

Année 2017



**GESTION DES CHIENS ERRANTS OU
DIVAGANTS ET LUTTE CONTRE LA RAGE**

THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant
LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

le . 5 . janvier . 2017

par

Aurélie VEZZOLI

Née le 20 novembre 1991 à Thionville (Moselle)

JURY

Président : Pr. CANOUI-POITRINE
Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL

Membres
Directeur : Pr. Nadia HADDAD/ HOANG-XUAN
Professeur à l'ENVA
Assesseur : Pr. Dominique GRANDJEAN
Professeur à l'ENVA

Liste des membres du corps enseignant

Directeur : M. le Professeur Gogny Marc

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs : Cotard Jean-Pierre, Mialot Jean-Paul, Moraillon Robert, Parodi André-Laurent, Pilet Charles, Toma Bernard.

Professeurs émérites : Mme et MM. : Bénét Jean-Jacques, Chermette René, Combrisson Hélène, Courreau Jean-François, Deputte Bertrand, Niebauer Gert, Paragon Bernard, Pouchelon Jean-Louis.

Département d'élevage et de pathologie des Équidés et des Carnivores (DEPEC)

Chef du département : Pr Grandjean Dominique - Adjoint : Pr Blot Stéphane

<p>I.</p> <p>Unité pédagogique de cardiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Chetboul Valérie* - Dr Gkouni Vassiliki, Praticien hospitalier <p>Unité pédagogique de clinique équine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Audigé Fabrice - Dr Bertoni Lélia, Maître de conférences - Dr Bourzac Céline, Maître de conférences contractuelle - Dr Coudry Virginie, Praticien hospitalier - Pr Denoix Jean-Marie - Dr Giraudet Aude, Praticien hospitalier * - Dr Jacquet Sandrine, Praticien hospitalier - Dr Mespoulhès-Rivière Céline, Praticien hospitalier - Dr Moiroud Claire, Praticien hospitalier <p>Unité pédagogique de médecine interne</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Benckekroun Ghita, Maître de conférences - Pr Blot Stéphane* - Dr Canonne-Guibert Morgane Maître de conférence contractuel - Dr Freiche-Legros Valérie, Praticien hospitalier - Dr Maurey-Guénec Christelle, Maître de conférences <p>Discipline : imagerie médicale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Stambouli Fouzia, Praticien hospitalier 	<p>Unité pédagogique de médecine de l'élevage et du sport</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Cléro Delphine, Maître de conférences - Dr Fontbonne Alain, Maître de conférences - Pr Grandjean Dominique* - Dr Maenhoudt Cindy, Praticien hospitalier - Dr Nudelman Nicolas, Maître de conférences <p>Unité pédagogique de pathologie chirurgicale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Fayolle Pascal - Dr Mailhac Jean-Marie, Maître de conférences - Dr Manassero Mathieu, Maître de conférences - Pr Moissonnier Pierre - Pr Viateau-Duval Véronique* <p>Discipline : anesthésie, réanimation, urgences, soins intensifs</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Zilberstein Luca, Maître de conférences <p>Discipline : ophtalmologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Chahory Sabine, Maître de conférences <p>Discipline : nouveaux animaux de compagnie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Pignon Charly, Praticien hospitalier
---	--

Département des Productions Animales et de la Santé Publique (DPASP)

Chef du département : Pr Millemann Yves - Adjoint : Pr Dufour Barbara

<p>Unité pédagogique d'hygiène, qualité et sécurité des aliments</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Augustin Jean-Christophe - Dr Bolnot François, Maître de conférences * - Pr Carlier Vincent <p>Unité pédagogique de maladies règlementées, zoonoses et épidémiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Dufour Barbara* - Pr Haddad/Hoang-Xuan Nadia - Dr Praud Anne, Maître de conférences - Dr Rivière Julie, Maître de conférences <p>Unité pédagogique de pathologie des animaux de production</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Adjou Karim* - Dr Belbis Guillaume, Maître de conférences - Pr Millemann Yves - Dr Ravary-Plumioën Bérangère, Maître de conférences - Dr Plassard Vincent, Praticien hospitalier 	<p align="center">Unité pédagogique de reproduction animale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Constant Fabienne, Maître de conférences* - Dr Desbois Christophe, Maître de conférences (rattaché au DEPEC) - Dr El Bay Sarah, Praticien hospitalier - Dr Mauffré Vincent, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel <p>Unité pédagogique de zootechnie, économie rurale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Arné Pascal, Maître de conférences - Pr Bossé Philippe* - Dr De Paula Reis Alline, Maître de conférences - Pr Grimard-Ballif Bénédicte - Dr Leroy-Barassin Isabelle, Maître de conférences - Pr Ponter Andrew - Dr Wolgust Valérie, Praticien hospitalier
--	---

Département des sciences biologiques et pharmaceutiques (DSBP)

