jeunes est plus facile que celle des adultes, car leur manipulation est plus aisée. En outre, on peut considérer que leur protection est plus importante, s'agissant d'animaux plus fragiles et plus sensibles aux maladies infectieuses.

Dans notre enquête, seuls huit parcs ne vaccinent que les jeunes individus et pas les adultes, et deux autres établissements les jeunes ainsi que les animaux en quarantaine. La proportion de parcs ne vaccinant que les jeunes est donc très faible (11 %). Il s'agit uniquement de Loups (6 parcs), Lycaons (2 parcs) et Loups à crinière (2 parcs), soit des grandes espèces, délicates à capturer et à manipuler, ce qui a pu motiver la décision de ne vacciner que les plus jeunes animaux. Deux zoos ont cité les problèmes de manipulation

des adultes, à chaque fois des Loups. Deux autre commençaient juste à vacciner (arrivée des jeunes animaux dans le parc et importation de vaccins inactivés), un troisième n'a vacciné qu'un jeune car élevé à la main, le reste du groupe n'étant pas vacciné, les autres parcs n'ont pas donné de raison. La majorité des établissements vaccinant également les adultes et les problèmes de contention / capture n'étant pas la cause principale de non-poursuite de la vaccination chez les adultes, la facilité de vaccination des jeunes ne semble donc pas jouer un rôle très important dans les stratégies vaccinales des parcs.

Quatre parcs qui ne vaccinent que les jeunes ont déjà rencontré une ou plusieurs des maladies contre lesquelles ils vaccinent dans leur cheptel ou à proximité (épizootie chez les Chiens domestiques). Les jeunes étant les seuls vaccinés, ils doivent être considérés comme plus à risque et nécessiter une protection plus importante justifiant la vaccination, qui n'est pas poursuivie chez les adultes, considérés comme plus résistants aux maladies infectieuses.

On peut s'intéresser aux techniques de vaccination utilisées chez les jeunes. Tous les parcs qui ne vaccinent que les jeunes le font à la main (sauf un par télé-injection, mais il n'a vacciné ses jeunes Loups à crinière qu'à neuf mois d'âge, les animaux avaient donc déjà une taille adulte). Il aurait été intéressant de comparer les techniques utilisées chez les jeunes et chez les adultes lorsque les deux groupes d'animaux sont vaccinés dans un même parc, pour évaluer par exemple si les jeunes étaient les seuls vaccinés à la main et si d'autres techniques (anesthésie, télé-injection) étaient réservées aux adultes, notamment d'espèces de grande taille. Notre questionnaire ne nous permet pas de différencier les pratiques vaccinales selon les catégories d'âge. Parmi les parcs qui vaccinent les animaux vigiles à la main et les animaux anesthésiés ou par télé-injection par exemple, aucun n'a précisé si les modalités techniques étaient conditionnées par l'âge des animaux. Certains parcs vaccinent notamment à la main des animaux vigiles, y compris quand ils ne vaccinent que des adultes.

3. Influence de l'espèce

Nous pouvons nous intéresser au choix des techniques de vaccination en fonction de l'espèce vaccinée, et de l'influence de l'espèce sur la faisabilité de la prophylaxie vaccinale.

Les critères entrant en compte dans la facilité de vaccination sont d'une part le poids et la taille de l'animal, rendant la capture et la manipulation plus ou moins faciles et dangereuses pour le manipulateur, et l'organisation sociale et donc le mode de présentation de l'espèce, influant sur la facilité de prélèvement momentanée d'un individu parmi les autres ou sur les risques de déstabilisation du groupe social. Le tableau 45 donne ces caractéristiques pour les espèces étudiées.

Tableau 45. Poids et type d'organisation sociale des espèces de l'étude pouvant influer sur les techniques de vaccination (classement par poids décroissant)

Espèce	Poids moyen (kg)	Organisation sociale – présentation en parc
Loup *(Canis lupus)*	20-40	Groupe social complexe
Lycaon *(Lycaon pictus)*	20-35	Groupe social complexe
Loup à crinière *(Chrysocyon brachyurus)*	20	Couple
Dhole *(Cuon alpinus)*	15	Groupe familial
Chacal à chabraque *(Canis mesomelas)*	10	Couple
Chien des buissons *(Speothos venaticus)*	5-7	Groupe familial
Renard polaire *(Vulpes lagopus)*	5	Couple
Otocyon *(Otocyon megalotis)*	3-5	Couple
Fennec *(Vulpes zerda)*	1	Couple

Légende :

- groupe social complexe : meute comportant plusieurs individus adultes, un couple alfa se reproduit
- groupe familial : groupe social composé d'un couple et des jeunes d'une ou deux années antérieures
- couple : animaux souvent monogames, les jeunes quittent les parents avant l'âge adulte

Ce tableau doit toutefois être considéré comme simplement indicatif, en effet les présentations peuvent varier entre les parcs et selon les animaux présentés. Ainsi, un zoo peut héberger un couple de Loups uniquement, ou un groupe de Dholes mâles célibataires. Le nombre d'animaux et la taille des groupes proposés au public ne sont pas mentionnés dans les questionnaires, un biais existe donc lors de l'interprétation des réponses en fonction de l'organisation sociale des animaux.

Nous pouvons considérer trois groupes d'espèces : les grandes espèces vivant en meute complexe facilement déstabilisée (Loup, Lycaon), les petites espèces vivant en couple (Renard polaire, Otocyon, Fennec) et les espèces intermédiaires. Le tableau 46 permet de comparer la proportion de non-vaccination liée aux difficultés pratiques et les techniques de vaccination utilisées en fonction des espèces.

Tableau 46. Influence de l'espèce sur les difficultés pratiques et les techniques pratiques de vaccination.

Les résultats sont exprimés en nombre de réponses (un parc pouvant donner plusieurs réponses)

	Grandes espèces		**Espèces intermédiaires**				**Petites espèces**		
	Loup (*Canis lupus*)	Lycaon (*Lycaon pictus*)	Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*)	Dhole (*Cuon alpinus*)	Chacal à chabraque (*Canis mesomelas*)	Chien des buissons (*Speothos venaticus*)	Renard polaire (*Vulpes lagopus*)	Otocyon (*Otocyon megalotis*)	Fennec (*Vulpes zerda*)
Non vaccination liée à des difficultés pratiques (sur l'ensemble des causes de non-vaccination)	16/51	1/13	2/21	1/5	1/2	0/3	0/3	0/3	0/4
	17/64 soit 27 %		4/31 soit 13 %				0/10 soit 0%		
Vaccination à la main (animal vigile)	16	5	10	4	4	4	2	3	5
	21		22				10		
Vaccination par télé-injection ou après anesthésie	21	4	12	6	1	3	0	1	0
	25		22				1		

Les difficultés liées à la réalisation pratique des injections sont la première cause de non-vaccination du Loup, la plus grosse espèce de notre étude, vivant en meute. Chez le Lycaon, elle ne vient que loin derrière les problèmes d'innocuité des vaccins disponibles. Cette raison n'est jamais citée pour le Chien des buissons, le Renard polaire, l'Otocyon et le Fennec, les plus petites espèces de notre étude. L'influence de l'espèce est donc nette sur les causes de non-vaccination.

En ce qui concerne les modalités techniques à proprement parler, on observe une légère prépondérance des vaccinations à distance ou après anesthésie chez les grandes espèces, tandis que les trois plus petites espèces sont quasi-systématiquement vaccinés à la main. L'impossibilité de distinguer les pratiques chez les jeunes et chez les adultes peut influer sur le nombre de vaccinations en main chez les grandes espèces, celles-ci pouvant n'être réalisées que chez les jeunes alors que les adultes sont systématiquement vaccinés à distance ou après anesthésie.

L'espèce joue donc un rôle important sur la facilité de vaccination des animaux, laquelle influe donc sur le choix de vacciner ou non. La nécessité d'anesthésier les animaux peut être un frein à la réalisation de vaccination en raison des risques inhérents et la télé-injection n'est pas parfaitement fiable. A l'opposé, la capture manuelle, si elle est facile chez les petites espèces, est particulièrement stressante, et peut conduire à des immunodépression voire à des morts subites (cas du Dhole).

E. Choix des vaccins et des protocoles

Le choix des vaccins et des protocoles se base-t-il sur les recommandations particulières, résulte-t-il d'une réflexion réelle portant sur les spécificités d'espèces et sur des considérations d'ordre épidémiologique ou est-il calqué sur la vaccination réalisée chez le Chien domestique ?

1. Choix de la stratégie vaccinale

a) Adaptation de la stratégie vaccinale

L'analyse des vaccins et des valences utilisés a mis en évidence l'écrasante majorité des vaccinations multivalentes (90 % des vaccinations). 64 % des vaccinations sont réalisées avec les valences CHPL, éventuellement associées à Pi et R, c'est à dire les valences utilisées en routine chez le Chien domestique. Les vaccins commerciaux pentavalents sont les plus employés : HEXADOG®, MERIAL (CHPLR) ; NOBIVAC®, INTERVET (CHPPiL) ; VANGUARD®, PFIZER (CHPPiL).

Dans les cas de vaccination monovalente (7 parcs), trois sont consécutives à la volonté de n'utiliser que des vaccins inactivés, lesquels n'existent que pour les valences leptospirose et maladie de Carré, témoignant de la prise en compte des risques spécifiques de la vaccination. Deux sont liés à des conditions épidémiologiques particulières (leptospirose et parvovirose), dans le but d'obtenir une protection ciblée contre une maladie déjà diagnostiquée ou observée dans la région, la vaccination est donc une réponse à des circonstances particulières et non une mesure d'ordre général. Ces exemples restent une minorité.

En lien avec la raison majeure de vaccination qui est intégrée dans les mesures de prophylaxie générale, la vaccination est donc le plus souvent multivalente, afin d'apporter une couverture large et une protection maximale des animaux contre des dangers pas forcément identifiés comme réels ou immédiats. En outre, certaines valences ne sont pas disponibles seules, imposant d'utiliser un vaccin multivalent. Il est également concevable que de nombreuses personnes considèrent que tant qu'à vacciner (et donc capturer, anesthésier ou flécher l'animal), autant utiliser un maximum de valences ; cette approche ne tiendrait pas compte des défauts d'innocuité potentiels de certains vaccins chez différentes espèces.

Parmi les 23 parcs vaccinant plusieurs espèces, 17 utilisent les mêmes valences pour toutes les espèces, 16 les mêmes vaccins et 15 les mêmes protocoles. Douze parcs (soit 50 %) utilisent les mêmes valences, les mêmes vaccins et les mêmes protocoles chez les mêmes groupes d'animaux des différentes espèces qu'ils détiennent. Nous avons mis en évidence le fort taux de vaccination dans les parcs possédant un grand nombre d'espèces. Parmi les six parcs possédant et vaccinant au moins cinq espèces, seuls trois ont répondu au second questionnaire. Tous vaccinent tous les animaux pour les mêmes raisons avec les

mêmes valences (CHPLR ou CHPPiLR, soit une couverture large). Un utilise le même protocole et les mêmes vaccins pour toutes les espèces, un change de vaccins mais les protocoles sont identiques dans les trois espèces sur les six où les jeunes sont vaccinées, et le dernier n'a pas décrit ses protocoles (mais utilise les mêmes vaccins, les mêmes modes et voies d'administration). Il semblerait donc que la vaccination dans ces parcs soit uniformisée, qu'ils réalisent une vaccination pouvant être qualifiée de "standard". Cela peut s'expliquer par un contexte épidémiologique commun aux différentes espèces du parc, bien que cet aspect n'ait pu être formellement vérifié dans tous les questionnaires (causes de vaccination différentes en fonction des espèces par exemple). Une simplification du travail découle naturellement du choix de standardiser les protocoles vaccinaux notamment lorsque de nombreuses espèces sont présentes : il est plus facile de planifier le travail si tous les animaux sont traités de la même façon de manière systématique.

Inversement, 50 % des parcs possédant plusieurs espèces adoptent des stratégies vaccinales différenciées. Il est cependant souvent impossible de dire si cela relève d'une réelle adaption à l'espèce ou à une situation épidémiologique particulière, à la faisabilité technique de la vaccination ou tout simplement à la différence de composition des groupes d'animaux présentés (les animaux âgés et isolés sont souvent écartés de la vaccination, alors que les groupes reproducteurs sont souvent vaccinés).

En ce qui concerne le protocole, 49 % des parcs ayant des jeunes réalisent une primovaccination dès 2 mois (ou 8 semaines d'âge), en deux injections à trois ou quatre semaines d'intervalle, ce qui correspond au protocole recommandé chez le Chien domestique. La moitié des protocoles de primovaccination sont donc calqués sur celui du Chien, ce qui est compréhensible puisqu'en dehors d'études et de données précises, le protocole Chien demeure le modèle d'extrapolation pour les autres espèces de Canidés. Cependant, quelques particularités spécifiques, notamment sur l'âge de survenue et la longueur de la période critique, ont été mises en évidence dans ce travail [80]), et il est plus que vraisemblable que des spécificités particulières existent chez toutes les espèces. Elles doivent systématiquement être prises en compte dès lors qu'elles sont connues.

Il semblerait donc que la majorité des stratégies vaccinales décrites ne résultent pas d'une réflexion poussée sur l'espèce ou le contexte épidémiologique, mais cette appréciation est certainement faussée par l'absence de justification des choix vaccinaux dans le questionnaire, alors qu'ils pourraient être parfaitement motivés par le prescripteur. Là encore la limite de l'enquête ainsi réalisée ne nous permet pas d'interpréter complètement les résultats obtenus.

b) Autres considérations

Certaines questions visaient à expliciter plus particulièrement un aspect de la vaccination.

La séparation des différentes valences vivantes atténuées est conseillée lors des primovaccinations dans certaines publications [36, 41, 53, 106, 119], afin de limiter l'impact de la vaccination sur le système immunitaire et de réduire les risques de maladie vaccino-induite ou opportuniste. Aucun parc ne pratique de réelle séparation des valences, bien que certains parcs n'emploient volontairement que des valences inactivés lors des primovaccination. La seule autre réponse obtenue à cette question a été la mention de la séparation de la valence rage lors de la première injection de primovaccination, celle-ci n'étant ajoutée qu'à trois mois révolus, comme l'impose la législation. Le surcroît de travail et de stress pour les animaux (par la multiplication des manipulations) associé à la séparation des valences est probablement un frein à cette pratique, à moins qu'elle ne soit considérée comme inutile. Une étude sur de jeunes Loups rouges n'a pas montré d'impact positif de l'administration alternée de valences différentes sur le système immunitaire [76].

L'utilisation d'une double dose de vaccin est parfois réalisée chez les Félidés sauvages [130]. Aucun parc n'a mentionné cette pratique dans les questionnaires. Si l'augmentation de la dose vaccinale peut paraître utile chez les gros Félidés sauvages (Lion (*Panthera leo*), Tigre (*Panthera tigris*) par exemple), pour lesquels de grandes différences de taille existent avec le Chat domestique, les Canidés sauvages sont tous de taille similaire à celle du Chien domestique, où plutôt des Chiens domestiques. Les variations de taille observées entre les différentes races de Chien domestique sont du même ordre que celles observées dans notre sélection d'espèces de Canidés sauvages. Une dose unique de vaccin convenant pour toutes les races de Chien, elle doit aussi convenir pour toutes les races de Canidés sauvages, la plus grosse (le Loup gris) ayant la taille d'un gros chien (jusqu'à 50 kg), et la plus petite (le Fennec) celle d'un petit chien (1 kg).

L'association de la vaccination avec un autre traitement est une pratique courante (51 % des parcs), il s'agit majoritairement d'antiparasitaires. On recommande pour les espèces domestiques de vermifuger environ dix jours avant la vaccination, afin d'obtenir une réponse immunitaire optimale. Seuls deux parcs suivent cette recommandation pour leurs Canidés sauvages, tous les autres vermifugeant au moment de la vaccination. Cela s'explique principalement par des raisons pratiques : la manipulation de l'animal est l'occasion de réaliser un maximum de traitements préventifs, notamment lorsque le traitement anti-parasitaire doit être réalisé par voie injectable ou transcutanée. La manipulation vigile permet également de faire avaler des anthelminthiques oraux. La double manipulation des animaux (pour le déparasitage puis dix jours plus tard pour la vaccination) ne nous semble pas souhaitable, en raison du stress occasionné. En revanche, lorsque les antiparasitaires peuvent être mélangés à l'alimentation (donc sans manipulation supplémentaire de l'animal), leur utilisation systématique dix jours avant

vaccination nous semble très intéressante, car toute initiative pouvant potentiellement augmenter l'efficacité et l'innocuité des vaccins utilisés doit être mise en oeuvre si elle est possible. Cela n'empêche pas bien sûr de profiter de la vaccination pour réaliser un traitement antiparasitaire externe ou interne plus large, ou d'administrer des vitamines.