Chef du département : Pr Chateau Henry - Adjoint : Dr Pilot-Storck Fanny

<p>Unité pédagogique d'anatomie des animaux domestiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Chateau Henry - Pr Crevier-Denoix Nathalie - Pr Degueurce Christophe - Pr Robert Céline* <p>Unité pédagogique de bactériologie, immunologie, virologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Boulouis Henri-Jean* - Pr Eloit Marc - Dr Le Poder Sophie, Maître de conférences - Dr Le Roux Delphine, Maître de conférences - Pr Quintin-Colonna Françoise <p>Unité pédagogique de biochimie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Bellier Sylvain* - Dr Lagrange Isabelle, Praticien hospitalier - Dr Michaux Jean-Michel, Maître de conférences <p>Discipline : éducation physique et sportive</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. Philips Pascal, Professeur certifié <p>Unité pédagogique d'histologie, anatomie pathologique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Cordonnier-Lefort Nathalie, Maître de conférences - Pr Fontaine Jean-Jacques* - Dr Laloy Eve, Maître de conférences - Dr Reyes-Gomez Edouard, Maître de conférences 	<p>Unité pédagogique de management, communication, outils scientifiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme Conan Muriel, Professeur certifié (Anglais) - Dr Desquilbet Loïc, Maître de conférences (Biostatistique, Epidémiologie) * - Dr Fournel Christelle, Maître de conférences contractuelle (Gestion et management) <p>Unité de parasitologie, maladies parasitaires, dermatologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Blaga Radu, Maître de conférences (rattaché au DPASP) - Dr Cochet-Faivre Noëlle, Praticien hospitalier (rattachée au DEPEC) - Dr Darmon Céline, Maître de conférences contractuelle (rattachée au DEPEC) - Pr Guillot Jacques* - Dr Polack Bruno, Maître de conférences - Dr Risco-Castillo Verónica, Maître de conférences <p>Unité pédagogique de pharmacie et toxicologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Enriquez Brigitte, - Dr Perrot Sébastien, Maître de conférences * - Pr Tissier Renaud <p>Unité pédagogique de physiologie, éthologie, génétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Chevallier Lucie, Maître de conférences (Génétique) - Dr Crépeaux Guillemette, Maître de conférences (Physiologie, Pharmacologie) - Dr Gilbert Caroline, Maître de conférences (Ethologie) - Pr Panthier Jean-Jacques (Génétique) - Dr Pilot-Storck Fanny, Maître de conférences (Physiologie, Pharmacologie) - Pr Tiret Laurent, (Physiologie, Pharmacologie) *
--	--

* responsable d'unité pédagogique

REMERCIEMENTS

Au Président du Jury, Professeur de la faculté de Créteil,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse.

Hommage respectueux.

A Madame Nadia Haddad,

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort dans l'Unité des Maladies Contagieuses, qui a accepté la direction de cette thèse, pour sa patience, ses précieux conseils et sa disponibilité durant toute l'écriture de cette thèse. Hommages reconnaissants.

A Monsieur Dominique Grandjean

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort dans l'Unité de Médecine de l'Elevage et du Sport, qui a accepté d'être l'assesseur de ce travail. Sincères remerciements.

A mes parents,

Pour leur amour et leur soutien sans faille toutes ces années, et sans qui je ne serais jamais arrivée jusque là

A Anne,

Pour son amitié sans faille depuis bientôt dix ans, pour tous les bons moments partagés, et pour avoir également contribué à la préservation de ma santé mentale à de nombreuses reprises

A Hélène, Justine, et Marion

Pour leur amitié, pour avoir fait de la prépa de jolis souvenirs, et sans qui ces années n'auraient sûrement pas été une telle réussite

A Margot,

Pour avoir partagé tous ces bons moments, pour m'avoir supportée pendant ces 5 années d'études et pour avoir partagé cette merveilleuse aventure au Népal et qui m'aura menée ici

A Valérie, Lisa, Céline, Enide

Pour toutes ces années d'amitié, pour tous ces moments partagés qui n'auraient vraiment pas été si beaux sans vous

A Céline, Andréa, Alix, Anne-Claire,

Pour avoir été le meilleur groupe de clinique et pour tous les bons moments

Au KAT Centre,

Pour leur accueil chaleureux, leur patience et pour m'avoir fait découvrir tant de choses que je n'imaginai pas.

SOMMAIRE

Liste des figures	5
Liste des tableaux.....	7
Liste des abréviations.....	9
Introduction	11
PARTIE I: Généralités sur la rage et sur les mesures réglementaires	13
1. Le virus rabique et la rage	13
1.1. Etiologie.....	13
1.1.1. Description du virus.....	13
1.1.2. Virulence du virus rabique.....	15
1.1.3. Pouvoir antigène et immunogène.....	16
1.2. Pathogénie.....	16
1.3. Signes cliniques et lésions	17
1.3.1. Signes cliniques.....	17
1.3.1.1. Signes moteurs	18
1.3.1.2. Signes sensoriels.....	18
1.3.1.3. Signes comportementaux.....	18
1.3.1.4. Symptômes chez l'Homme	19
1.3.2. Lésions	19
1.4. Epidémiologie	20
1.4.1. Espèces touchées.....	20
1.4.2. Matières virulentes.....	21
1.4.3. Cycles épidémiologiques	22
1.5. Démarche clinique et diagnostique	23
1.5.1. Importance de l'anamnèse et diagnostic différentiel	23
1.5.2. Diagnostic de laboratoire	24
1.5.2.1. Prélèvements et laboratoires	24
1.5.2.1.1. Analyse de prélèvements animaux	24
1.5.2.2. Techniques diagnostiques	25
1.5.2.2.1. Technique de référence: le test d'immunofluorescence directe(IFD)	25
1.5.2.2.2. Détection du virus après inoculation à des cellules de neuroblastomes de souris.....	26
1.5.2.2.3. Nouvelles perspectives de terrain:.....	26
2. Mesures réglementaires de lutte contre la rage canine en place en France	29