L'administration d'autres traitements concomitants doit être réfléchie, certains pouvant nuire à une bonne efficacité des vaccins à l'instar des traitements anti-infectieux notamment.

Aucune relation n'a pu être établie entre l'utilisation de traitement concomitant et la survenue d'accidents vaccinaux, en raison du faible nombre d'accidents vaccinaux décrits (utilisation d'ivermectine et de fenbendazole chez les Lycaons, aucun autre traitement chez les Fennecs, pas de précision pour les autres rapports).

2. Choix de vaccins ou protocoles alternatifs

Certains parcs ont explicitement choisi d'adapter leurs pratiques vaccinales aux particularités d'espèces, et cela est notamment visible lorsque des efforts particuliers (au niveau du choix des vaccins et parfois des protocoles) ont dû être faits.

a) Utilisation de vaccins importés ou non-commerciaux

Le choix d'utiliser un vaccin inactivé résulte d'une bonne connaissance des risques de maladie vaccino-induite dans certaines espèces. Il a été fait pour des espèces chez lesquelles ces risques sont bien identifiés : Lycaon, Loup à crinière, Chien des buissons et Fennec, ainsi que chez l'Otocyon. Le parc vaccinant les Otocyons explique que seule la valence leptospirose est utilisée car c'est la seule disponible sous forme inactivée, ce choix permet d'éviter les éventuels risques liés à l'administration de valences atténuées. Pour les autres espèces, des vaccins non disponibles sur le marché ont été choisis pour vacciner contre la parvovirose, la maladie de Carré et/ou l'hépatite de Rubarth, témoignant non seulement d'une connaissance des risques mais encore d'une volonté de faire des efforts particuliers pour la vaccination de ces espèces. En effet, certains parcs possèdent d'autres espèces (Loup notamment) qui ne sont pas vaccinées ou vaccinées avec des vaccins commerciaux pour Chien sans précaution particulière.

Seuls trois pays (et huit parcs) ont choisi d'utiliser des vaccins différents : la Pologne (2 parcs), l'Allemagne (5 parcs) et les Pays-Bas (1 parc).

Les vaccins particuliers utilisés sont de deux types :

- des vaccins commercialisés dans d'autres pays, importés spécialement pour la vaccination des espèces sensibles :
    - vaccins canins : PARVAC® de PFIZER (Australie), vaccin inactivé contre la parvovirose.
    - vaccins destinés à d'autres espèces : FEL-O-VAX® de FORT DODGE (Etats-Unis d'Amérique), vaccin inactivé contre la parvovirose féline ; PUREVAX

FERRET DISTEMPER® de MERIAL (Etats-Unis d'Amérique), vaccin recombinant contre la maladie de Carré destiné au Furet.

- des vaccins conçus spécialement par des laboratoires pour les parcs zoologiques : le vaccin CDV-ISCOM de l'Erasmus Medical Center de Rotterdam, vaccin sous-unitaire contre la maladie de Carré ; un vaccin inactivé contre la maladie de Carré et l'hépatite de Rubarth conçu pour le zoo de Francfort par INTERVET ; un vaccin inactivé contre la maladie de Carré autrefois fabriqué par les industries de Behring Werke Marburg pour le zoo de Francfort (et utilisé dans quatre autres zoos allemands).

L'utilisation de ce type de vaccin est imposé par le manque de vaccins sûrs d'emploi en Europe. La collaboration avec des laboratoires est un moyen pratique d'obtenir des vaccins plus sûrs tout en faisant avancer la recherche sur la vaccination des espèces sauvages. Il est cependant limité à un nombre restreint de zoos et sur une période définie, puisque lorsque la fabrication du vaccin expérimental est arrêtée, aucune version commerciale n'est mise sur le marché pour le remplacer. Ainis l'arrêt de la fabrication du vaccin inactivé Behring a-t-il conduit à l'abandon de la vaccination dans plusieurs parcs.

Le manque de débouchés commerciaux est le principal frein au développement de ces vaccins, les parcs zoologiques ne présentant pas un assez gros potentiel commercial. C'est également une des raisons principales de non disponibilité en Europe de vaccins utilisés dans d'autres pays, principalement du vaccin PUREVAX FERRET®, qui est déjà utilisé aux Etats-Unis d'Amérique chez toutes les espèces sensibles aux vaccins atténués pour la protection contre la maladie de Carré. Sa commercialisation n'est pas prévue par MERIAL en Europe, le Furet n'étant pas encore un animal de compagnie assez répandu pour que la réalisation d'un dossier d'AMM européen (plus complexe que son homologue américain) ne soit encore rentable [112].

Ces vaccins doivent donc être importés. L'importation de produits pharmaceutiques impose des démarches longues et parfois infructeuses. L'importation du PARVAC® en Pologne a pris plusieurs mois et nécessité une autorisation du Ministère de la Santé polonais, obtenue suite à un dossier de demande du zoo comportant entre autres des lettres de recommandations du vétérinaire conseil et du coordinateur de l'EEP Lycaon. En outre, la longueur des démarches la première fois peut entraîner du retard sur le protocole de vaccination, comme chez les Loups à crinière de Cracovie qui n'ont été primo-vaccinés qu'à sept mois au lieu de deux en raison des délais d'import du PUREVAX®. Les démarches d'importation sont variables en fonction des pays. Nous n'avons pas d'exemple de plusieurs parcs s'étant rassemblés pour importer ensemble des vaccins pour Canidés, mais ce pourrait être une solution pour faciliter les démarches et l'approvisionnement.

b) Utilisation de protocoles originaux

Les recommandations d'élevage américaines du Loup à crinière préconisent de primovacciner les jeunes avec un vaccin parvovirose inactivé puis de passer à un vaccin atténué lorsque des titres en anticorps suffisants sont détectés. Ce protocole a été adopté

par deux parcs (Cracovie et Francfort sur les Loups à crinière). Cette alternative nous semble un bon compromis entre les défauts d'innocuité des vaccins atténuées et les problèmes d'efficacité des vaccins inactivés. Elle impose tout de même de disposer de vaccins tués ou d'en importer, ainsi que de pouvoir réaliser des analyses sérologiques, donc de capturer les animaux pour les prises de sang et bien sûr de payer pour ces analyses. Cependant, la réalisation de sérologies systématiques ne peuvent que compléter les connaissances sur les réponses immunologiques des espèces sauvages à la vaccination.

3. Comparaison des protocoles utilisés à ceux conseillés

Nous allons reprendre les protocoles décrits dans les questionnaires pour les comparer aux recommandations existantes dans la littérature, afin d'évaluer si celles-ci sont suivies ou non. Il faut cependant garder à l'esprit le manque de fiabilité de certaines recommandations encore disponibles (anciennes ou considérant un groupe d'espèce,par exemple "grands Canidés", plutôt qu'une espèce particulière), on ne peut donc pas blâmer les parcs de ne pas les suivre !

a) Chez le Loup

Peu de recommandations existent pour cet animal pourtant fréquent en zoo. Quarante-neuf parcs le vaccinent sur soixante-dix. Les principaux freins à la vaccination de cette espèce sont les difficultés pratiques liées à la capture ou à la télé-injection, qui entraîne la non-vaccination dans plusieurs parcs (16 parcs) ou une vaccination restreinte aux jeunes ou limitée aux adultes faisant l'objet d'une capture pour un autre motif (6 parcs).

Deux établissements ont annoncé avoir entendu parler d'effets secondaires consécutifs à la vaccination chez le Loup, mais aucune description n'a été trouvée dans la littérature. Aucun parc n'a mentionné d'accident dans les questionnaires, alors que huit d'entre eux vaccinent cette espèce depuis plus de vingt ans.

Les protocoles proposés sont très divers (vingt-sept protocoles différents sur vingt-huit réponses), mais la majorité se base sur les protocoles appliqués au Chien domestique : primovaccination vers deux mois d'âge, en deux injections, et rappels annuels. La fréquence des rappels peut toutefois être moindre : un parc ne réalise des rappels que tous les deux ans (CHP), et un autre tous les trois ans (CHPPi), en conservant un rappel annuel pour la valence « leptospirose ».

La vaccination de cette espèce ne semble pas poser de réel problème d'innocuité. Sa proximité phylogénétique avec le Chien pourrait être un argument en faveur d'une bonne efficacité et innocuité des vaccins. Toutefois, quelques analyses sérologiques, notamment suite à l'administration de vaccins inactivés anti-rabiques, ont mis en évidence une réponse sérologique inconstante ou de faible durée ; la réelle efficacité des vaccins reste

donc encore inconnue. Malgré tout, l'obstacle majeur à la vaccination du Loup semble plus pratique, avec de réelles difficultés d'administrations, que lié au vaccin lui-même.

b) Chez le Chacal à chabraque

Aucune réelle recommandation n'existe pour cette espèce, qui est simplement en *monitoring* européen et n'est pas menacée dans son milieu naturel. Aucun accident n'a été relevé ni dans la littérature ni dans les questionnaires (6 parcs vaccinant sur 7 parcs détenant l'espèce). Bien que le Chacal appartienne au genre *Canis*, les études phylogénétiques récentes le placent plus loin du Chien que le Dhole ou le Lycaon par exemple (Figure 1), on ne peut donc pas considérer cet argument comme en faveur de l'efficacité et de l'innocuité de la vaccination. Aucune étude n'est disponible chez cette espèce (hormis sur l'efficacité du vaccin anti-rabique oral SAG-2), et les quatre protocoles décrits dans les questionnaires étaient très différents. Aucune conclusion ne peut être dégagée pour cette espèce.

c) Chez le Loup à crinière

Le Loup à crinière est une des espèces les plus sensibles aux vaccins vivants atténués, des accidents ont déjà été décrits avec les valences « parvovirose », « maladie de Carré » et « hépatite de Rubarth ». Plus de 20 % des zoos ont d'ailleurs déjà entendu parler de problèmes vaccinaux dans cette espèce, et six ne vaccinent pas ou plus en raison de l'absence de vaccin sûr disponible. Vingt-neuf parcs sur les quarante-trois hébergeant le Loup à crinière la vaccinent, dont trois depuis plus de vingt ans. Aucune description d'effets secondaires n'a été rapportée dans notre enquête.

Si la majorité des parcs vaccinent avec des vaccins multivalents du commerce, selon un protocole proche de celui du Chien domestique (primovaccination en deux injections à partir de deux mois, rappels annuels (sauf biennal pour un parc, valences CHP) (10 parcs), plusieurs établissements prennent des précautions particulières. Des vaccins inactivés fabriqués en Allemagne (maladie de Carré, Behring Werke Marburg (2 parcs) et Carré-hépatite, INTERVET (1 parc)) ou le vaccin sous-unitaire ISCOM (Carré)(1 parc) sont ainsi utilisés chez cette espèce. Un zoo a importé spécialement pour ses loups à crinière le PUREVAX® (recombinant maladie de Carré) et le FEL-O-VAX® (inactivé parvovirose féline) des Etats-Unis d'Amérique, afin de suivre à la lettre les recommandations des « *husbandry guidelines* » américains. Deux parcs utilisent ces vaccins inactivés pour la primovaccination puis des vaccins atténués pour les rappels (valences CHP).

La vaccination du Loup à crinière, à l'instar de celle du Fennec (*cf. infra*), est donc sujette à deux types de pratiques totalement différentes : une vaccination "classique" multivalente d'une part ou l'application de protocoles très particuliers d'autre part. Il est évident que les parcs vaccinant depuis longtemps avec des vaccins atténués multivalents sans rencontrer de problème ne trouveront pas d'intêret à utiliser des vaccins ou des protocoles particuliers. Cependant, la sensibilité bien connue de cette espèce aux vaccins atténués doit faire préférer les vaccins inactivés, recombinants ou autres dès qu'ils sont

disponibles. La succession vaccin tué en primovaccination et atténué pour les rappels nous paraît une solution appropriée dans cette espèce, en limitant les risques (plus importants à la primovaccination), tout en conférant une efficacité *a priori* satisfaisante (plusieurs vaccins multivalents canins ont engendré des titres en anticorps élevés se maintenant au moins un an).

d) Chez le Dhole

Aucune donnée bibliographique n'a été trouvée chez cette espèce, pas même des rapports de maladie infectieuse naturelle. Douze parcs vaccinent sur les quinze détenant l'espèce. Les six parcs ayant transmis leur protocole vaccinal réalisent une vaccination multivalente (CHPL, CHPiL, CHPLR ou CHPPiLR), aucun n'est averti de dangers potentiels chez cette espèce. La vaccination est donc réalisée sans précaution particulière avec une primovaccination à partir de deux ou trois mois d'âge, le plus souvent en deux injections à trois ou quatre semaines d'intervalle et des rappels annuels. Les protocoles utilisés sont donc similaires à ceux recommandés chez le Chien domestique en l'absence de toute donnée bibliographique ou recommandation vaccinale.

Il est à noter cependant qu'un accident vaccinal a été décrit chez un Dhole ; il serait imputable au stress de la capture plus qu'à un défaut d'innocuité du vaccin. Il souligne cependant le fait que si aucune maladie vaccinale n'a été décrite à ce jour, la vaccination reste un acte non anodin sur un animal de ce type, vivant en groupe et sujet au stress (*cf. supra*).

e) Chez le Lycaon

La vaccination du Lycaon est particulièrement délicate. Dix-sept parcs sur 25 détenant l'espèce la vaccinent. Les limites des vaccins disponibles constituent la première cause de non-vaccination dans cette espèce (6 réponses). En effet, le Lycaon est particulièrement sensible aux vaccins atténués contre la maladie de Carré : trois cas de maladie de Carré vaccino-induite ont été trouvés dans la littérature, à chaque fois avec un vaccin commercialisé différent. L'usage de vaccins inactivés, recombinant ou sous-unitaire n'a provoqué que des séroconversions faibles ou absentes et limitées dans le temps.

Tous les protocoles recueillis dans cette étuude sont basés sur celui du Chien domestique, à savoir une primovaccination en deux injections à partir de huit semaines d'âge et des rappels annuels (sauf biennal pour un parc, valences CHPPi, la valence L étant administrée annuellement). La plupart des structures (huit sur dix) utilisent des vaccins multivalents atténués canins ; un établissement a toutefois rapporté un accident (parvovirose sur des jeunes, vaccino-induite ou par défaut d'efficacité). Trois emploient des vaccins particuliers : valence « maladie de Carré » inactivée de Behring Werke Marburg ; Parvac®, Pfizer, valence « parvovirose » inactivée ; recombinant « maladie de Carré » CDV-ISCOM.

La sensibilité particulière de cette espèce aux vaccins atténués contre la maladie de Carré justifie l'utilisation de vaccins inactivés lors de la primovaccination. Le relais par

des vaccins atténués et l'usage de primovaccinations multiples et de rappels fréquents semblent nécessaire pour que s'établisse et se maintienne une réponse sérologique correcte (à défaut de pouvoir évaluer la protection conférée). Ces administrations multiples compliquent la vaccination de cette espèce de grande taille, potentiellement dangereuse, et vivant en meutes parfois nombreuses et souvent instables en captivité, pouvant facilement être perturbées par des interventions répétées (les individus peuvent s'entre-tuer). L'intérêt réel de la vaccination nous semble en l'état actuel des choses plutôt sujet à caution, les inconvénients et les limites de la prophylaxie médicale paraissant plus importants que les avantages. Elle ne devrait donc être conseillée que lors de risque bien identifié (contexte épidémiologique) et si les mesures de prophylaxie sanitaires sont jugées insuffisantes. Dans tous les cas, la vaccination ne doit jamais être considérée comme réellement protectrice, et toujours associée à des mesures sanitaires. Les recherches se poursuivent cependant sur cet animal très menacé qui bénéficie de nombreux programmes d'élevage en Europe comme en Afrique.

f) Chez l'Otocyon

Quatre parcs vaccinent sur les sept possédant l'espèce, et trois nous ont transmis leur protocole. Deux concernent la vaccination de jeunes et d'adultes avec des vaccins mulivalents (CHPPiLR(Co)), dès sept à huit semaines d'âge avec des rappels annuels. Un parc ne vaccine que contre la leptospirose car c'est le seul vaccin inactivé qui soit disponible. En effet, un cas de maladie de Carré vaccino-induite a été suspecté dans cette espèce. Cependant, aucun parc ne s'est déclaré averti de risques potentiels à la vaccination chez l'Otocyon. Aucune recommandation n'existe. Si la vaccination doit être envisagée, des cas de parvovirose et de maladie de Carré ayant déjà été décrits chez cette espèce, il nous paraît cependant conseillé de vacciner avec prudence.

g) Chez le Chien des buissons

Le Chien des buissons est vacciné dans neuf des douze parcs détenant des sujets de cette espèce. Sur les cinq protocoles reçus, quatre consistent en l'utilisation de vaccins multivalents atténués canins, avec une primovaccination en deux injections et des rappels annuels. Cependant, une maladie de Carré vaccinale a déjà été décrite dans cette espèce, et les recommandations préconisent l'utilisation d'un vaccin inactivé pour la primovaccination avant de passer à un vaccin atténué. Seul un parc en Europe utilisait autrefois le vaccin inactivé contre la maladie de Carré de Behring Werke Marburg.

Des suivis sérologiques ont mis en évidence une période critique particulièrement longue chez cette espèce, pouvant s'étendre jusqu'à six mois d'âge lorsque la mère était vaccinée [80]. Il semble donc nécessaire pour assurer une protection efficace de réaliser une primovaccination comprenant de multiples injections, avec des vaccins tués, et éventuellement de réaliser un suivi sérologique, avant de passer à l'utilisation de vaccins atténués. Cela n'est réalisé dans aucun des parcs ayant participé à l'enquête.

h) Chez le Renard polaire

Le Renard polaire est une espèce fréquemment détenue en captivité, notamment au sein des fermes d'élevage (phénotype parfois différent), plus rarement en parc zoologique. Sur les dix parcs présentant cette espèce, huit la vaccinent mais seuls deux ont décrit leur protocole, avec des vaccins multivalents (CHPLR), administrés dès six semaines ou deux mois d'âge. Ces deux parcs vaccinent depuis plus de vingt ans, aucun ne signale de problème lié au vaccin. La vaccination est également répandue en fermes d'élevages, donc utilisée sur un grand nombre d'animaux, notamment avec des vaccins contre la maladie de Carré destinés au Vison (atténués sur cellules aviaires), qui se sont avérés produire de bonnes réponses sérologiques et sans danger dans cette espèce [129]. Un cas de maladie de Carré vaccino-induit a été suspecté en 1939, mais aucune autre description n'a été trouvée depuis [28]. Les vaccins actuels, notamment ceux destinés aux Mustélidés, également sensibles aux vaccins atténués, semblent donc posséder une bonne innocuité pour le Renard polaire. La vaccination de cette espèce ne semble donc pas problèmatique.

i) Chez le Fennec

Le Fennec est l'espèce de l'étude la moins vaccinée (41 % de vaccination), le plus souvent en raison de son confinement dans des enceintes complétement closes. Onze parcs sur les vingt-sept en hébergeant le vaccinent, et sept descriptions de protocoles nous sont parvenues.

C'est également une espèce connue pour sa sensibilité aux vaccins vivants atténués : huit parcs ont déclaré avoir entendu parler de maladie vaccinale chez le Fennec, un rapport a été retrouvé dans la littérature et deux témoignages de maladie de Carré vaccino-induite ont été rélevés par notre enquête.

Cependant, la connaissance de cette sensibilité particulière et la réponse apportée en matière de prophylaxie médicale diffèrent selon les pays : cinq parcs (en Russie, République Tchèque, Lettonie et Lituanie) utilisent des vaccins multivalents (CHPPiLR), dès six semaines à trois mois d'âge pour la primovaccination. Aucun de ceux-là n'a déclaré avoir connaissance d'effets secondaires possibles, sauf un qui y a été directement confronté (mortalité suite à l'utilisation de VANGUARD®). Cet accident a motivé le changement de produit pour un autre vaccin atténué multivalent (HEXADOG®). Ce dernier est notamment utilisé depuis trente ans dans un des parcs sur cette espèce, dès six semaines d'âge, sans effet secondaire décrit.

A l'opposé, deux autres parcs (en Allemagne) ne vaccinaient que contre la maladie de Carré et avec le vaccin inactivé Behring Werke Marburg conçu pour le zoo de Francfort. L'arrêt de sa production a entraîné l'arrêt de la vaccination dans ces deux parcs.

Les recommandations vaccinales préconisent la vaccination de cette espèce, mais pas avec n'importe quel vaccin vivant contre la maladie de Carré. Des vaccins atténués sur cellules aviaires doivent être utilisés, le vaccin FROMMD® de SOLVAY - FROMM LABORATORIES a été longtemps recommandé aux Etats-Unis d'Amérique mais n'y est désormais plus commercialisé. Le vaccin actuellement recommandé pour les Fennecs de compagnie, de plus en plus répandus aux Etats-Unis d'Amérique, est le RECOMBITEK-C4®

de MERIAL, un vaccin multivalent recombinant pour la valence « maladie de Carré ». Ce vaccin n'est pas disponible en Europe.

Cela nous ammène à penser que la vaccination de cette espèce doit être réalisée avec prudence, notamment en ce qui concerne la valence « maladie de Carré ». Si des vaccins inactivés ou recombinants doivent être privilégiés quand c'est possible, certains vaccins atténués posséderaient une bonne innocuité. En Europe, il semble que le vaccin HEXADOG® de MERIAL puisse être utilisé avec de bons résultats dans cette espèce.

Même si la majorité des protocoles décrits s'inspire de ceux définis pour le Chien domestique, nous avons relevé une grande diversité parmi les procédures mises en oeuvre, puisque nous n'avons quasiment jamais observé deux fois le même protocole pour une même espèce. Néanmoins, un protocole identique peut être utilisé sur des espèces différentes au sein d'une même structure. Le faible nombre d'études spécifiques lié à l'absence de réel consensus sur la prophylaxie médicale de la plupart des espèces impliquent que la majorité des protocoles utilisés résultent d'un compromis entre l'état des connaissances réelles (faibles), des impératifs pratiques (difficulté de capture, âge à la primovaccination, fréquence des rappels) et commerciaux (difficulté à trouver des vaccins sûrs) et des choix empiriques. Ce travail avait pour objectif de contribuer à dégager des protocoles fiables pour les espèces de l'étude, mais les données recueillies, qu'elles soient bibliographiques ou issues de l'enquête, sont encore trop peu nombreuses et trop disparates pour définir de réelles recommandations vaccinales pour la plupart des espèces.

Il nous paraît cependant sage de privilégier l'emploi de vaccins tués ou issus du génie génétique pour la primovaccination des espèces identifiées comme particulièrement sensibles aux vaccins atténués (Lycaon, Loup à crinière, Fennec, Chien des buissons principalement), dès lors que des vaccins de ce type sont disponibles. Toutefois, il faut garder à l'esprit que les accidents réels sont rares, alors que l'utilisation de vaccin atténués multivalents canins est répandue chez toutes les espèces. L'efficacité des vaccins étant hypothétique, on privilégiera des rappels fréquents (au moins annuels), et éventuellement des vaccins vivants, plus immunogènes, pour ces rappels.

CONCLUSION

La vaccination des Canidés sauvages en parc zoologique est une pratique ancienne (avec parfois plus de trente ans de recul) et répandue en Europe. L'enquête réalisée a permis d'obtenir un panorama de l'état actuel de la vaccination des Canidés sauvages dans les parcs zoologiques européens. La grande diversité des situations et contexte individuels mis en évidence rend difficile l'analyse fine des stratégies vaccinales. Toutefois, il ressort que la vaccination est très souvent basée sur les pratiques mises en œuvre chez le Chien domestique, duquel proviennent les vaccins et protocoles utilisés.

Cependant, de plus en plus de connaissances sont disponibles sur les espèces sauvages, et leurs réactions à la vaccination. Des particularités d'espèces nombreuses ont été mises en évidence, qu'il s'agisse de sensibilités particulières aux vaccins vivants, de mauvaises réponses sérologiques ou de la durée de la période critique. Ces particularités éloignent significativement les espèces sauvages du modèle du Chien domestique, et imposent de réfléchir la vaccination non plus comme un automatisme, mais comme une décision à prendre au cas par cas. Le choix vaccinal doit être fait en fonction de l'espèce, de sa réponse propre aux vaccins utilisés, de la faisabilité pratique de sa mise en œuvre, des risques liés à l'administration et de la situation épidémiologique locale. Par dessus tout, la vaccination doit toujours être pensée en terme de rapports bénéfices / risques.

Les nouveaux vaccins obtenus par génie génétique ouvrent de nouvelles possibilités vaccinales, alors que les protocoles s'adaptent progressivement aux espèces pour une meilleure innocuité. La vaccination orale est une alternative intéressante, car facile d'emploi et ayant fait ses preuves en terme d'efficacité comme d'innocuité chez plusieurs espèces, et son utilisation devrait être envisagée dans le contexte des parcs zoologiques.

Si la preuve de défauts d'innocuité des vaccins n'est pas toujours facile à apporter (réaction immédiate ou différée, influence du stress, différenciation entre maladie spontanée et vaccino-induite), les défauts d'efficacité sont encore plus difficile à mettre en évidence. Cela est d'autant plus vrai dans le cadre restreint d'un parc zoologique où l'isolement et les mesures de prophylaxie médicale limitent souvent l'exposition réelle des animaux aux agents pathogènes. Ainsi l'efficacité réelle de la vaccination est encore une grande inconnue, alors que le coût et la complexité de la mise en œuvre de mesures vaccinales justifient de s'intéresser particulièrement à cet aspect souvent négligé en pratique.

Des études à large échelle comme celles réalisées chez le Chien sont inenvisageables pour les espèces sauvages. Dès lors, les initiatives individuelles, le partage d'expériences, les études cliniques ponctuelles et les publications afférentes participant à l'amélioration graduelle et à la diffusion des connaissances dans ce domaine doivent être systématiquement encouragées.

La prophylaxie médicale demeure un outil réel de protection de la faune sauvage en captivité, et la science encore empirique de la vaccination des espèces sauvages est amenée à se développer et à prendre du recul par rapport au modèle canin, afin de mettre au point des vaccins, des protocoles et des techniques vaccinales réellement spécifiques et adaptées aux espèces que nous désirons protéger.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALEXANDER KA, APPEL MJG. African Wild Dogs (Lycaon pictus) endangered by a canine distemper epizootic among domestic dogs near the Masaï Mara national reserve, Kenya. *J. Wildl. Dis*., 1994, **30**(4), 481-485.

2. ALEXANDER KA, CONRAD PA, GARDNER IA, PARISH C, APPEL M, LEVY MG, LERCHE N, KAT P. Serologic survey of selected microbial pathogens in African wild dogs (Lycaon pictus) and sympatric domestic dogs (Canis familiaris) in Maasai Mara, Kenya. *J. Zoo Wildl. Med*., 1993, **24**, 140-144.

3. ALEXANDER KA, KAT PW, WAYNE RK, FULLER TK. Serologic survey of selected canine pathogens among free-ranging jackals in Kenya. *J. Wildl. Dis*., 1994, **30**(4), 486-491.

4. ALEXANDER KA, PIETER WK, MUNSON LA, KALAKE A, APPEL MJG. Canine distemper-related mortality among wild dogs (Lycaon pictus) in Chobe National Park, Botswana. *J. Zoo Wildl. Med.*, 1996, **27**(3), 426-427.

5. ANDERSON EC. Morbillivirus infections in wildlife (in relation to their population biology and disease control in domestic animals). *Vet. Microbiol.*, 1995, **44**, 319-332

6. ANONYME. *Drugs.com Veterinary Production Database*. [en-ligne] 2000-2009 [http://www.drugs.com/vet/], (consulté en juin 2009).

7. ANONYME. *Bioveta* [en-ligne] 2008 [www.bioveta.cz], (consulté le 12 août 2009).

8. ANONYME. *CITES - Convention de Washington* [en-ligne] [http://cites.ecologie.gouv.fr], (consulté le 28 décembre 2007).

9. ANONYME. *Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires*. [en-ligne] 2009 [http://www.wk-vet.fr/dictionnaire-des-medicaments-veterinaires], (consulté le 18 octobre 2009).

10. ANONYME. *European Association of Zoos and Aquaria - EAZA* [en-ligne] 2008 [http://www.eaza.net/], (consulté le 14 septembre 2008).

11. ANONYME. *2007 IUCN red list of threatened species.* [en-ligne], mise à jour le 14 décembre 2007. [http://www.iucnredlist.org/], (consulté le 28 décembre 2007).

12. ANONYME. PFIZER, *Parvac™ vaccine*, notice d'emploi, octobre 2004.

13. ANONYME. PFIZER, *Vanguard™ vaccine.* [en-ligne] 2009 [http://www.drugs.com/vet/vanguard-da2mp.html] consulté le 17 mai 2009.

14. ARMSTRONG WH, ANTHONY CH. An epizootic of canine distemper in a zoological park. *Cornell Vet.* 1942, **32**, 286.

15. ARTOIS M, CLARO F, REMOND M, BLANCOU J. Pathologie infectieuse des Canidés et Félidés des parcs zoologiques. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz*., 1996, **15**(1), 115-140.

16. AYROUD M, HAINES D, TERRANE B. Canine distemper and secondary infections in unvaccinated ranch foxes. *Can. Vet. J*., 1992, **33**(9), 617.

17. BACKUES KA. Problems with maned wolf puppies and parvovirus immunization. *Zoo Vet. News*, 1994, **10**(2), 6.

18. BARBIERS R, BUSH M. Medical management of Maned Wolves. In : FLETCHALL N, RODDEN M, TAYLOR S. (eds.) *Husbandry manual for the Maned Wolf, Chrysocyon brachyurus. Association of Zoos and Aquaria*. 1995, 52-55.

19. BARKER IK, PARRISH CR. Parvovirus infections. *In* : WILLIAMS ES, BARKER IK, (eds). *Infectious diseases of wild mammals*. 3e ed. London, Manson publishing LTD., 2001, 131-146.

20. BARKER IK, POVEY RC, VOIGT DR. Response of Mink, Skunk, Red Fox and Raccoon Dog to inoculation with mink virus enteritis, feline panleukopenia and canine parvovirus and prevalence of antibody to parvovirus in wild carnivores in Ontario. *Can. J. Comp. Med*., 1983, **47**, 188-197.

21. BAUMGARTNER K, GUBERTI V. Parvovirus CPV-2 in free-ranging wolves (Canis lupus) in Italy. *In* : *European Association of Zoo and Wildlife Veterinarians (EAZWV) first scientific meeting*, Rostock, Germany, may 16-18, 1996.

22. BIENIEK VHJ, ENCKE W, GANDRAS R, VOGT P. Parvovirus-Infektion beim Mähnenwolf. *Kleintierpraxis*, 1981, **26**, 291-298.

23. BINGHAM J, PERRY BD, KING AA, SCHUMACHER CL, AUBERT M, KAPPELER A, FOGGIN CM, HILL FWG, AUBERT A. Oral rabies vaccination of jackals : progress in Zimbabwe. *Onderstepoort J. Vet. Research*., 1993, **60**, 477-478.

24. BINGHAM J, SCHUMACHER CL, HILL FW, AUBERT A. Efficacy of SAG-2 oral rabies vaccine in two species of jackal (Canis adustus and Canis mesomelas). *Vaccine*, 1999, **17**(6), 551-558.

25. BITTLE JL. Use of vaccines in exotic animals. *J. Zoo Wildl. Med*., 1993, **24**(3), 352-356.

26. BLASCO E, LAMBOT M, BARRAT J, CLIQUET F, BROCHIER B, RENDERS C, KRAFFT N, BAILLY J, MUNIER M, PASTORET PP, AUBERT MF. Kinetics of humoral immune response after rabies V-RG oral vaccination of captive fox cubs (Vulpes vulpes) with or without maternally derived antibodies against the vaccine. *Vaccine*, 2001, **19**(32), 4805-4815.

27. BROCHIER B, KIENY MP, COSTY F, COPPENS P, BAUDUIN B, LECOCQ JP, LANGUET B, CHAPPUIS G, DESMETTRE P, AFIADEMANYO K, LIBOIS R, PASTORET PP. Large-scale eradiaction of rabies using recombinant vaccinia-rabies vaccine. *Nature*. 1991, **354**, 520-522.

28. BUDD J. Distemper. *In* : DAVIS JW, KARSTAD LH, TRAINER DO. (Eds.) *Infectious diseases of wild mammals*. 2nd ed. The Iowa State University Press, Ames, IA, 1981, 31-44.

29. BUSH M, MONTALI RJ, BROWNSTEIN D, JAMES AE, APPEL MJG. Vaccine-induced canine distemper in a lesser panda. *J. Am. Vet. Med. Assoc*., 1976, **169**(9), 959-960.