2.1.	Mesures médicales	29
2.1.1.	Vaccination et évaluation de la protection vaccinale	29
2.1.1.1.	Chez l'animal.....	29
2.1.1.2.	Chez l'Homme.....	30
2.1.1.3.	Evaluation de la protection vaccinale	31
2.1.2.	Prophylaxie post exposition chez l'Homme	32
2.2.	Mesures sanitaires	33
2.2.1.	Catégorisation réglementaire des animaux vis-à-vis de la rage.....	33
2.2.2.	Contrôle de la circulation	33
2.2.2.1.	Mesures à l'introduction et limitation des mouvements.....	33
2.2.2.2.	Gestion des introductions illégales	34
2.2.2.3.	Gestion des populations errantes ou divagantes.....	36
2.2.3.	Mesures à prendre face à un animal mordeur/griffeur ou suspect.....	37
2.2.3.1.	Conduite à tenir via un animal mordeur ou griffeur	37
2.2.3.2.	Conduite à tenir vis-à-vis d'un animal suspect ou suspect mordeur	39
2.2.4.	Mesures réglementaires en fonction des résultats de la surveillance.....	39
2.2.4.2.	Conduite à tenir selon le statut des animaux.....	42
2.2.5.	Synthèse.....	43

PARTIE II: Les chiens dans le monde, les populations canines errantes et divagantes et la part prise dans l'enzootie de la rage 45

1.	Les populations canines dans le monde : origines et définitions	45
1.1.	Définition des populations canines	45
1.1.1.	Origines des populations canines : rappels sur l'histoire de la domestication du chien	45
1.1.2.	Catégories de populations canines.....	46
1.2.	Considérations écologiques et sociologiques	48
1.2.1.	Ecologie des populations canines au travers d'exemples	48
1.2.1.1.	Estimation quantitative de ces populations.....	48
1.2.1.2.	Ecologie et comportements canins	50
1.2.1.2.1.	Définitions et méthodes.....	50
1.2.1.2.2.	Résultats : Exemples d'études écologiques et éthologiques	52
1.2.2.	Variations culturelles dans le rapport aux populations canines	55
2.	Part de l'espèce canine dans le maintien et la propagation de la rage	58
2.1.	Généralités sur la rage canine et ses conséquences sur l'Homme	58
2.1.1.	Importance de la rage canine dans le monde	58

2.1.2.	Le chien, source majeure de transmission du virus de la rage à l'Homme	59
2.2.	Répartition de la rage et coûts humains et économiques	62
2.2.1.	Distribution globale de la rage animale et humaine	62
2.2.1.1.	Europe	62
2.2.1.2.	Amériques.....	63
2.2.1.3.	Afrique du Nord et le Moyen Orient	65
2.2.1.4.	Asie	65
2.2.1.5.	Afrique	67
2.2.2.	Coûts humains et économiques	68
2.2.2.1.	Méthodes et outils de quantification utilisés.....	68
2.2.2.2.	Conséquences humaines et économiques dans le monde	69

PARTIE III: Etude critique des mesures et des moyens nécessaires pour la lutte contre la rage des chiens errants et divagants..... 73

1.	Présentation des méthodes de lutte contre la rage canine et de l'évaluation de leur efficacité	73
1.1.	Méthodes spécifiques aux différentes populations canines.....	74
1.1.1.	Répertoire des mesures selon les populations	74
1.1.1.1.	Mesures applicables aux populations de chiens de propriétaires, confinés	74
1.1.1.2.	Mesures applicables aux populations de chiens divagants	74
1.1.1.3.	Mesures applicables aux populations de chiens errants	75
1.1.2.	Description des mesures	75
1.1.2.1.	L'identification	76
1.1.2.2.	La vaccination	77
1.1.2.2.1.	Aspects éthologiques et accessibilité :.....	77
1.1.2.2.2.	Stratégies et modalités de vaccination :	78
1.1.2.3.	Le contrôle de la reproduction	81
1.1.2.3.1.	La stérilisation chirurgicale.....	81
1.1.2.3.2.	La stérilisation chimique.....	82
1.1.2.4.	La limitation des ressources alimentaires	82
1.1.2.5.	L'euthanasie.....	83
1.2.	Evaluer l'efficacité de ces méthodes	84
1.2.1.	La couverture vaccinale	84
1.2.2.	Sensibilisation et acceptation sociale.....	86
1.2.3.	Suivi des cas de rage humaine et canine et des morsures.....	86
1.3.	Acteurs mobilisés à l'échelle nationale et internationale	88

2.	Présentation d'exemples de plan de lutte	90
2.1.	Exemple de programme de lutte en territoire insulaire: Bali, 2009-2016.....	90
2.1.1.	Description de la situation.....	90
2.1.2.	Mesures mises en place.....	91
2.1.3.	Résultats actuels et prévisions	91
2.2.	Programme de lutte en Inde: Jaipur, étude de 1994 à 2002	92
2.2.1.	Description de la situation et études écologiques	92
2.2.2.	Mise en place du programme et résultats	93
2.2.2.1.	Méthodes d'action.....	93
2.2.2.2.	Résultats	94
2.3.	Autres programmes de lutte contre la rage.....	95
2.3.1.	Programmes d'élimination de la rage canine et humaine en Amérique latine ..	95
2.3.2.	Lancement de programmes de lutte en Turquie.....	96
2.3.3.	Suivi d'un programme de lutte en Tunisie	97
3.	Synthèse et préconisations	98
	Conclusion	101
	Bibliographie.....	103
	Annexes	109
	Annexe I:Affiche et dépliant de campagne "Gare à la rage" du ministère de l'agriculture et de la santé en juin 2015	
	Source: Site officiel du ministère de l'agriculture	109
	Annexe II: modèles de certificats de mise sous surveillance d'un animal ayant mordu ou griffé	110
	(Source: Toma <i>et al.</i> , 2012)	110
	Annexe III: Nombre de décès dus à la rage chez l'homme selon différentes sources (entre 2010 et 2014)	111
	Annexe IV: Outils adaptés de sensibilisation du GARC et de l'OMS au risque posé par la rage canine	113

Liste des figures

Figure 1: Schéma du virus rabique et vue au microscope électronique.....	15
Figure 2: Lignées de RABV dans le monde	15
Figure 3: Pathogénie de l'infection par le virus rabique	17
Figure 4: Corps de Negri visible au microscope optique (flèche rouge)	20
Figure 5: Principales espèces réservoirs du virus rabique parmi les espèces de mammifères sauvages non volants.	21
Figure 6: Excrétion pré-symptomatique du virus rabique	22
Figure 7: Cycles épidémiologiques classiques de la rage	23
Figure 8: Observation au microscope d'un résultat positif en IFD.....	266
Figure 9: Diagramme de la bande test RIDT pour la détection du virus rabique	27
Figure 10: Présentation de la bande test servant au RIDT et de la lecture du résultat.....	28
Figure 11: Sous populations canines.....	48
Figure 12: Circulation du virus rabique au sein des populations canines et avec l'Homme	54
Figure 13: Répartition des fonctions des chiens d'un échantillon de propriétaires au Nigeria	55
Figure 14: Distribution globale de la rage canine enzootique	59
Figure 15: Distribution mondiale du niveau de risque pour l'Homme d'être en contact avec la rage.....	61
Figure 16: Distribution mondiale de la rage humaine d'origine canine de 2010 à 2014.....	61
Figure 17: Répartition mondiale du virus rabique (RABV) au premier semestre 2015	62
Figure 18: carte de la rage canine en Europe en 2015.....	63
Figure 19: Evolution du nombre de cas de rage canine et de rage humaine ayant pour origine le chien de 1982 à 2013	64
Figure 20: Evolution des cas humains et animaux en Afrique du Nord	65
Figure 21: répartition globale de la rage en Afrique au premier semestre 2015	67
Figure 22: Influences que peuvent avoir la rage canine enzootique et la rage humaine sur l'économie et la société.....	69
Figure 23: Répartition des coûts de la rage selon les régions du monde	70
Figure 24: Méthodes d'identification dans le cadre des campagnes de stérilisation et de vaccination, Katmandou, Népal	76
Figure 25: Point central de vaccination anti-rabique dans un village de Tanzanie.....	79
Figure 16: Incidence des cas de suspicion de rage canine après des campagnes de vaccination dans le district de Serengeti (vaccination) et le district de Musoma (pas de vaccination), en Tanzanie.....	87
Figure 27: Incidence du nombre de morsures par des animaux suspectés enrégés après plusieurs campagnes de vaccination en Tanzanie.....	87
Figure 28: Carte de Bali, en Indonésie	90
Figure 29: Carte de l'Inde et localisation de Jaipur, dans l'état du Rajasthan.....	93

Liste des tableaux

Tableau 1: Principales espèces virales du genre des <i>Lyssavirus</i>	13
Tableau 2: Catégories d'exposition définies par l'OMS et traitement recommandé	32
Tableau 3: Définitions des catégories réglementaires des animaux en France vis-à-vis de la rage.....	33
Tableau 4: Gestion des non conformités après introduction des carnivores domestiques provenant d'un pays tiers.....	35
Tableau 5: Synthèse des catégories réglementaires et des mesures réglementaires applicables en France	43
Tableau 6: Méthodes d'étude fréquemment utilisées pour les paramètres écologiques étudiés dans la population canine	52
Tableau 7: Distribution du nombre de cas rapportés par an dans les différents pays affiliés au SEARO	66
Tableau 8: Coût de la vaccination antirabique selon les régions du monde touchées par la rage canine enzootique	70
Tableau 9: Répartition des rôles des services gouvernementaux dans le cadre d'un programme de lutte contre la rage au sein des populations de chiens errants et divagants..	88