30. CABASSO VJ, SCHROEDER CJ, STEBBINS MR. Isolation of distemper virus from the south American maned wolf (Chrysocyon brachyurus). *Vet. Med.*, 1956, **51**(7), 330.

31. CALLE PP. Rabies. *In* : FOWLER RE, MILLER RE. (eds.) *Zoo and wild animal medicine*. 5th ed. Philadelphia : WB Saunders, 2003, 732-736.

32. CARITHERS D. *Biological and immunogenic properties of canarypox vectored vaccines*. [en-ligne] 2004 [http://purevax.us.merial.com/media/benefits.pdf], (consulté le 17 mai 2009).

33. CARPENTER JW, APPEL MJ, ERICKSON RC, NOVILLA MN. Fatal vaccine-induced canine distemper virus infection in black-footed ferrets. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1976, **169**(9), 961-964.

34. CASSELEUX G, FONTAINE E. Gestion de la parvovirose en élevage canin. *Le Point Vét.*, 2006, n°262, 42-46.

35. CHALMERS WSK. Overview of new vaccines and technologies. *Vet. Microbiol.* 2006, **117**, 25-31.

36. CHAPPUIS G. Control of canine distemper. *Vet Microbiol*. 1995, **44**(2-4), 351-358.

37. CHAPPUIS G, LERNOULD JM. Infection à parvovirus félin chez le chien de forêt (Speothos venaticus), canidé d'Amérique du Sud. *In* : *Sonderdruck aus Verhandlungsbericht des 29 Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zootiere*, Cardiff, United Kingdom, 1987, 293-297.

38. CIRONE F, ELIA G, CAMPOLO M, FRIEDRICH K, MARTELLA V, PRATELLI A, BUONAVOGLIA C. Immunogenicity of an inactivated Oil-Emulsion canine distemper vaccine in African Wild Dogs. *J. Wildl. Dis.*, 2004, **40**(2), 343-346.

39. CITINO S. Communication personnelle. 2009.

40. COKE RL, BACKUES KA, HOOVER JP, SALIKI JT, RITCHEY JW, WEST GD. Serologic responses after vaccination of fennec foxes (*Vulpes zerda*) and meerkats (*Suricata suricatta*) with a live, canarypox-vectored canine distemper virus vaccine. *J. Zoo Wildl. Med*. 2005, **36**(2), 326-330.

41. CORNEWELL HJC, THOMPSON H, McCANDLISH IAP, MACARTNEY L, NASH AS. Encephalitis in dogs associated with a batch of canine distemper (Rockborn) vaccine. *Vet. Rec.*, 1988, **112**, 54-57.

42. CREEL S, CREEL NM, MUNSON L, SANDERLIN D, APPEL MJG.. Serosurvey for selected viral diseases and demography of African Wild Dogs in Tanzania. *J.Wildl. Dis.*, 1997, **33**(4), 823-832.

43. CUBAS ZS. Special challenges of maintaining wild animals in captivity in South America. *Rev. Sci. Of.f Int. Epiz*., 1996, **15**(1), 259-264.

44. CURLEE JF. Cross-species vaccination in wild and exotic animals. *Adv. Vet. Med.*, 1999, **41** : 551-556.

45. CYPHER BL, SCRIVNER JH, HAMMER KL, O'FARREL TP. Viral antibodies in Coyotes from California. *J. Wildl. Dis.*, 1998, **34**(2), 259-264.

46. DAVIDSON WR, APPEL MJ, DOSTER GL, BAKER OE, BROWN JF. Diseases and parasites of red foxes, gray foxes, and coyotes form commercial sources selling to fox-chasing enclosures. *J. Wildl. Dis.*, 1992, **28**(4), 581-589.

47. DAVIDSON WR, NETTLES VF, HAYES LE, HOWERTH EW, COUVILLION CE. Diseases diagnosed in Gray foxes (Urocyon cinereoargenteus) from the southeastern United States. *J. Wildl. Dis*., 1992, **28**(1), 28-33.

48. DAY MJ. Vaccine side effects : fact and fiction. *Vet. Microbiol*., 2006, **177**, 51-58.

49. DEEM SL, EMMONS LH. Exposure of free-ranging maned wolves (Chrysocyon brachyurus) to infectious and parasitic disease agents in the Noël Kempff Mercado National Park, Bolivia. *J. Zoo Wildl. Med*., 2005, **36**(2), 192-197.

50. DEEM SL, SPELMAN LH, YATES RA, MONTALI RJ. Canine distemper in terrestrial carnivores : a review. *J. Zoo Wild. Med.*, 2000, **31**(4), 441-451.

51. DIETZMANN U, PETER W, BECKENDORFF B. Parvovirusinfektion bei Dingos : Diagnostik, Verlauf und Gedanken zur Bekämpfung. *In* : *Verhandlungsbericht des Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zootiere.* 1987, **29**, 299-304.

52. DMOCH R. *EEP Husbandry Guidelines for Speothos venaticus*. European Association of Zoos and Aquaria, 5.

53. DURCHFELD B, BAUMGARTNER W, HERBST W, BRAHM R. Vaccine-associated canine distemper infection in a litter of African hunting dogs (Lycaon pictus). *J. Am. Vet. Med*., 1990, **B37**, 203-212.

54. EAST ML, BURROWS R. The efficacy of inactivated rabies vaccine for the protection of African wild dogs (Lycaon pictus) against viral challenge: a review. *Verh. ber. Erkrg. Zootiere*, 2001, **40**, 233-242.

55. EVERMANN JF, FOREYT W, MAAG-MILLER L, LEATHERS CW, McKEIRNAN AJ, LEAMASTER B. Acute hemorrhagic enteritis associated with canine coronavirus and parvovirus infection in a captive coyote population. *J. Am. Vet. Med. Assoc*., 1980, **177**(9), 784-786.

56. FEDEROFF NE. Antibody response to rabies vaccination in captive and free-ranging wolves (Canis lupus). *J. Zoo Wildl. Med*., 2001, **32**(1), 127-129.

57. FLETCHER KC, EUGSTER AK, SCHMIDT RE, HUBBARD GB. Parvovirus infection in maned wolves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1979, **175**(9), 897-900.

58. FOLLMANN EH, RITTER DG, BAER GM. Immunization of arctic foxes (Alopex lagopus) with oral rabies vaccine. *J Wildl Dis*., 1988, **24**(3), 477-483.

59. FORT DODGE Santé animale laboratoire. Dr D'Esquermes, responsable technique gamme petits animaux. Communication personnelle. 2009.

60. FRANKE V, MATERN B, ACKERMANN O, DANNER K. Prophylaxe der Staupe bei Zootieren. *Berl. Münch. Tierärzlt. Wschr*., 1989, **102**, 56-58.

61. FRIEDRICH KG, GRASSO G, Di FRANCESCO CE, MARSILIO F. Serological survey for selected infectious agents in Carnivores from the zoological garden of Rome – Bioparco S.p.A. *In* : *Erkrankungen der Zootiere: Verhandlungsbericht des 41. Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zoo- und Wildtiere*, Rome, Italy, 28 May - 1 June, 2003.

62. FRÖLICH K. Canine distemper. *In* : Association of Zoo and Wildlife Veterinarians (EAZWV), *Transmissible Diseases Handbook*, 2nd ed., 2002, sheet n°62.

63. FRÖLICH K. Parvovirus infections. *In* : Association of Zoo and Wildlife Veterinarians (EAZWV), *Transmissible Diseases Handbook*, 2nd ed., 2002, sheet n°63.

64. FRÖLICH K, STREICH WJ, FICKEL J, JUNG S, TRUYEN U, HENTSCHKE J, DEDEK J, PRAGER D, LATZ N. Epizootiologic investigations of parvovirus infections in free-ranging carnivores form Germany. *J. Wildl. Dis.*, 2005, **41**, 231-235.

65. GARCELON KD, WAYNE RK, GONZALES BJ. A serologic survey of the Island Fox (Urocyon littoralis) on the Channel Island, California. *J. Wildl. Dis.*, 1992, **28**(2), 223-229.

66. GASCOYNE SC, LAURENSON MK, LELO S, BORNER M. Rabies in African wild dogs (Lycaon pictus) in the Serengeti region, Tanzania. *J. Wildl. Dis.*, 1993, **29**(3), 396-402.

67. GESE EM, SCHULTZ RD, JOHNSON MR, WILLIAMS ES, CRABTREE RL, RUFF RL. Serological survey for diseases in free-ranging coyotes (Canis latrans) in Yellowstone National Park, Wyoming. *J. Wildl. Dis*., 1997, **33**(1), 47-56.

68. GOSS LJ. Species susceptibility to the viruses of Carré and feline enteritis. *Am. J. Vet. Res*., 1948, **9**, 65-68.

69. GREENE CE. Infectious canine hepatitis and canine acidophil cell hepatitis. *In* : GREENE CE. *Infectious diseases of the dog and cat*. 3rd ed. Philadelphia. Elsevier Saunders. 2006, 41-47.

70. GREENE CE, APPEL MJ. Canine distemper. *In* : GREENE CE. *Infectious diseases of the dog and cat*. 3rd ed. Philadelphia. Elsevier Saunders. 2006, 25-41.

71. GREENE CE, SCHULTZ RD. Immunoprophylaxis. *In* : GREENE CE. *Infectious diseases of the dog and cat*. 3rd ed. Philadelphia. Elsevier Saunders. 2006, 1070-1119.

72. GREENE CE, SYKES JE, BROWN CA, HARTMANN K. Leptospirosis. *In* : GREENE CE. *Infectious diseases of the dog and cat*. 3rd ed. Philadelphia. Elsevier Saunders. 2006, 402-416.

73. GRISHAM J, SMITH R, BRADY C. *Minimum AZA guidelines for keeping medium and large canids in captivity. Association of Zoos and Aquaria*.

74. HALBROOKS RD, SWANGO LJ, SCHNURRENBERGER PR, MITCHELL FE, HILL EP. Response of grey foxes to modified live-virus canine distemper vaccines. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1981, **179**, 1170-1174.

75. HAMMOND EE, BUSH M, CITINO SB, BARBIERS R, McALOOSE D, SONGSASEN N, RODDEN M. Maned wolf (Chrysocyon brachyurus) species survival plan medical update. *In* : *Proceeding of the AAZV annual conference*, Los Angeles, California, USA, 11-17 october 2008.

76. HARRENSTIEN LA, MUNSON L, RAMSAY EC, LUCASH CF, KANIA SA, POTGIETER LN. Antibody response of red wolves to canine distemper virus and canine parvovirus vaccination. *J. Wildl. Dis.*, 1997, **33**(3), 600-605.

77. HENKE SE. Effects of modified live virus canine distemper vaccine in gray foxes. *J. Wildl. Rehabilitation*, 1997, **20**, 3-7.

78. HOFF GL, BIGLER WJ, PROCTOR SJ, STALLINGS LP. Epizootic of canine distemper virus infection among urban raccoons and gray foxes. *J. Wildl. Dis*., 1974, **10**(4), 423-428.

79. HOFMEYR M, BINGHAM J, LANE EP, IDE A, NEL L. Rabies in African Wild Dogs (Lycaon pictus) in the Madikwe Game Reserve, South Africa. *Vet. Rec*., 2000, **146**, 50-52.

80. JANSSEN DL, BARTZ CR, BUSH M, MARCHWICKI RH, GRATE SJ, MONTALI RJ. Parvovirus enteritis in vaccinated juvenile bush dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1982, **181**(11), 1225-1227.

81. JAY MT, REILLY KF, DEBESS EE, HAYNES EH, BADER DR, BARRETT LR. Rabies in a vaccinated wolf-dog hybrid. *J. Am. Vet. Med. Assoc*., 1994, **205**(12), 1729-1732.

82. JOHNSON DH. What veterinarians need to know about fennec foxes. *Exotic DVM magazine*, 2003, **5**(4), 42-45.

83. JOHNSON MR, BOYD DK, PLETSHER DH. Serologic investigations of canine parvovirus and canine distemper in relation to wolf pup mortalities. *J. Wildl. Dis.*, 1994, **30**(2), 270-273.

84. JOSEPH L. *Etude bibliographique de la maladie de Carré chez les carnivores sauvages.* Thèse Méd. Vét., Alfort, 2006, n°35, 135p.

85. JUNG BY, CHOI JS, KIM KT, SONG YK, LEE SH, LEE KW, KIM JY, MOON OK. Seroprevalence of Leptospirosis in korean municipal zoo animals. *J. Vet. Med. Sci.*, 2007, **69**(8), 861-863.

86. JUNGE R. Medical management. *In* : Association of Zoos and Aquaria. *Husbandry Manual for Fennec Fox*. Saint Louis Zoo. 2001, 11.

87. KAZACOS KR, THACKER HL, SHIVAPRASAD HL, BURGER PP. Vaccination-induced distemper in kankajous. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1981, **179**, 1166-1169.

88. KENNEDY-STOSKOPF S. Canidae. *In* : FOWLER RE, MILLER RE, (eds.) *Zoo and wild animal medicine*. 5th ed. Philadelphia : WB Saunders, 2003, 482-491.

89. KHAN MA, GOYAL SM, DIESCH SL, MECH LD, FRITTS SH. Seroepidemiology of leptospirosis in Minnesota Wolves. *J. Wildl. Dis*., 1991, **27**(2), 248-253.

90. KINGSCOTE BF. Leptospirosis in red foxes in Ontario. *J. Wildl. Dis.*, 1986, **22**(4), 475-478.

91. KNOBEL DL, DU TOIT JT, BRINGHAM J. Development of a bait and baiting system for delivery of oral rabies vaccine to free-ranging African Wild Dogs. *J. Wildl. Dis.*, 2002, **38**(2), 352-362.

92. KNOBEL DL, LIEBENBERG A, DUTOIT JT. Seroconvertion in captive African Wild Dogs (Lycaon pictus) following administration of a chicken heat bait / SAG-2 oral rabies vaccine combination. *Onderstepoort J. Vet. Research*., 2003. **70**(1), 73-77.

93. KUMMENEJE K. Encephalitis infectiosa vulpis (Hepatitis contagiosa canis) in a blue fox farm. *Nordisk Veterinaermedicin*. 1971, **23**, 352-360.

94. LAMBOT M, BLASCO E, BARRAT J, CLIQUET F, BORCHIER B, RENDERS C, KRAFFT N, BAILLY J, MUNIER M, AUBERT MF, PASTORET PP. Humoral and cell-mediated immune responses of foxes (Vulpes vulpes) after experimental primary and secondary oral vaccination using SAG-2 and V-RG vaccines. *Vaccine*, 2001, **19**(13-14), 1827-1835.

95. LANDRY JM. *Le loup*. Paris : Delachaux et Niestlé, 2001, 240 p.

96. LAURENSON K, van HEERDEN J, STANDER P, van VUUREN MJ. Seroepidemiological survey of sympatric domestic and wild dogs (Lycaon pictus) in Tsumkwe District, north-eastern Namibia. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, 1997, **64**, 313-316.

97. LEIGHTON FA, KUIKEN T. Leptospirosis. *In* : WILLIAMS ES, BARKER IK, (eds.) *Infectious diseases of wild mammals*. 3e ed. London, Manson publishing LTD. 2001, 498-502.

98. LINDBLAD-TOH K, WADE CM, MEKKELSEN TS, KARLSSON EK, JAFFE DB, KAMAL M *et al*. Genome sequence, comparative analysis and haplotype structure of the domestic dog. *Nature*, 2005, **438**, 803-819.

99. LOPEZ-PENA M, QUIROGA MI, VAZQUEZ S, NIETO JM. Detection of Canine Distemper viral antigen in foxes (Vulpes vulpes) in Northwestern Spain. *J. Wildl. Dis.*, 1994, **30**(1), 95-98.

100. MACHIDA N, KIRYU K, OH-ISHI K, KANDA E, IZUMASAWA N, NAKAMURA T. Pathology and epidemiology of canine distemper in raccoon dogs (Nyctereutes procyonides). *J. Comp. Pathol.*, 1993, **108**, 383-392.

101. MACKOWIAK M, MAKI J, MOTES-KREIMEYER L, HARBIN T, VAN KAMPEN K.. Vaccination of wildlife against rabies : successful use of a vectored vaccine obtained by recombinant technology. *Adv. Vet. Med*., 1999, **41**, 571-583.

102. MAIA OB, GOUVEIA AMG. Serologic response of maned wolves *(Chrysocyon brachyurus)* to canine distemper virus and canine parvovirus vaccination. *J. Zoo Wildl. Med.*, 2001, **32**(1), 78-80.

103. MANN PC. BUSH M, APPEL M, BEEHLER BA, MONTALI RJ. Canine parvovirus infection in South American canids. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1980, **177**(9), 779-783.

104. MARLER RJ, KRUCKENBERG SM, COOK JE, O'KEEFE CM. Encephalitis in a confined coyote. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1976, **169**(9), 964-965.

105. MARLER RJ, COOK JE, KERR AI. Experimentally induced leptospirosis in coyotes (Canis latrans). *Am. J. Vet. Res.*, 1979, **40**, 1115-1119.

106. McCAW DL, HOSKINS JD. Canine viral enteritis. *In* : GREENE CE. *Infectious diseases of the dog and cat*. 3rd ed. Philadelphia. Elsevier Saunders. 2006, 63-70.

107. McCORMICK AE. Canine distemper in African cape hunting dogs (Lycaon pictus) possibly vaccine induced. *J. Zoo Anim. Med*., 1983, **14**, 66-71.

108. McCUE PM, O'FARREL TP. Serological survey for selected diseases in the endangered San Joaquin kit fox (Vulpes macrotis mutica). *J. Wildl. Dis.*, 1988, **24**(2), 274-281.

109. McINNES EF, BURROUGHS REJ, DUNCAN NM. Possible vaccine-induced canine distemper in a South American bush dog (Speothos venaticus). *J. Wildl. Dis.*, 1992, **28** (4), 614-617.

110. MECH LD, GOYAL SM, BOTA CN, SEAL US. Canine parvovirus infection in wolves (Canis lupus) from Minnesota. *J. Wildl. Dis.*, 1986, 22(1), 104-106.

111. MEIA JS. *Le renard*. Paris : Delachaux et Niestlé, 2003, 180p.

112. MERIAL laboratoire pharmaceutique. Communication personnelle. 2009.

113. MEXICAN WOLF SPECIES SURVIVAL PLAN MANAGEMENT GROUP. *Mexican Gray Wolf husbandry manual : guidelines for captive management.* 2004, 57-63.

114. MILLER DL, SCHRECENDGOST J, MERRILL A, KILGO J, RAY HS, MILLER KV, BALDWIN CA. Hematology, parasitology and serology of free-ranging coyotes (*Canis latrans*) from South Carolina. *J. Wildl. Dis*., 2009, **45**(3), 863-869.

115. MILLS G, HES L. *Mammifères de l'Afrique australe*. Cologne : Könemann, 1999, 354p.

116. MIZAK B. Isolation of Polish strains of blue fox parvovirus (BFPV). *Bulletin of the veterinary institute in Pulawy*, 1994, **38**, 98-104.

117. MONTALI RJ, BARTZ CR, TEARE JA, ALLEN JT, APPEL MJG, BUSH M. Clinical trials with canine distemper vaccines in exotic carnivores. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1983, **183**, 1163-1167.

118. MONTALI RJ, BARTZ CR, BUSH M. Canine distemper virus. *In* : APPEL MJ. (eds.) *Virus infection of carnivores*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Nederlands, 1987, 441-443.

119. MONTALI RJ, CAMBRE RC, SUTHERLAND-SMITH M, APPEL MJG. Vaccination against canine distemper in exotic carnivores : successes and failures. *In : Proc. Am. Ass. Zoo Vet.*, 23-28 october 1994, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.

120. NEUVONEN E, VEIJALAINEN P, KANGAS J. Canine parvovirus infection in housed raccoon dogs and foxes in Finland. *Vet. Rec.*, 1982, **110**, 448-449.

121. NORTON TM. Medical management of maned wolves (Chrysocyon brachyurus). *In : Proc. Am. Ass. Zoo Vet.* Denver, Colorado, USA, 21-26 october 1990.

122. OLAERTS J et GROSZKOWSKA-PLACZEK E. Agence Européenne du Médicament (EMEA) et Bureau d'enregistrement des médicaments, dispositifs médicaux et biocides de Pologne. Communication personnelle. 2009.

123. PAUL MA, CARMICHAEL LE, CHILDERS H, COTTER S, DAVIDSON A, FORD R, HURLEY KF, ROTH JA, SCHULTZ RD, THACKER E, WELBORN L. 2006 American Animal Hospital Association Canine Vaccine Guidelines, revised. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, 2006, **42**, 80-89, [en-ligne] [www.aahanet.org]

124. PHILIPPA J. Vaccination of non-domestic carnivores : a review. *In* : KAANDORP J. (eds.) EAZWV-Infectious diseases working group. *Transmissible diseases handbook*. 2nd ed. Houten, The Nederlands : Van Setten Kwadraat, 2004, 173-202.

125. PHILIPPA J. *Vaccination of non-domestic animals against emerging virus infections*. Thèse Erasmus Universiteit Rotterdam. 2007, 236p.

126. PURSELL AR, STUART BP, STYER E, CASE JL. Isolation of an adenovirus from black bear cubs. *J. Wildl. Dis*., 1983, 19, 269-271.

127. REGO AAM, MATUSHIMA ER, PINTO CM, BIASIA I. Distemper in Brazilian wild Canidae and Mustelidae : case report. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, 1997, **34**(4), 156-158.

128. REILLY JR. The susceptibility of five species of wild animals to experimental infection with Leptospira grippotyphosa. *J. Wildl. Dis*., 1970, **6**, 289-294.

129. RIKULA U, PANKALA L, JALKANEN L, SIHVONEN L. Distemper vaccination of farmed fur animals in Finland. *Prev. Vet. Med.*, 2001, **49**(1-2), 125-133.

130. RISI E. *Infections virales chez les félidés non domestiques : étude expérimentale chez les tigres et les lions de vaccins utilisés chez le chat.* Thèse Med. Vét. Nantes, 2004, n°73, 195 p.

131. ROSCOE DE. Epizootiology of canine distemper in New Jersey raccoons. *J. Wildl. Dis.*, 1993, **29**(3), 390-395.

132. ROTH JA. Mechanistic bases for adverse vaccine reactions and vaccine failures. *Adv. Vet. Med*., 1999, **41**, 681-700.

133. RUPPRECHT CE. Rabies : Global problem, zoonotic threat, and preventive management. *In* : FOWLER ME, MILLER RE, (eds.) *Zoo and wild animal medicine, current therapy*. 4th ed. Philadelphia, WB Saunders. 1999, 136-146.

134. RUPPRECHT CE, HANLON CA, NIEZGODA M, BUCHANAN JR, DIELH D, KOPROWSKI H. Recombinant rabies vaccines : efficacy assessment in free-ranging animals. *Ondestepoort J. Vet. Res.*, 1993, **60**, 463-468.

135. RUPPRECHT CE, STÖHR K, MEREDITH C. Rabies. *In* : WILLIAMS ES, BARKER IK, (eds.) *Infectious diseases of wild mammals*. 3e ed. London, Manson publishing LTD. 200, 3-36.

136. SCHOTTS EB. Leptospirosis. *In* : DAVIS JW, KARSTAD LH, TRAINER DO (eds). *Infectious diseases of wild mammals*. 2nd ed. Ames: Iowa State University Press. 1981, 323-331.

137. SCHULTZ RD. Canine distemper and vaccination. [en-ligne] [http://ph.merial.com/pet_owners/pdf/news_shcultz.pdf], (consulté le 17 mai 2009).

138. SCHULTZ RD, ZUBA JR. Understanding the basic principles and practical aspects of vaccinology. *In : Proc. Am. Ass. Zoo Vet.*, Minneapolis, Minnesota, USA, 4-10 october 2003, 162-178.

139. SCHWERS A, BARRAT J, BLANCOU J, MAENHOUDT M, PASTORET PP. Recherche d'anticorps envers le parvovirus canin dans des sérums de renard en France. *Ann. Med. Vet*., 1983, **127**, 544-546.

140. SCOTT WA. Use of vaccines in exotic species. *Vet. Rec*., 1979, **104**(9), 199.

141. SEDGWICK CJ. Clinical trial of distemper vaccine. *J. Small Anim. Med. Pract*. 1968, **9**, 142-143.

142. SEDGWICK CJ, YOUNG WA. Distemper outbreak in a zoo. *Mod. Vet. Pract.*, 1968, **49**, 39-42.

143. SIMPSON VR. Review – Wild animals as reservoirs of infectious diseases in the UK. *Vet. J*., 2002, **163**, 128-146.

144. SPENCER JA. Antibody response to modified-live canine adenovirus vaccine in African Wild dogs (Lycaon pictus). *Zentralbl. Veterinarmed. B*., 1991, **38**(6), 477-479.

145. SPENCER MS, BURROUGHS R. Antibody response to canine distemper vaccine in African Wild Dogs. *J. Wildl. Dis.*, 1992, **28**(3), 443-444.

146. STEELMAN HG, HENKE SE, MOORE GM. Gray fox response to baits and attractants for oral rabies vaccination. *J. Wildl. Dis*., 1998, **34**(4), 764-770.

147. STEINEL A, MUNSON L, van VUUREN M, TRUYEN U. Genetic characterization of feline parvovirus sequences from various carnivores. *J. Gen. Virol.*, 2000, **81**, 345-350.

148. STEINEL A., PARRISH C. R., BLOOM M. E., TRUYEN U. Parvovirus infections in wild carnivores. *J. Wildl. Dis.*, 2001, **37**, 594-607.

149. THOMAS NJ, FOREYT WJ, EVERMANN JF, WINDBERG LA, KNOWLTON FF. Seroprevalence of Canine Parvovirus in wild Coyotes from Texas, Utah and Idaho. *J. Am. Vet. Med. Assoc*., 1984, **185**, 1283-1287.

150. THOMAS-BAKER B. Vaccination-induced distemper in maned wolves, vaccination-induced corneal opacity in a maned wolf. *In : Proc. Am. Ass. Zoo Vet.*, Scottsdale, Arizona, USA, 5-10 october 1985.

151. TOMA B, BLANCOU JM, AUBERT M, TSIANG H, BRUYERE-MASSON V, ARTOIS M, SAIMOUR B. *La rag*e. Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises, Mérial (Lyon), 2005, 70 p.

152. TRUYEN U, MULLER R, HEIDRICH R, TACKMANN K, CARMICHAEL LE. Survey on viral pathogens in wild red foxes (Vulpes vulpes) in Germany with emphasis on parvoviruses and analysis of a DNA sequence form a red fox parvovirus. *Epidemiology and Infection*, 1998, 121, 433-440.

153. Van de BILDT MWG, KUIKE T, VISEE AM, LEMA S, FITZJOHN TR, OSTERHAUS AD. Distemper outbreak and its effects on African wild dog conservation. *Emerg. Infect. Dis*., 2002, **8**(2), 211-213.

154. Van HEERDEN J, SWART WH, MERTZER DG. Serum antibody levels before and after administration of live canine distemper vaccine to the wild dog (Lycaon pictus). *J. S. Afr. Vet. Assoc.*, 1980, **51**(4), 283-284.

155. Van HEERDEN J, BAINBRIDGE N, BURROUGHS REJ, KRIEK NPJ. Distemper-like disease and encephalitozoonosis in wild dogs (Lycaon pictus). *J. Wildl. Dis*., 1989, **35**, 70-75.

156. Van HEERDEN J, BINGHAM J, van VUUREN M, BURROUGHS REJ, STYLIANIDES E. Clinical and serological response of wild dogs to vaccination against canine distemper, canine parvovirus infection and rabies. *J. S. Afr. Vet. Assoc*., 2002, **73**(1), 8-12.

157. VEIJALAINEN P. A serological survey of enteric parvovirus infections in Finnish fur-bearing animals. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 1986, **27**, 159-171.

158. VEIJALAINEN PM-L, SMEDS E. Pathogenesis of blue fox parvovirus in blue fox kits and pregnant vixens. *Am. Journ. Vet. Research*., 1988, **49**, 1941-1944.

159. VICKERS TW, GARCELON DK, FRITCHER DL, CHRISTIANSON M. Evaluation of an oral and food-based canarypox-vectored canine distemper vaccine in endangered Channel Island Fox (*Urocyon littoralis*). *Proceed. Am. Assoc. Zoo Vet*., San Diego, California, USA, 28 august – 3rd september 2004.

160. VISEE A. Distemper, Rabies and Parvovirus vaccination in a captive-breeding programme for the African wild dog (Lycaon pictus) in Northern Tanzania. *Verh. ber. Erkrg. Zootiere* 2001, 40, 243-250.

161. WHETSTONE CA, BUNN TO, EMMONS RW, WIKTOR TJ. Use of monoclonal antibodies to confirm vaccine-induced rabies in ten dogs, two cats, and one fox. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1984, **185** , 285-288.

162. WHITE J. Use of Modified Live-Virus Canine Distemper Vaccines in Gray Foxes. *Wildl. J.*, 1983, **6**(1), 16.

163. WILLIAMS ES. Canine distemper. *In* : WILLIAMS ES, BARKER IK, (eds.) *Infectious diseases of wild mammals*. 3e ed. London, Manson publishing LTD. 2001, 50-59.

164. WILLIAMS ES, THORNE ET. Infectious and parasitic diseases of captive carnivores, with special emphasis on the black-footed ferret (Mustela nigripes). *Rev. Sci. Off. Int. Epiz*., 1996, **15**(1), 91-114.

165. WILSON DE, REEDER DAM (Eds.) *Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference*. 3rd edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2 vol., 2005, 2142p. [en-ligne] [http://www.bucknell.edu/msw3/] (consulté le 13 décembre 2007)

166. WOODS LW. Adenoviral diseases. *In* : WILLIAMS ES, BARKER IK, (eds.) *Infectious diseases of wild mammals*. 3e ed. London, Manson publishing LTD. 2001, 202-212.

167. YILMA T, OWENS S, FOWLER M, BITTLE J. Vaccines for zoo animals. *In* : PASTORET PP, BLANCOU J, VANNIER P, VERSCHUEREN C. (Eds.) *Veterinary vaccinology*. Elsevier. 1997, 431-434.

168. ZARNKE RL, BALLARD WB. Serologic survey for selected microbial pathogens of wolves in Alaska, 1975-1982. *J. Wildl. Dis.*, 1987, **23**(1), 77-85.

169. ZARNKE RL, VER HOEF JM, DELONG RA. Serologic survey for selected disease agents in wolves (Canis lupus) from Alaska and the Yukon territory, 1984-2000. *J. Wildl. Dis.*, 2004, **40**(4), 632-638.

ANNEXES

Annexe 1. Lettre d'accompagnement et de présentation du questionnaire en français
Annexe 2. Lettre d'accompagnement et de présentation du questionnaire en anglais
Annexe 3. Questionnaire préliminaire en français
Annexe 4. Questionnaire préliminaire en anglais
Annexe 5. Second questionnaire en français
Annexe 6. Second questionnaire en anglais
Annexe 7. Publication sur la liste de diffusion du Wildlife Middle East News de mars 2008
Annexe 8. Liste des parcs ayant répondu à l'enquête avec les espèces détenues et vaccinées
Annexe 9. Réponses détaillées au premier questionnaire – raisons de la non-vaccination
Annexe 10. Réponses au second questionnaire
Annexe 11. Liste des vaccins utilisés

ANNEXE 1. Lettre d'accompagnement et de présentation du questionnaire en français

Chers Collègues,

Comme la plupart d'entre vous le savent déjà, la vaccination des canidés sauvages à l'aide des vaccins disponibles couramment sur le marché peut avoir de lourdes conséquences et des maladies induites par la vaccination elle-même ont été décrites après utilisation de vaccins vivants modifiés.

Laissez-moi vous présenter Florine Popelin, étudiante vétérinaire qui prépare sa thèse sur ce sujet. Florine a préparé un questionnaire sur la vaccination des canidés sauvages et je vous demande à tous d'y répondre même si vous ne vaccinez pas vos canidés. Il s'agit là d'une belle opportunité pour nous tous d'en apprendre plus sur ce sujet et de découvrir peut-être que nous ne devrions absolument pas vacciner certaines espèces, ou au contraire que nous pouvons vacciner sans risques d'autres, ou encore d'apprendre la disponibilité de nouveaux vaccins sûrs d'emploi. Malheureusement, ce travail ne permettra pas de discuter l'efficacité réelle de chacun des vaccins puisqu'il ne comporte pas d'étude sérologique. Cependant, il a reçu l'aval et le plein support du Canid TAG.

Certains d'entre vous ne sont pas vétérinaires et auront peut-être besoin de l'aide de leur véto afin de remplir ce questionnaire. Aussi, n'hésitez pas à le transmettre à la personne la plus appropriée.

Je vous remercie par avance de votre collaboration.