Liste des abréviations

ABLV: Australian Bat Lyssavirus
AMM: Autorisation de Mise sur le Marché
APDI: Arrêté Préfectoral de Déclaration d'Infection
APMS: Arrêté Préfectoral de Mise sous Surveillance
APVP: Années Potentielles de Vie Perdues
ARAV: Aravan Virus
ARN: Acide Ribo-Nucléique
ASEAN: Association of South East Asia Nations
AVCI: Années de Vies Corrigées sur le facteur d'Invalidité
AVI: Années de Vie avec Incapacité
BBLV: Bokeloh Bat Virus
CNR: Capture-Neuter-Release (Capture-Stérilisation- Relâché)
DALY: Disability- Adjusted Life Years
DD(CS)PP: Direction Départementale (de la Cohésion Sociale et) de la Protection des Populations
DUVV: Virus Duvenhage
EBLV: European Bat Lyssavirus
ELISA: Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
ERIG: Immunoglobuline Rabique Equine
FAO: Food and Agriculture Organization
FAVN: Fluorescent Antibody Virus Neutralisation
GARC: Global Alliance for Rabies Control
GnRH: Gonadotropin Releasing Hormone
HRIG: Immunoglobuline Rabique Humaine
IFD: ImmunoFluorescence Directe
IKOV: Ikoma Virus
IRKV: Irkut Virus
KHUV: Khujand Virus
LBV: Lagos Bat Virus
LLEBV: Lleida Bat Virus
MOKV: Mokola Virus
NCAM: Neural Cell Adhesion Molecule
NCDC: National Center for Disease Control
OIE: Office International des Epizooties
OMS: Organisation Mondiale de la Santé
PAHO: Pan American Health Organization
PARACON: Pan African Rabies Control Network
PCR: Polymerase Chain Reaction
PrEP: Prophylaxie Pré-exposition
RABV: Virus rabique
RFFIT: Rapid Fluorescent Foci Inhibition Test
RIDT: Rapid Immunodiagnostic Test
SEARO: South East Asia Regional Office
SHIBV: Shimoni Bat Virus
WAHID: World Animal Health Information Database
WCBV: West Caucasian Bat Virus
YLL: Years of Life Lost
YLD: Years of Life with Disability

INTRODUCTION

La rage est une maladie virale zoonotique touchant tous les mammifères. Elle est présente dans le monde entier, et l'issue naturelle de l'évolution clinique en est toujours fatale sauf exception.

Des outils diagnostiques et prophylactiques ont été développés dès le XIX^e siècle et ont prouvé leur efficacité lorsqu'ils sont utilisés à bon escient.

Beaucoup de pays industrialisés se sont servis de ces outils dans la lutte contre la maladie et l'ont éliminée, tant au sein de la population humaine que des populations animales.

Malheureusement, de nombreux pays en voie de développement connaissent encore des cas de rage humaine, et si plus de 60 000 décès humains sont déclarés par an à l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'incidence de la maladie est grandement sous-estimée.

Il a été montré qu'environ 98% des cas sont dus à un contact avec les chiens, le plus souvent par morsure (Expert Consultation on Rabies et World Health Organisation, 2013). J'ai eu moi-même l'occasion d'effectuer un stage dans un refuge de chiens errants à Katmandou, au Népal (KAT Centre). Le directeur du centre a souligné à cette occasion à quel point la lutte contre la rage en tant que problème de santé publique est étroitement liée à la présence de chiens errants et divagants, qui servent de réservoir du virus. Leur gestion est donc un aspect capital de la lutte et cette expérience, même courte, m'a incitée à en faire le sujet de ma thèse.

L'objet de ce travail est donc d'analyser le rôle des chiens errants et divagants dans l'enzootie de la rage canine et leur impact sur l'incidence de la rage humaine afin de mieux comprendre les principes de gestion des populations canines errantes et divagantes et les moyens de lutte contre la rage à mettre en place pour atteindre de façon efficace et suffisante ces populations. La comparaison avec les programmes de lutte existant permettrait alors d'expliquer pourquoi la rage est encore une zoonose négligée d'importance majeure pour la santé publique mondiale.

Nous rappellerons tout d'abord quelques généralités sur le virus rabique et les mesures réglementaires en France permettant son contrôle, puis nous nous intéresserons aux populations canines dans le monde, et à leur part dans la maladie. Enfin nous réaliserons une étude critique fondée sur des exemples permettant d'étudier la mise en place des méthodes de lutte recommandées pour la lutte contre la rage canine.

PARTIE I: Généralités sur la rage et sur les mesures réglementaires

1. Le virus rabique et la rage

1.1. Etiologie

1.1.1. Description du virus

Le virus rabique appartient à la famille des *Rhabdoviridae* et au genre *Lyssavirus*.

La maladie qu'il occasionne, la rage, semble décrite chez les espèces canine et humaine depuis l'Antiquité, et est à l'origine de nombreux mythes. Les premières théories scientifiques ont été émises en 1546 par Girolamo Fracastoro, qui a été le premier à observer que la maladie semblait se transmettre lors de la rupture de la barrière cutanée, et touchait tous les êtres vivants à sang chaud (y compris l'Homme). Il a également été le premier à décrire la clinique de la rage chez l'Homme et à soupçonner le rôle de la salive dans la transmission de la maladie. Au XIX^e siècle, Galtier montre que le virus est inoculable par injection de salive de chien enragé à des lapins (1879). En 1881, Pasteur, Chamberland, Roux et Thuillier déterminent la cible du virus comme étant le système nerveux. Après plusieurs expériences d'injections intracrâniennes au lapin, et après l'obtention de l'atténuation du virus par dessiccation, Pasteur met en place la première vaccination antirabique post exposition chez l'Homme (Toma *et al.*, 2012).