Dr. Alexis Maillot
Vétérinaire
Zoo d'Amnéville, France

Madame, Monsieur,

Je m'appelle Florine Popelin et suis étudiante en dernière année à l'école vétérinaire d'Alfort. Je réalise actuellement un stage au parc zoologique d'Amnéville, avec le Dr Alexis Maillot. Dans le cadre de ma thèse de doctorat vétérinaire, je réalise une enquête concernant la vaccination des canidés sauvages au sein des parcs zoologiques européens, et plus précisément de 9 espèces en programme d'élevage ou stud-book européen : le Lycaon (*Lycaon pictus*) ; le Loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*) ; le Chien des buissons (*Speothos venaticus*) ; le Fennec (*Vulpes zerda*) ; le Renard arctique (*Alopex/Vulpes lagopus*) le Dhole (*Cuon alpinus*), l'Otocyon (*Otocyon megalotis*), le Chacal à Chabraques (*Canis mesomelas*) et le Loup (*Canis lupus*). Ce travail est soutenu par le Canid TAG.

L'enquête doit permettre de recenser les pratiques et protocoles vaccinaux utilisés chez ces espèces et de les mettre en relation avec d'éventuels accidents vaccinaux, comme décrits notamment suite à l'utilisation chez les jeunes de vaccins vivants atténués contre la parvovirose et la maladie de Carré. L'objectif est de déterminer les protocoles et les vaccins qui paraissent sûrs d'emploi pour chacune de ces espèces, et d'en évaluer le rapport bénéfices/risques.
Vous trouverez ci-joint un court questionnaire. Même si ces espèces n'ont jamais été vaccinées dans votre parc, merci de prendre un peu de temps pour y répondre, c'est très rapide !!
Si vous acceptez, je me permettrai de vous recontacter avec un nouveau questionnaire, plus complet, concernant les détails de vos pratiques vaccinales.
Les résultats ainsi que les conclusions de la thèse vous seront communiqués à la fin de cette enquête.
Vous pouvez remplir le questionnaire sur informatique et le renvoyer à cette adresse mail (cixipop@yahoo.fr) ou bien après impression à l'adresse suivante :
Melle Florine POPELIN
45 rue Edmond Nocard
94 700 MAISONS-ALFORT
FRANCE

Pour toute information supplémentaire, n'hésitez à me contacter à cette adresse mail.
Merci d'avance de votre aide et de votre participation.

ANNEXE 2. Lettre d'accompagnement et de présentation du questionnaire en anglais

Dear Colleagues,

As most of you know, wild canids' vaccination with vaccines available on our markets may have severe consequences and vaccine-induced diseases have been described in several species after the use of modified-live vaccines.

Let me introduce you Florine Popelin. She is a French vet student preparing her doctoral thesis on that subject. She prepared a questionnaire and I ask all of you to answer it even if you don't vaccinate your dogs. This a good opportunity for the zoo community to learn more about it and maybe discover that we shouldn't vaccinate several species, should some others, or even learn availability of some new safe vaccines in some countries. Unfortunately, this work won't allow discussing real efficiency of vaccination since it doesn't include any serological study. However, this study has received the full support of the Canid TAG.

Many of you are not veterinarians and may need the help of their vet to answer the questionnaire. Then, don't hesitate to forward it to the appropriate person.

I thank you all in anticipation for your collaboration.

Dr. Alexis Maillot
Zoo veterinarian
Amneville Zoo
France

Dear Madam, Sir,

My name in Florine Popelin, I'm a vet student of Alfort Veterinary School in France. I'm now in training period with Dr Alexis Maillot, at Parc Zoologique d'Amnéville in France. My veterinary thesis concerns vaccination of wild canids in zoological parks, especially the 9 EEP or ESB species: African wild dog (*Lycaon pictus*), Maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*), Bush dog (*Speothos venaticus*), Fennec fox (*Vulpes zerda*), Arctic Fox (*Alopex/Vulpes lagopus*), Bat Eared-Fox (*Otocyon megalotis*), Dhole (*Cuon alpinus*), Black-backed Jackal (*Canis mesomelas*) and Wolf (*Canis lupus*).
For this purpose, I realize a survey concerning the vaccination practices in theses species in European zoos. The aim of this survey is to list the vaccination procedures used and to link them together with the description of vaccine-induced pathology (i.e. distemper vaccine-induced by modified live virus), and establish which procedures or vaccines are safe in each species. The Canid TAG supports this survey.

You can find herewith a short questionnaire.
Please answer even thought none of these species has ever been vaccinated in your park.

If you agree, I will get in contact with you again for a new questionnaire, longer and more acute, about your vaccination procedures.

I will let you know the results of this work at the end.

Please fill in the questionnaire and send it back by the internet (cixipop@yahoo.fr) or by mail:
Melle Florine POPELIN
45 rue Edmond Nocard
94 700 MAISONS-ALFORT
FRANCE

Thank you very much for your help and participation.

ENQUÈTE
VACCINATION DES CANIDÉS EN PARC ZOOLOGIQUE

Nom du parc :

- **Votre parc détient-il ou a-t-il déjà détenu des individus de ces espèces ?**

	Loup *(Canis lupus)*	**Chacal à chabraque** *(Canis mesomelas)*	**Loup à crinière** *(Chrysocyon brachyurus)*	**Lycaon** *(Lycaon pictus)*	**Fennec** *(Vulpes zerda)*	**Renard arctique** *(Alopex/ Vulpes lagopus)*	**Chien des buissons** *(Speothos venaticus)*	**Otocyon** *(Otocyon megalotis)*	**Dhole** *(Cuon alpinus)*
OUI									

- **Vaccinez-vous ou avez-vous déjà vacciné ces espèces ?**

OUI dans le passé									
OUI actuel-lement									
NON jamais									

- **Précisez :**

	Si vous n'avez jamais vacciné, pourquoi ?	Si vous avez arrêté de vacciner : après combien de temps et pourquoi ?
Loup		
Chacal		
Loup à crinière		
Lycaon		
Fennec		

Renard arctique		
Chien des buissons		
Otocyon		
Dhole		

- **Avez-vous déjà entendu parler de morbidité ou mortalité consécutive à la vaccination chez ces espèces ?**

	Loup	**Chacal**	**Loup à crinière**	**Lycaon**	**Fennec**	**Renard arctique**	**Chien des buissons**	**Otocyon**	**Dhole**
OUI									

- **Cela a-t-il influencé votre décision de vacciner ou non ?**

Oui Non

<u>Je vaccine ou ai déjà vacciné ces espèces :</u>

j'accepte **je n'accepte pas**

de poursuivre l'enquête et de répondre à un autre questionnaire concernant mes pratiques vaccinales.

Nom :
Adresse e-mail :

Remarques éventuelles :

Merci de votre participation !

QUESTIONNAIRE
WILD CANIDS VACCINATION IN ZOOLOGICAL PARKS

Name of the park :

- **Do you keep these species in your park ?**

	Wolf *(Canis lupus)*	**Black-backed jackal** *(Canis mesomelas)*	**Maned wolf** *(Chrysocyon brachyurus)*	**African wild dog** *(Lycaon pictus)*	**Fennec fox** *(Vulpes zerda)*	**Arctic fox** *(Vulpes / Alopex lagopus)*	**Bush dog** *(Speothos venaticus)*	**Bat-eared fox** *(Otocyon megalotis)*	**Dhole** *(Cuon alpinus)*
YES									

- **Have you ever vaccinated or do you vaccinate these species ?**

YES In the past									
YES now									
NO never									

- **Please explain :**

	You have never vaccinated, why ?	You stopped vaccination : why ? How long have you been vaccinating before stopping ?
Wolf		
Jackal		
Maned wolf		
African wild dog		
Fennec fox		

Arctic fox		
Bush dog		
Bat-eared fox		
Dhole		

- **Have you ever heard about morbidity or mortality vaccine-induced in these species ?**

	Wolf	**Jackal**	**Maned wolf**	**African wild dog**	**Fennec fox**	**Arctic fox**	**Bush dog**	**Bat-eared fox**	**Dhole**
YES									

- **Did it influence your choice to vaccinate or not ?**

Yes No

<u>I vaccinate or I have already vaccinated these species :</u>

I agree **I disagree**

going on in this study and answering a new questionnaire about my vaccine practices.

Name :
e-mail :

Comments :

Thanks for your participation !

ENQUETE
VACCINATION DES LOUPS

Nom du parc :
Sous-espèce(s) de loup détenue(s) :

1) Contre quelle(s) maladie(s) vaccinez-vous vos loups ?

Maladie de Carré
Hépatite de Rubarth
Parvovirose
Leptospirose
Rage
Toux de chenil
Piroplasmose
Autre (préciser) :

2) Depuis combien de temps vaccinez-vous (ou si vous avez arrêté, pendant combien de temps avez-vous vacciné) ?

3) Pourquoi vaccinez-vous ?

Vous avez déjà rencontré une de ces maladies dans votre parc.

- Laquelle (lesquelles) ?
- Sur quelle(s) espèce(s) ?

Pour des mesures de prophylaxie générale (vous n'avez pas d'antécédent dans le parc).

Parce que cela vous a été demandé avant un transfert :

- Avec quel(s) pays ?
- Contre quelle(s) maladie(s) ?
- Y avait-il un protocole imposé ? Si oui lequel ? (nature du vaccin, dose, voie d'administration, nombre d'injections, intervalle).

Autre (Précisez) :

4) Quels animaux vaccinez-vous ?

Les jeunes

- Si oui, à partir de quel âge ?

- Si non, pourquoi ?

Les adultes

Les femelles gestantes

- Avez-vous un programme particulier de vaccination des reproducteurs et lequel ?

Les animaux en quarantaine avant de les introduire dans votre cheptel.

- Vaccinez-vous :

Tous les animaux de votre cheptel des catégories précédentes

Certains sont exclus de la vaccination :
- Lesquels ? :
- Pourquoi ? :

5) Quel(s) vaccin(s) utilisez-vous (essayez d'être le plus précis possible) ?

- Valence :
- Nom déposé :
- Marque :

- Valence :
- Nom déposé :
- Marque :

- Valence :
- Nom déposé :
- Marque :

- Valence :
- Nom déposé :
- Marque :

- Valence :
- Nom déposé :
- Marque :

- Valence :
- Nom déposé :
- Marque :

6) Quel(s) protocole(s) vaccinal(ux) utilisez-vous ?

Précisez : **âge à la primo-vaccination**
nombre d'injections en primo-vaccination
intervalle entre deux injections de primo-vaccination
fréquence des rappels

7) En pratique :

- Comment administrez-vous le vaccin ?

Par télé-injection

Sur animal vigile après capture pour injection à la main
Sous anesthésie générale réalisée spécialement pour la vaccination
Sous anesthésie générale à l'occasion d'une autre manipulation

- Quelle voie d'administration utilisez-vous ? (si vous utilisez plusieurs voies, précisez les valences pour chacune)

Sous-cutanée :
Intra-musculaire :
Autre :

- Injectez-vous :

une dose vaccinale unique (dose chien)
une double dose : pour quels vaccins ?

Quelles valences administrez-vous simultanément ?

Lesquelles décalez-vous ? A quel intervalle ? Pourquoi ?

Administrez-vous d'autres traitements en même temps que la vaccination (ex : antiparasitaires) ?

Oui
Non
Si oui, lesquels (précisez nom de la molécule, voie d'administration) ?

8) Avez-vous déjà observé des effets secondaires non spécifiques suite à la vaccination ?

Oui
Non

Si oui, quels étaient-ils ?

irritation / prurit au point d'injection
œdème
hyperthermie
abattement
choc anaphylactique
autre (précisez) :

- Suite à quelle vaccination ?
  - valence :
  - nom déposé :

- Après quelle injection ?

  Primovaccination : à quel âge celle-ci a-t-elle eu lieu ?

  Rappel de primovaccination : à quel âge la première injection de primovaccination a-t-elle été faite ?

  Rappel : combien de fois l'animal avait-il été vacciné auparavant ?

- Sur quel(s) animal(ux) (âge, statut physiologique (gestation) ou pathologique (maladie concomitante) etc.) et <u>combien</u> ?

- Combien de temps après l'injection ?

- Comment avez-vous fait le lien avec la vaccination ?

- Quel a été le devenir des animaux atteints (guérison, décès, séquelles (lesquelles)) ?

Si traitement, lequel ? :

9) Avez-vous déjà observé le déclenchement de la maladie contre laquelle vous avez vacciné à la suite de la vaccination (maladie vaccinale) ?

Oui
Non

- <u>Si oui</u>, quelle maladie ?

- Combien de fois ?

- Suite à quelle vaccination ?

  - valence :
  - nom déposé :

- Après quelle injection ?

  Primovaccination : à quel âge celle-ci a-t-elle eu lieu ?

  Rappel de primovaccination : à quel âge la première injection de primovaccination a-t-elle été faite ?

Rappel : combien de fois l'animal avait-il été vacciné auparavant ?

- Sur quel(s) animal(ux) (âge, statut physiologique (gestation) ou pathologique (maladie concomitante) etc.) et <u>combien</u> ?

- Combien de temps après l'injection ?

- Quels symptômes avez-vous observés ?

- Le lien avec la vaccination est-il supposé ou prouvé (isolement viral) ?

- Quel a été le devenir des animaux atteints (guérison, décès, séquelles) ?

Si traitement, lequel ? :

10) Evaluation de la protection après la vaccination :

- Avez-vous déjà diagnostiqué une/plusieurs des maladies contre lesquelles vous vaccinez ?

  Oui
  Non

- <u>Si oui</u>, laquelle/lesquelles ?

- Chez quels individus (âge, statut physiologique) ?

- La maladie a atteint des animaux :

  Vaccinés
  Non vaccinés
  Les deux

- Si des <u>individus vaccinés</u> ont été atteints :

  - Quels individus (âge, statut physiologique) et combien ?

- A combien de temps remontait la dernière injection vaccinale ?

- Combien de fois avait-ils été vaccinés ?

- Quels symptômes avez-vous observés ? Vous semblaient-ils atténués ?

- Quel a été le devenir des animaux atteints (guérison, décès, séquelles) ?

Si traitement, lequel ? :

11) Avez-vous réalisé des tests sérologiques suite à la vaccination ?

Oui
Non

- Si oui, sur quels animaux ?

- Suite à quel protocole vaccinal ?

- Combien de temps après la vaccination ?

- Résultats ?

Commentaires éventuels :

Merci de votre participation !

QUESTIONNAIRE
VACCINATION OF WOLVES

Name of the park :
Wolf subspecies :

1) Which disease(s) do you vaccinate for ?

Distemper
Hepatitis
Parvovirose
Leptospirosis
Rabies
Parainfluenza
Piroplasmosis
Other (please specify) :

2) How long have you been vaccinating (or if you stopped, how long did you vaccinate) ?

3) Why do you vaccinate ?

You have already met one of these diseases in your park.

- Which one(s) ?
- On which species ?

For general prophylaxis (you have never met this disease in the park).

It has been asked before a transfer :

- With which country(ies) ?
- Against which disease(s) ?
- Was there a compulsory procedure ? Which one ? (killed or inactivated vaccine, dose, route, number of injections, interval).

Other (Please specify) :

4) Which animals do you vaccinate ?

Young

- Yes, from how old ?
- No, why ?

Adults

Pregnant females

- Do you have a vaccination programme for breeders and which one ?

Animals in quarantine before they enter the group.

- Do you vaccine :

All the animals of the previous groups

Some are excluded from vaccination :

- Which ones ? :
- Why ? :

5) Which vaccine(s) do you use ? (please be as precise as possible)

- Valence :
- Trade name :
- Firm :

- Valence :
- Trade name :
- Firm :

- Valence :
- Trade name :
- Firm :

- Valence :
- Trade name :
- Firm :

- Valence :
- Trade name :
- Firm :

- Valence :
- Trade name :
- Firm :

6) What are your vaccination procedure(s) ?

Please specify : **Age at first vaccination**
Number of administrations at first vaccination
Interval between two administrations at first vaccination
Frequency of boosters

7) In practice :

- How do you administer the vaccine ?

  Darting
  Hand injection on vigil animal manually restrained
  After chemical immobilization performed especially for vaccination
  After chemical immobilization performed for another procedure

- Which route do you use ? (if you use several routes, please specify the valence for each)

  Sub-coetaneous :
  Intramuscularly :
  Other :

- Do you use :

  One vaccine dose (like for a dog)
  Double dose : with which vaccine ?

Which valences do you administer in the same time ?

Which one(s) do you separate ? with which interval ? Why ?

Do you give other drugs in the same time as vaccine (i.e. deworming agent) ?

Yes : please specify name of the drug and administration route :
No

8) Have you ever observed non-specific side effect(s) after vaccination ?