Le genre *Lyssavirus* comprend plusieurs espèces, divisées en 3 phylogroupes (potentiellement 4 suite à la découverte récente du Lleida bat virus), présentées dans le tableau 1. Les vaccins utilisés couramment pour protéger contre le virus rabique semblent offrir une protection correcte contre toutes les souches de cette espèce, ainsi qu'une protection limitée contre au moins une partie des espèces du même phylogroupe, en particulier EBLV-1 et EBLV-2. En revanche, la protection est plus limitée, voire absente, contre les espèces de *Lyssavirus* appartenant à d'autres phylogroupes (Jackson, 2013).

Tableau 1 : Principales espèces virales du genre des *Lyssavirus*

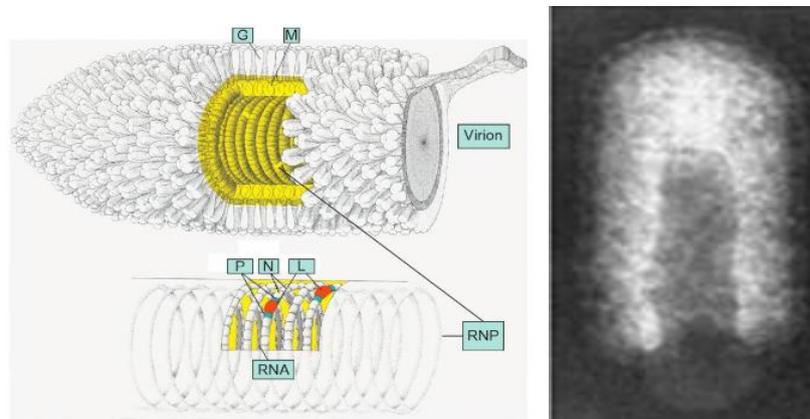
(Source: d'après Haddad et Bourhy, 2015)

Phylogroupe	Nom	Zone géographique	Espèces réservoirs
I	Virus rabique (RABV)	Monde entier (hormis quelques îles et l'Antarctique)	Chiens et carnivores sauvages (monde) Chauve-souris (Amérique)
	Virus Duvenhage (DUVV)	Afrique	Chauve-souris insectivores
	European Bat Lyssavirus type 1 (EBLV-1)	Europe	Chauve-souris insectivores, (sérotines communes)

	European Lyssavirus (EBLV-2)	Bat type 2	Europe		Chauve-souris insectivores, (murin de Daubenton)
	Australian lyssavirus (ABLV)	Bat	Australie		Chauve-souris frugivores et insectivores
	Aravan (ARAV)	virus	Asie Centrale		Chauve-souris insectivores (petit murin)
	Khujand (KHUV)	virus	Asie Centrale		Chauve-souris insectivores (murin à moustaches)
	Irkut Virus (IRKV)		Asie Centrale et du Sud Est		Chauve-souris insectivores (murin à ventre blanc)
	Bokeloh (BBLV)	Virus	Europe		Chauve-souris insectivores (murin de Naterrer)
II	Lagos (LBV)	bat virus	Afrique saharienne	sub-	Chauve-souris frugivores
	Mokola (MOKV)	virus	Afrique saharienne	sub-	Inconnu
	Shimoni (SHIBV)	Bat Virus	Afrique		Chauve-souris insectivore (hyllorhine de Commerson)
III	West Caucasian Virus (WCBV)	bat	Asie Centrale		Chauve-souris insectivore (minioptère de Schreibers)
	Ikoma Virus (IKOV)		Afrique (Tanzanie)		Inconnu
III/IV	Lleida bat virus (LLEBV)	European	Europe (Espagne)		Chauve-souris insectivore (minioptère de Schreibers)

Le virus rabique (RABV), comme tous les virus du genre, est un virus à ARN monocaténaire négatif non segmenté, en forme de "balle de fusil " en raison de l'organisation de sa capsidie hélicoïdale (*figure 1*). La taille standard du virus est de 180nm (entre 130 et 300 nm) par 75 nm (entre 60 et 80 nm) de diamètre. Son génome d'environ 12Kb comprend 5 gènes codant pour 5 protéines: la protéine N de la nucléocapside, la phosphoprotéine P, la protéine de matrice M, la glycoprotéine de surface G (qui est également le principal support de la protection antirabique) et l'ARN polymérase L, qui a la protéine P comme cofacteur pour la transcription et la réplication virale (Haddad et Bourhy, 2015; Jackson, 2013).

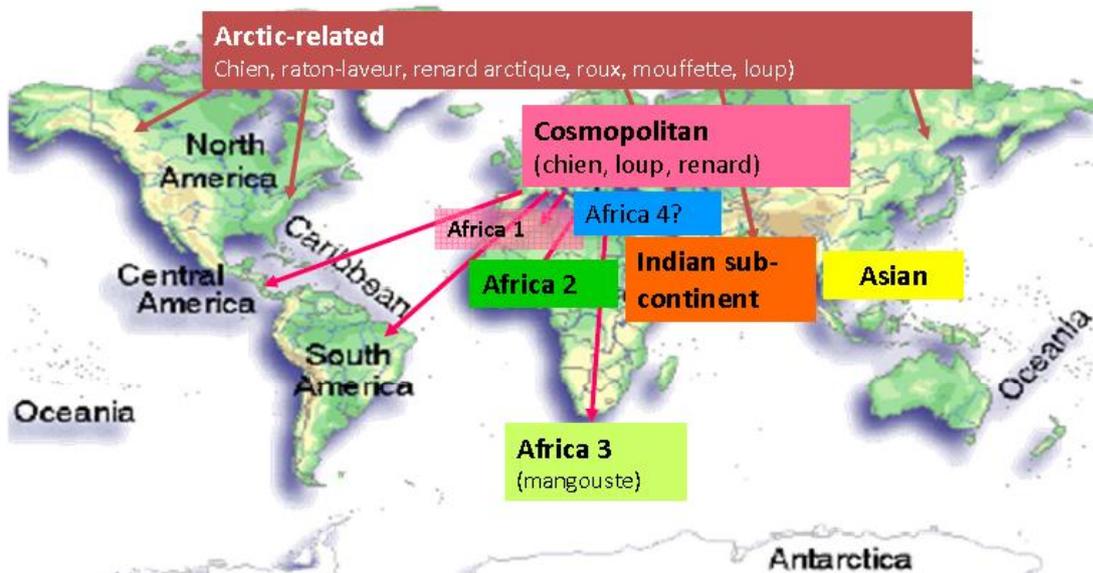
Figure 2: Schéma du virus rabique et vue au microscope électronique
(D'après Jackson, 2013)



Au sein de l'espèce RABV, on distingue des types appelés lignées ou clades, voire des sous-lignées, sur la base de l'analyse des séquences du génome viral, plus particulièrement des gènes N et G. Cela est utile en épidémiologie pour établir l'origine du virus lors de cas de rage. La figure 2 présente la répartition géographique des lignées de RABV dans le monde.

Figure 3: Lignées de RABV dans le monde

(Source: Haddad et Bourhy, 2015)



1.1.2. Virulence du virus rabique

Le virus rabique possède un neurotropisme marqué, avec une localisation privilégiée dans la corne d'Ammon. La virulence d'une souche quelle qu'elle soit, lors d'une infection, est variable de façon quantitative et qualitative.

D'une part, elle est conditionnée par la quantité de virions inoculée, le plus souvent lors d'une morsure: morsure unique ou multiple, profonde ou étendue. D'autre part, cette

quantité est également à moduler par rapport à des variations qualitatives. La souche est plus ou moins adaptée à une espèce (dans le cas qui nous intéresse l'espèce canine), et en conséquence il faudra, selon la souche, une charge virale plus ou moins importante pour que parmi les virions inoculés se trouve un virion dont le génome soit plus adapté à l'espèce mordue.

1.1.3. Pouvoir antigène et immunogène

L'infection déclenche une réponse immunitaire à la fois cellulaire et humorale. La glycoprotéine G de membrane est la principale protéine impliquée dans la mise en place de la réponse immunitaire humorale. En effet, l'ectodomaine de la protéine G permet la liaison avec les récepteurs cellulaires neuronaux et, une fois le virus entré dans la cellule, elle permet également la fusion de membranes virales et des endosomes cellulaires. L'ectodomaine de la protéine G est également la cible principale des anticorps neutralisants, qui empêchent donc l'entrée du virus dans les cellules. Lors d'une infection, la mise en place de ces anticorps est néanmoins trop tardive pour permettre la destruction du virus qui a déjà entamé son ascension transneuronal, et la réponse cellulaire est également contrée par le virus grâce à des mécanismes limitant la survie des cellules T et l'inflammation du système nerveux central au fur et à mesure de l'infection (Albertini *et al.*, 2012; Haddad et Bourhy, 2015)

1.2. Pathogénie

La physiopathologie permet de mieux comprendre les étapes de l'installation de la maladie et conditionne une partie des mesures réglementaires.

Le virus se transmet *via* la salive des animaux enrégés et pénètre dans l'organisme par voie transcutanée en cas de contact de cette salive avec une peau déjà lésée (ex. du léchage), par griffure, ou par pénétration directe du virus dans l'organisme *via* une morsure. De façon plus anecdotique, il existe également chez l'homme quelques cas d'infection iatrogène par greffe de cornée) ou par aérosol (conditions de laboratoire).

Une fois que le virus a pénétré dans l'organisme, il y a une première multiplication du virus au niveau de la zone d'inoculation dans les cellules musculaires, plus ou moins importante selon la dose inoculée (Jackson, 2013).

La diffusion centripète commence alors, des muscles jusqu'au système nerveux central (transfert transneuronal rétrograde). Le virus emprunte principalement les nerfs moteurs. Il est majoritairement intracellulaire, et utilise les microtubules de la cellule pour remonter les axones jusqu'au corps cellulaire du neurone. La diffusion intercellulaire a lieu au niveau des synapses grâce à la présence de récepteurs nicotiques à l'acétylcholine sur le neurone post synaptique. D'autres récepteurs neuronaux sont également envisagés, comme les récepteurs NCAM (neural cell adhesion molecule). (Albertini *et al.*, 2012). L'ascension centripète du virus vers le système nerveux central définit la durée d'incubation, et dure entre 15 à 60 jours en moyenne chez le chien, 1 à 3 mois chez l'Homme (Haddad et Bourhy, 2015).