Yes
No

<u>If yes, which ones</u> ?

irritation / pruritus at the injection point
oedema
hyperthermia
prostration
anaphylactic choc
other (specify) :

- After which vaccination ?
  - valence :
  - trade name :

- After which injection ?

  First vaccination : how old was the animal ?

  Second injection in first vaccination : how old was the animal for the first injection ?

  Booster : how many times do you have vaccinated this animal before ?

- On which animal(s) ? (age, physiological (pregnancy) or pathological (disease) status etc.) and how many ?

- How long after the vaccination ?

- How did you link this with vaccination ?

- What happened to these animals (healing, death, sequels (which ones)) ?

If you used a treatment, which one ? :

9) Have you ever observed the disease you have vaccinated for after vaccination (vaccine-induced disease) ?

Yes
No

- Yes, which disease ?

- How many time ?

- After which vaccination ?

  - valence :
  - trade name :

- After which injection ?

  First vaccination : how old was the animal ?

Second injection in first vaccination : how old was the animal for the first injection ?

Booster : how many times do you have vaccinated this animal before ?

- On which animal(s) ? (age, physiological (pregnancy) or pathological (disease) status etc.) and <u>how many</u> ?

- How long after the vaccination ?

- Which symptoms did you observe ?

- Have you assumed or proven the link with vaccination ? How ?

- What happened to these animals (healing, death, sequels (which ones)) ?

If you used a treatment, which one ? :

10) Protection after vaccination :

- Have you ever diagnosed one/several of the disease you vaccinate for ?

  Yes
  No

- <u>Yes</u>, which one(s) ?

- On which animals (age, physiological status) ?

- Ill animals were :

  Vaccinated
  Not vaccinated
  Some were vaccinated and others were not

- If any <u>vaccinated animal(s)</u> has/have been ill :

- Which animals (age, physiological status) and how many ?

- How long after the last vaccination ?

- How many time have they been vaccinated ?

- Which symptoms did you observe ? Did they seem lessened ?

- What happened to these animals (healing, death, sequels (which ones)) ?

If you used a treatment, which one ? :

11) Have you make any serological test after vaccination ?

Yes
No

- Yes, on which animals ?

- After which vaccination procedure ?

- How long after the last vaccination ?

- Results ?

Comments :

Many thanks for your participation !

ANNOUNCEMENT

Wildlife Middle East News Vol 2 Issue 4

March 2008

PDFs can be downloaded from:

www.wmenews.com

Captive Canid Vaccination Survey

Florine Popelin from the Alfort Veterinary School, France (cixipop@yahoo.fr) is conducting a survey into the methods and types of vaccinations administered to canid species held in captivity. Please see below her request for information.

Vaccination of captive wild canids is a dilemma for many people, since severe side-effects have been described in several species, especially vaccine-induced disease after the use of modified-live vaccines.

For a veterinary thesis work, we have started a survey concerning the vaccination practices in 9 canids species: African wild dog (*Lycaon pictus*), Maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*), Bush dog (*Speothos venaticus*), Fennec fox (*Vulpes zerda*), Arctic Fox (*Alopex/Vulpes lagopus*), Bat Eared-Fox (*Otocyon megalotis*), Dhole (*Cuon alpinus*), Black-backed Jackal (*Canis mesomelas*) and Wolf (*Canis lupus*).

The aim of this survey is to list the vaccination procedures used and to link them together with the description of vaccine-induced pathology, and establish which procedures or vaccines are safe in each species. This is done with the full support of the European Association of Zoo and Aquarium Canid TAG.

If you vaccinate or have vaccinated one of this species for many years without problems, or if you have already encountered any side-effect, I would be interested in your experience. Please fill in the questionnaire.

Do not hesitate to contact me for any further information. I will let you know the results of this work at the end.

Thank you very much for your help and participation,

Florine Popelin

Editors note. The questionnaire is uploaded on our website (www.wmenews.com). Click on **Supporting Material** and then **Supporting Articles**.

ANNEXE 8. Liste des parcs ayant répondu à l'enquête avec les espèces détenues et vaccinées

Parc ayant répondu au second questionnaire	PARC	LOUP (Canis lupus)	CHACAL A CHABRAQUE (Canis mesomelas)	LOUP A CRINIERE (Chrysocyon brachyurus)	LYCAON (Lycaon pictus)	FENNEC (Vulpes zerda)	RENARD POLAIRE (Vulpes lagopus)	CHIEN DES BUISSONS (Speothos venaticus)	OTOCYON (Otocyon megalotis)	DHOLE (Cuon alpinus)
ALLEMAGNE										
1	Allwetterzoo Münster	1								1
	Berlin Tierpark - Friedrichsfelde	1	1	1				1		1
2	Berlin Zoologischer Garten und Aquarium	1			1	1				
3	Frankfurt Zoological Garden			1	1					
	Heidelberg Zoo			0						
4	Leipzig Zoo	1		1						
	Münchener Tierpark Hellabrunn - Munich	0		1	1					
5	Osnabrück Zoo	1		1	1		1			
	Tiergarten der Stadt Straubing					0				
	Zoo Hoyerswerda					0				
	Zoo Landau in der Pfalz					0				
6	Stuttgart Zoologisch-Botanischer Garten Wilhelma			1		0		1		
	Zoologischer Garten Augsburg	1		1		1				
	Wuppertal	0								
	Vivarium Darmstadt					1				
	TOTAL ALLEMAGNE	**6**	**1**	**7**	**4**	**3**	**1**	**2**	**0**	**2**
AUTRICHE										
7	Alpenzoo Innsbruck	1								
	Raritätenzoo Ebbs			0						
	Tierwelt Herberstein	0		0						
	TOTAL AUTRICHE	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

BELGIQUE										
	Monde Sauvage Safari - Aywaille	0								
	Olmense Zoo	0				0			0	
	Wild Animal Park Mechelen Planckendael - Zoo Antwerpen	0						0		
	TOTAL BELGIQUE	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
CROATIE										
8	Zagreb zoo	1		0		0				
	TOTAL CROATIE	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
DANEMARK										
9	Copenhagen Zoo	1								
	Givskud Zoo	0								
	Randers Regnskov							0		
	TOTAL DANEMARK	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
EMIRATS ARABES UNIS										
	Sharjah Breeding Centre For Endangered Arabian Wildlife	0								
	TOTAL EMIRATS	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
ESPAGNE										
10	Fuengirola Zoo Rain Forest									1
	Lobo Park - Antequera	1								
11	Marcelle Naturaleza and Cordoba council zoo	1								
12	Vergel Terra Natura							1		1
13	Zoo Aquarium de Madrid	1						1		
	Zoo de Santillana	0								
	TOTAL ESPAGNE	**3**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**	**0**	**2**

ESTONIE										
14	Tallinn Zoological Gardens	1		1						
	TOTAL ESTONIE	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
FRANCE										
15	African Safari - Plaisance du Touch	1								
16	Amnéville	1		0	1	0				
17	Asson			1						
	Beauval				0	0			0	
	CERZA - Lisieux	0		0	0					
	Doué-la-Fontaine			1						
	La Barben	0		0		0				
	La Boissière du Doré	0							0	
	Le Pal	0			0					
	Le Reynou	0		0						
	Le Lunaret - Montpellier	1		1						
18	Lyon - Parc de la tête d'or								1	
19	Ménagerie du Jardin des Plantes - MNHN	1				0		1		0
20	Parc Alfa	1								
21	Parc animalier et botanique de Branféré			1						
	Parc de la Haute Touche - Obterre - MNHN	1		1						1
	Parc Zoologique de Paris - Vincennes - MNHN	1				1				
	Planète Sauvage - Port St. Père	0								
	Pont-Scorff	0		0	1			1		
21'	Réserve africaine de Sigean				1					
	Safari Parc Peaugres	0		0	0					
22	Sainte Croix - Rhodes	1					0			

23	Saint-Martin la Plaine	1		1						
	Thoiry	0								
	Zoo de Jurques - Cabosse	0				0				
24	La Bourbansais	1								
	Zoo Tregomeur									0
	TOTAL FRANCE	**10**	**0**	**6**	**2**	**1**	**0**	**2**	**1**	**1**
GRECE										
	Attica Zoological Park	1			1					
	TOTAL GRECE	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
HONGRIE										
	Veszprem Zoo - Kittenberger	1				1	1			
	Nyiregyhazi Allatpark - Sosto Zoo	1								
	TOTAL HONGRIE	**2**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**
ISRAEL										
25	Hai Park Kiriat Motzkin					1				
	TOTAL ISRAEL	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**
ITALIE										
	Parco Zoo Punta Verde					0				
	TOTAL ITALIE	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
LETTONIE										
26	Riga Zoo	1		0		1	0			
	TOTAL LETTONIE	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**
LITUANIE										
27	Lietuvos Zoologicos Sodas - Kaunas - Lithuanian Zoo	1		1		1	1	1		1
	TOTAL LITUANIE	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**

LUXEMBOURG										
28	Parc Merveilleux		1							
	TOTAL LUXEMBOURG	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
PAYS-BAS										
29	Amsterdam - Artis Zoo	1		1	1					
	Dierenpark Amersfoort		1							
	Ouwehand Zoo	1								
30	Safaripark Beekse Bergen + Dierenrijk Europa	1			0					0
	TOTAL PAYS-BAS	**3**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
POLOGNE										
31	Gdansk - Miejski Ogrod Zoologiczny Wybrzeza w Gdansku	1		1		1	1			
32	Krakow Zoo	0		1		0				
	Lodz - Miejski Ogrod Zoologiczny w Lodz	1								
33	Poznan Zoo								1	
34	Warsawa - Miejski Ogród Zoologiczny			0	1					
	TOTAL POLOGNE	**2**	**0**	**2**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**
REPUBLIQUE TCHEQUE										
	Zoologická zahrada Hodonín	1		1						
35	Liberec Zoo			1						
36	Olomouc Zoo	1	1			1				1
37	Zoological and Botanical Garden of the Town Plzen	1	1	1					1	
	TOTAL REPUBLIQUE TCHEQUE	**3**	**2**	**3**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	**1**

ROYAUME-UNI										
	Amazon World Zoo Park - Isle of Wight					0				
	Banham Zoo			0		0				
	Camperdown Wildlife Centre - Dundee	1					1			
	Colchester Zoo	1	0		0	0				
	Durrell Wildlife Conservation trust			1						
38	Edinburgh Zoo - Royal Zoological Society of Scotland			1	1			0		
39	Hamerton Zoological Park		1	1						
40	Howletts - Bekesbourn & Port Lympne Wild Animal Park	1		1	1			1		1
41	Zool. Soc. of London - London & Wipsnade zoo	1			1					
42	Shepreth Wildlife Park	1								
	Twycross Zoo							1	1	1
	Welsh Mountain Zoo						1			
43	West Midland Safaripark - Bewdley	1			1					
	Belfast Zoo			1	1					
	TOTAL ROYAUME-UNI	**6**	**1**	**5**	**5**	**0**	**2**	**2**	**1**	**2**
RUSSIE										
	Moscow Zoo	1		1	1		1			1
44	Novosibirsk Zoo	1		1		1	1			1
45	Permskii Zoologicheskii Sad - Perm zoo	1								1
	TOTAL RUSSIE	**3**	**0**	**2**	**1**	**1**	**2**	**0**	**0**	**3**
SLOVAQUIE										
	Zoologická Záhrada Bojnice	1								
	TOTAL SLOVAQUIE	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

SUEDE										
	Borås Djurpark AB	1			0					
	Eskilstuna Parken Zoo				0					
46	Nordens Ark - Hunbstrnd	1		1						
	TOTAL SUEDE	**2**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
SUISSE										
	Parc d'accueil Pierre Challandes - Bellevue			0						
	Zoologischer Garten Basel	1			1					
47	Zürich Zoo	1								
	TOTAL SUISSE	**2**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	TOTAL GENERAL (vaccinés)	**50**	**6**	**29**	**17**	**11**	**8**	**9**	**4**	**12**

Légende

	espèce détenue et
1	vaccinée
	espèce détenue
0	non vaccinée

ANNEXE 9. Réponses détaillées au premier questionnaire – raisons de la non-vaccination (en nombre de réponses)

		LOUP (Canis lupus)	CHACAL A CHABRAQUE (Canis mesomelas)	LOUP A CRINIERE (Chrysocyon brachyurus)	LYCAON (Lycaon pictus)	FENNEC (Vulpes zerda)	RENARD POLAIRE (Vulpes lagopus)	CHIEN DES BUISSONS (Speothos venaticus)	OTOCYON (Otocyon megalotis)	DHOLE (Cuon alpinus)	Toutes espèces confondues
absence de besoin	animaux confinés					7	1				8
	jamais eu de cas clinique	15		7	2	6	1	1	2	1	35
	animaux arrivés jamais vaccinés				1						1
	vieux animaux, pas d'entrée ni de naissance	2		2		2				2	8
	Pas d'obligation légale rage	1									1
	TOTAL	**18**	**0**	**9**	**3**	**15**	**2**	**1**	**2**	**3**	**53**
difficultés ou risques pratiques	difficulté de réalisation (sans précision)	3		1							4
	difficulté de contention	1									1
	difficulte de capture	7									7
	difficulté de télé-injection	1									1
	trop stressant et destabilisant pour le groupe	4	1		1					1	7
	mauvais rapport bénéfice/risque (sans précision)			1							1
	TOTAL	**16**	**1**	**2**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**21**
problèmes liés aux vaccins	pas/plus de vaccin tué disponible	4		3	1	1		1			10
	risque de maladie vaccinale			2	3	1		1		1	8
	pas de vaccin spécifique			1							1
	efficacité non prouvée	1									1
	recommandation de ne pas vacciner				1						1
	protocole vaccinal trop contraignant	1			1						2
	TOTAL	**6**	**0**	**6**	**6**	**2**	**0**	**2**	**0**	**1**	**23**
vaccination partielle	uniquement les jeunes	6	1	2	1	3	1				14
	à l'occasion d'une autre manipulation	2		1	1						4
	uniquement vaccination anti-rabique lors de transfert	3		1	1	1			1		7
	TOTAL	**11**	**1**	**4**	**3**	**4**	**1**	**0**	**1**	**0**	**25**

ANNEXE 10. Réponses au second questionnaire (à l'exception du protocole vaccinal) – par parc

N° du parc	ESPECE	*Ss-Esp (Loup)*	C	H	P	Pi	L	R	Co	Durée (ans)	Raison	Animaux	Pratique	Voie	Dose	Traitement
1	Loup	*signatus*	1	1	1	1	1	1		6	2 3	1 2 4	1 4	1 2	1	1
1	Dhole		1	1	1	1	1	1		10	2 3	1 2 4	1 4	1 2	1	1
2	Loup	*Canadian*	1				1			20	1	1	2	1	1	0
2	Lycaon		1							20	1	1	2	1	1	0
2	Fennec		1							20	2	1 2	2	1	1	0
3	Loup à crinière		1	1	1		1	1		2	2	1 2	2	1	1	1
4	Loup	*arctos*	1	1	1		1	1		20	1 2	1 2 3	1 4	1 2	1	5 6
4	Loup à crinière		1	1	1		1	1		20	1 2 3	1 2 3	1 4	1 2	1	5 6
5	Loup	*European*	1	1	1	1				0	2 3	1 2 4	1 2 4	1	1	5
6	Loup à crinière		1		1		1			20	2	1 2	1 2	0	1	3 5
6	Chien des buissons		1		1		1			20	2	1 2	1 2	1	1	3 5
7	Loup	*European*	1	1	1		1	1		2	2	1 2	2	1 2	1	0
8	Loup	*?*	1	1	1	1	1	1		0	2	1	2	1	1	1
9	Loup	*Grey*	1	1	1			1		20	2 3	1 2	1 2 4	1	1	1
10	Dhole		1	1	1	1	1			2	2	2	1	2	1	1
11	Loup	*signatus*	1	1	1	1	1	1		3	2	1 2 4	2 4	1	1	3 4 6
12	Chien des buissons		1	1	1		1			1	1 2	2	1	2	1	1
12	Dhole		1	1	1		1			2	1 2	1 2 4	1 2	1 2	1	1
13	Loup	*occidentalis*	1	1			1			3	1	1 2	1 4	1 2	1	1
13	Loup	*signatus*	1	1			1	1		3	2 3	1 2	1 4	1 2	1	1
13	Chien des buissons		1	1			1			6	1	2 4	1 4	1 2	1	1
14	Loup	*pambasileus*	1	1	1			1		14	1 2	1 2 4	1 2	2	1	1
14	Loup à crinière		1	1	1			1		14	1 2	1 2 4	1 2	2	1	1
15	Loup	*occidentalis*	1	1	1		1	1		5	2	1 2 4	1	2	1	1
16	Loup	*lupus, occidentalis, arctos*					1	1		1	1 3	2	1 4	1 2	1	4 5
16	Lycaon		1	1	1		1	1		1	2	1	2	1	1	1
17	Loup à crinière		1	1	1	1	1	1		3	2 4	1 2	2	2	1	1
18	Otocyon						1			1	2	2	2	1	1	1
19	Loup		1	1	1		1	1		20	2	1 2 3 4	1 2	2	1	1

19	Chien des buissons		1	1	1		1	1		8	2	1 2 3	2	1	1	3
20	Loup	*lupus, italicus*			1					3	2 4	1 4	2 4	1	1	3 5
21	Loup à crinière		1	1	1	1	1	1		7	2	1 2	2	1	1	5
22	Loup	*lupus, tundrorum*	1	1	1		1	1		10	2 3	2	1 4	1 2	1	5
23	Loup	*occidentalis*	1	1	1		1	1		9	2	1 2 3 4	2	1	1	3
23	Loup à crinière	*lupus*	1	1	1		1	1		9	2	1 2 3	1	2	1	1
24	Loup	*European*	1	1	1		1			0	2	1	0	0	0	0
25	Fennec		1	1	1	1	1	1		4	0	2	0	0	0	0
26	Loup	*lupus*						1		13	2 3	1 2	1 4	2	1	1
26	Fennec		1	1	1		1	1		7	1 2	1 2	2	1	1	1
27	Loup	*lupus, occidentalis, pambasileus*	1	1	1		1	1		20	2 3	1 2 4	1	1 2	1	1
27	Loup à crinière		1	1	1		1	1		11	2	1 2	1	1 2	1	0
27	Fennec		1	1	1		1	1		4	2	2	2	1	1	0
27	Renard polaire		1	1	1		1	1		20	2	1 2	2	1	1	1
27	Chien des buissons		1	1	1		1	1		13	2	2	2	1	0	0
27	Dhole		1	1	1		1	1		4	2	2	1 2	1 2	1	0
28	Chacal à chabraque		1	1	1		1	1		5	2 4	1 2 4	2	1	1	1
29	Loup	*0*	1	1	1	1	1			2	2	1 2 4	1 2	1 2	1	0
29	Loup à crinière		1							5	2	1 2 4	1 2	1 2	1	3
29	Lycaon		1		1		1	1		5	2	1 2 4	1 2	1 2	1	3
30	Loup	*lupus*	1	1	1	1	1			0	2	1 2 3 4	1	2	1	1
31	Loup	*0*	1	1	1	1	1	1	1	0	1 2	1 2	1 2	1 2	1	3
31	Loup à crinière		1	1	1	1	1	1	1	0	1 2	1 2	1 2	1 2	1	3
32	Loup à crinière		1		1					1	0	1	0	2	0	0
33	Otocyon		1	1	1	1	1		1	26	2	1 2	2	1	1	1
34	Lycaon		1	1	1	1	1			5	1 2	1 2	2	1	1	3 5
35	Loup à crinière		1	1	1		1	1		2	2	1	1	2	1	1
36	Loup	*pambasileus, arctos, hudsonicus, signatus*	1	1	1	1	1	1		0	2	1 2	0	2	1	4
36	Chacal à chabraque		1	1	1	1	1	1		0	2	1 2	2	2	1	0
36	Fennec		1	1	1	1	1	1		0	2	1 2	2	1	1	2
36	Dhole		1	1	1	1	1	1		0	2	1 2	2	2	1	2
37	Loup	*lupus*	1	1	1	1	1	1		0	2	1 2	1 2	1 2	1	3

37	Chacal à chabraque		1	1	1	1	1	1		0	2	1 2	1 2	1 2	1	3
37	Loup à crinière		1	1	1	1	1	1		0	2	1 2	1 2	1 2	1	3
37	Otocyon		1	1	1	1	1	1		0	2	1 2	1 2	1 2	1	3
38	Loup à crinière		1	1	1	1	1			0	2	1 2	1	1 2	1	3
38	Lycaon		1	1	1	1	1			3	2	1 2	1	1 2	1	3
39	Chacal à chabraque						1			3	1	1 2	2	1 2	1	1
39	Loup à crinière						1			3	1	1 2	2	1 2	1	1
40	Loup	*Canadian Timber*	1	1	1	1	1			13	1 2 3	1 2 4	1 4	1 2	1	7
40	Loup à crinière		1	1	1	1	1			13	1 2 3	1 2 4	1 4	1 2	1	7
40	Lycaon		1	1	1	1	1			13	1 2 3	1 2 4	1 4	1 2	1	7
40	Chien des buissons		1	1	1	1	1			13	1 2 3	1 2 4	2	1	1	1
40	Dhole		1	1	1	1	1			13	1 2 3	1 2 4	1 4	1 2	1	7
41	Lycaon		1	1	1	1	1			3	1	2	1	2	1	1
42	Loup	*Grey*	1	1	1	1	1			12	1	2	0	0	0	0
43	Loup	*Timber*	1	1	1	1				27	1 2	1	2	1	1	3
43	Lycaon				1		1			7	2	1 2 3 4	2	1	1	1
44	Loup	*0*	1	1	1		1	1		30	2 3	1 2 4	2	1 2	1	1
44	Loup à crinière		1	1	1		1	1		30	2 3	1 2 4	2	1 2	1	1
44	Fennec		1	1	1		1	1		30	2 3	1 2 4	2	1 2	1	1
44	Renard polaire		1	1	1		1	1		30	2 3	1 2 4	2	1 2	1	1
44	Dhole		1	1	1		1	1		30	2 3	1 2 4	2	1 2	1	1
45	Loup	*0*	1	1	1		1	1		20	1 2 3	1 2 4	1	1	1	1
45	Dhole	*0*	1	1	1		1	1		10	1 2 3	1 2 4	1	1	1	1
46	Loup		1	1	1					0	2	1 2	1 4	1 2	1	0
46	Loup à crinière		1	1	1					0	2	1 2	1 4	1 2	1	0
47	Loup	*chanco*	1	1	1		1			10	2 3	1 4	1 2	1 2	1	2

Légende :

0 Absence de réponse

RAISON :
1 Maladie déjà rencontrée dans le parc
2 Prophylaxie générale
3 Transfert
4 Autre

ANIMAUX :
1 Jeunes
2 Adultes
3 Femelles gestantes
4 Animaux en quarantaine

PRATIQUE :
1 Télé-injection
2 Capture pour injection manuelle
3 Anesthésie pour vaccination
4 Anesthésie pour autre procédure

VOIE :
1 Sous-cutanée
2 Intra-musculaire

DOSE :
1 Dose unique
2 Dose double

TRAITEMENT CONCOMMITANT :
1 Non 2 Oui (sans précision)
3 Antiparasitaire interne
4 Antiparasitaire externe
5 Antiparasitaire mixte
6 Vitamines
7 Tout traitement nécessaire

ANNEXE 11. Vaccins utilisés

nom du fabricant	nom du vaccin	valences vivantes	valences tuées	pays d'utilisation	nombre de parcs utilisant ce vaccin par espèce									
					LOUP (Canis lupus)	CHACAL A CHABRAQUE (Canis mesomelas)	LOUP A CRINIERE (Chrysocyon brachyurus)	LYCAON (Lycaon pictus)	FENNEC (Vulpes zerda)	RENARD POLAIRE (Vulpes lagopus)	CHIEN DES BUISSONS (Speothos venaticus)	OTOCYON (Otocyon megalotis)	DHOLE (Cuon alpinus)	TOTAL
VACCINS COMMERCIAUX														
BIOVETA	Biocan	CHPPi	LR	République Tchèque	1	1	1					1		**4**
	Biocan R		R	Lettonie	1									**1**
DYNTEC	Canvac	CHPPi	L	République Tchèque	1	1	1					1		**4**
HOECHST ROUSSEL VET	Candur	CHP	L	Allemagne	1		1							**2**
INTERVET	Nobivac Puppy	CP		Lituanie			1							**1**
	Nobivac	CHP		Estonie, Danemark, Suède	3		2							**5**
	Nobivac	CHP	L	Allemagne	1									**1**
	Nobivac	CHPPi	L	Allemagne, Croatie, Espagne, Lituanie, République Tchèque, Royaume-Uni,	5	1	2	2	1	1	1		1	**14**
	Nobivac Rabies		R	Allemagne, Espagne, Estonie, Lettonie, Lituanie, République Tchèque	5	1	3		1	1	1		1	**13**
FORT DODGE	Duramune	CHPPi	L	Israël, Pologne				1	1					**2**

	Fel-O-Vax		P (herpès + calicivirus félin)	Pologne			1							**1**
	Unirab		R	France	1									**1**
MERIAL	Hexadog	CHP	LR	France, Lettonie, Lituanie, République Tchèque, Russie	6	1	4	1	3	2	2		4	**23**
	Bivirovax	CH		France	1									**1**
	Trivirovax	CHP		Luxembourg		1								**1**
	Caniffa	CH	L	France							1			**1**
	Canimed	CHP	LR	Allemagne, Autriche	1		1							**2**
	Tetradog CHP	CHP		France	1									**1**
	Tetradog L		L	France	1							1		**2**
	Eurican	CHPPi		Royaume-Uni	1									**1**
	Eurican	CHPPi	L	France, Pays-bas, Pologne	2		2							**4**
	Eurican	CHPPi	LR	France, Lettonie			1		1					**2**
	Eurican	CHP	LR	Allemagne			1							**1**
	Eurican P	P		Royaume-Uni				1						**1**
	Eurican L		L	France, Royaume-Uni				1			1			**2**
	Istolept		L	Luxembourg		1								**1**
	Parvodog	P		France	2									**2**
	Leptodog		L	France, Pologne	1		1	1						**3**

	Rabisin		R	Allemagne, Danemark, France, Israël, Luxembourg, Pays-Bas, Pologne	5	1	1	1	1		1			**10**
	Imrab		R	Espagne	1									**1**
	Rabiffa		R	Suisse	1									**1**
	PureVax		C	Pologne (import Etats-Unis d'Amérique)			1							**1**
NORVET	Lepto II		L	Royaume-Uni		1	1							**2**
PFIZER	Vanguard 5+ / 7	CHPPi	L	Espagne, Lettonie, Pays-Bas, Pologne, Royaume-Uni	3		2	1	1		1	1	2	**11**
	Vanguard CPV 2	P		France	1									**1**
	Vanguard CPV Lepto	P	L	Pays-Bas				1						**1**
	Vanguard 5CL+	CHPPiCo	L	Pologne	1		1							**2**
	Denfensor 3*		R	Lettonie					1					**1**
	Enduracell	CHPPi	LR	Allemagne	1		1							**2**
	Enduracell R mono		R	France			1							**1**
	Parvac		C	Pologne (import Australie)				1						**1**
VETERINA	Rabical		R	Croatie	1									**1**
VIRBAC	Virbagen canis	CHPPi	LR	Allemagne, Lituanie	1		1			1	1		1	**5**
	Canigen	CHPPi	L	France				1						**1**
	Canigen MHA2PL	CHP	L	Espagne	1						1		1	**3**

	Canigen MHA2L	CH	L	Espagne	1						1			**2**
	Canigen L		L	France	1									**1**
VACCINS NON COMMERCIAUX														
INTERVET			C	Allemagne			1							**1**
			H	Allemagne			1							**1**
Erasmus Medical Center, Rotterdam	CDV-ISCOM		C	Pays-Bas			1	1						**2**
Behring Werke Marburg / Zoo Frankfurt			C	Allemagne	1		2	1	2		1			**7**
														155

Légende :

C = Maladie de Carré

H = Hépatite de Rubarth

P = Parvovirose

Pi = Parainfluenza

L = Leptospirose

R = Rage

Co = Coronavirus

*Remarque : Defensor 3® (PFIZER) est un vaccin anti-rabique inactivé dont l'AMM prévoit une durée de protection de 3 ans (chez le Chien)

VACCINATION DES CANIDÉS SAUVAGES EN PARC ZOOLOGIQUE
ENQUÊTE DANS LES PARCS ZOOLOGIQUE EUROPÉENS

POPELIN Florine

Résumé :

La vaccination fait partie des mesures de prophylaxie utilisables sur les espèces sauvages en parc zoologique. Les Canidés sauvages sont de bons candidats à la vaccination, car ils peuvent bénéficier des produits et de l'expérience acquise chez le Chien domestique, avec lequel ils partagent les mêmes maladies infectieuses (parvovirose, maladie de Carré, hépatite de Rubarth, rage, leptospirose).

Cependant, des réponses spécifiques à la vaccination ont été mises en évidence chez les Canidés sauvages : sensibilité aux vaccins atténués avec apparition de maladies vaccino-induites, mauvaise réponse sérologique, durée spécifique de la période critique. Les incertitudes sur l'innocuité comme sur l'efficacité des vaccins et les difficultés pratiques de mise en œuvre chez les Canidés sauvages sont les principales limites à l'utilisation de la vaccination, et imposent de réfléchir chaque vaccination en terme de rapport bénéfice – risque afin de chercher à développer des vaccins et des stratégies vaccinales ciblées.

Une enquête réalisée dans 104 parcs zoologiques européens nous a permis de dresser un panorama représentatif des pratiques vaccinales sur neuf espèces de Canidés sauvages en captivité (Loup, Chacal à chabraques, Loup à crinière, Dhole, Lycaon, Otocyon, Chien des buissons, Renard polaire et Fennec), de recenser les protocoles utilisés pour chaque espèce, d'évaluer la fréquence de la vaccination et celle des accidents vaccinaux.

Mots clés :
FAUNE SAUVAGE / CANIDES / LOUP / CANIS LUPUS / CHACAL A CHABRAQUE / CANIS MESOMELAS / LOUP A CRINIERE / CHRYSOCYON BRACHYURUS / DHOLE / CUON ALPINUS / LYCAON / LYCAON PICTUS / OTOCYON / OTOCYON MEGALOTIS / CHIEN DES BUISSONS / SPEOTHOS VENATICUS / RENARD POLAIRE / VULPES LAGOPUS / FENNEC / VULPES ZERDA / PARC ZOOLOGIQUE / VACCINATION / MALADIE INFECTIEUSE / ENQUETE / EUROPE

Jury :
Président : Pr.
Directeur : Dr. ARNÉ
Assesseur : Dr. LE PODER

Adresse de l'auteur :
M^{elle} Florine POPELIN
22 rue d'Alleville
45140 Saint Jean de la Ruelle

VACCINATION OF WILD CANIDS IN ZOOLOGICAL PARKS
SURVEY IN EUROPEAN ZOOLOGICAL PARKS

POPELIN Florine

Summary :

Vaccination is one of a series of preventive measures which can be used in wild species in zoological parks. Vaccinal medicine in wild dogs is able to benefit from the drugs and experience obtained in domestic dogs since they share the same infectious diseases (parovirosis, distemper, canine infectious hepatitis, rabies, leptospirosis).

However, undesirable specific responses to vaccination have been observed in wild dogs: sensibility to modified-live vaccines with the appearance of vaccino-induced illnesses, poor serological response, a longer duration of maternal-derived antibodies. The uncertainties about vaccine security and efficacy and practical difficulties involved in vaccinating wild dogs are the major limits in the use of vaccination. This means that each vaccination needs to be evaluated in terms of benefit versus risk, in order to try to develop specific vaccines and vaccination programmes.

A survey of 104 European zoological parks has enable the author to draw a representative panorama of vaccinational procedures in nine species of wild dogs in captivity (Wolf, Black-backed jackal, Maned wolf, Dhole, African wild dog, Bat-eared fox, Bush dog, Arctic fox and Fennec fox), to list the procedures used for each species, to estimate the frequency of vaccination and of vaccine-related accidents.

Keywords :
WILDLIFE / CANIDAE / WOLF / CANIS LUPUS / BLACK-BACKED JACKAL / CANIS MESOMELAS / MANED WOLF / CHRYSOCYON BRACHYURUS / DHOLE / CUON ALPINUS / AFRICAN WILD DOG / LYCAON PICTUS / BAT-EARED FOX / OTOCYON MEGALOTIS / BUSH DOG / SPEOTHOS VENATICUS / ARCTIC FOX / VULPES LAGOPUS / FENNEC FOX / VULPES ZERDA / ZOOLOGICAL PARK / VACCINATION / INFECTIOUS DISEASE / SURVEY / EUROPE

Jury :
President : Pr.
Director : Dr. ARNÉ
Assessor : Dr. LE PODER

Author's address:
M^{elle} Florine POPELIN
22 rue d'Alleville
45140 Saint Jean de la Ruelle