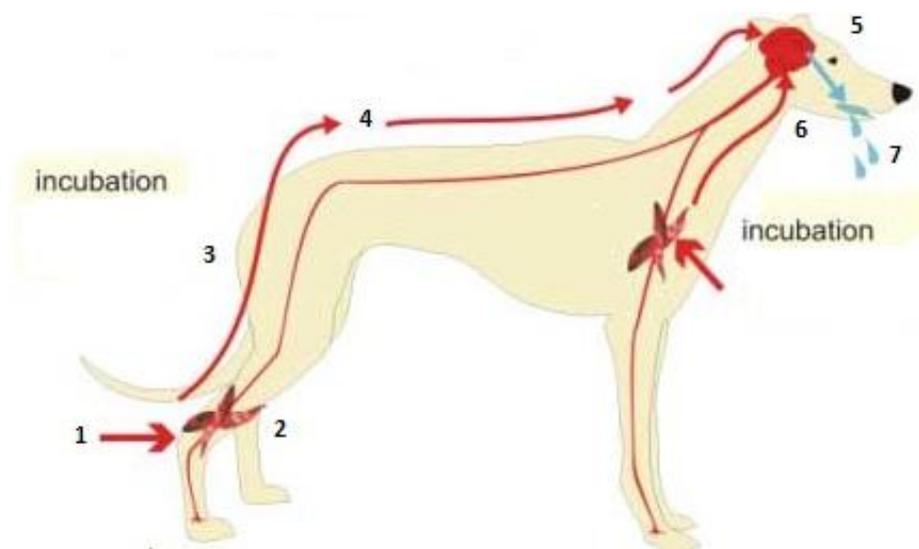
Il atteint ensuite la moelle épinière et se multiplie particulièrement dans les ganglions de la racine dorsale de la moelle épinière (*figure 3*) (Hemachudha *et al.*, 2013).

Le virus atteint à terme l'encéphale. On le retrouve particulièrement dans la corne d'Ammon (hippocampe), le tronc cérébral, le cortex cérébral et les cellules de Purkinje (cervelet). Le virus s'y multiplie intensément et provoque une encéphalite aiguë mortelle.

La diffusion centrifuge commence alors, *via* l'innervation sensorielle et autonome jusqu'aux différentes structures viscérales: les glandes salivaires, la peau, les yeux... Cette diffusion est antérograde (du corps cellulaire aux synapses) et est plus lente. (Hemachudha *et al.*, 2013). La présence du virus dans la salive, qui apparaît chez le chien jusqu'à 13 jours avant le début des signes cliniques, permet alors la contamination par morsure, griffure ou léchage.

Figure 4: Pathogénie de l'infection par le virus rabique

(d'après Decoster *et al.*, 2013)



Légende: 1: Inoculation par morsure; 2: multiplication locale plus ou moins intense du virus localement; 3: diffusion rétrograde par atteinte du système nerveux périphérique à partir des plaques motrices; 4: atteinte de la moelle épinière avec multiplication dans le ganglion de la racine dorsale; 5: Atteinte des structures encéphaliques; 6: diffusion antérograde vers les organes périphériques, dont les glandes salivaires; 7: excrétion virale

1.3. Signes cliniques et lésions

On se concentre ici sur les symptômes présentés par les animaux, et en particulier les chiens, infectés par la rage. En effet, il s'agit d'une maladie isosymptomatique: les signes cliniques étant semblables quelle que soit l'espèce touchée. L'hydrophobie est le seul signe clinique (hormis les signes dus aux différences anatomiques) présent chez l'homme, et sert souvent, dans certains pays, à initier la suspicion. Ce signe est cependant absent chez les autres espèces animales (Haddad et Bourhy, 2015).

1.3.1. Signes cliniques

La rage se caractérise par une longue période d'incubation (entre 15 et 60 jours en moyenne chez le chien avec des extrêmes allant de moins de 8 jours à plus d'un an) et une courte période d'évolution clinique (en moyenne 2 à 5 jours chez le chien). La maladie se

caractérise par une encéphalite aigüe évoluant toujours vers la mort une fois les premiers symptômes déclarés (hormis de rares exceptions). Les symptômes sont polymorphiques. On peut distinguer deux formes cliniques extrêmes de la maladie: une forme dite "furieuse" (ou encore "classique"), et une forme paralytique. Cependant, le plus souvent, les symptômes présentés sont intermédiaires. Les signes neurologiques sont les plus dominants, mais le début de la phase clinique de la maladie peut révéler des symptômes généraux, tels que des troubles de l'appétit ou de l'hyperthermie (Jackson, 2013).

1.3.1.1. Signes moteurs

Ils se manifestent le plus souvent par une parésie évoluant vers une paralysie ascendante, débutant dans la région de l'arrière train de l'animal, ou encore dans la région des masséters, expliquant des défauts de déglutition et les écoulements de salive visibles. Des tremblements, de l'ataxie suite aux difficultés motrices et de locomotion peuvent également être observés. Une paralysie faciale ainsi qu'une paralysie des cordes vocales conduisant à une modification de l'aboïement ou des miaulements peuvent aussi être observés.

Le système nerveux autonome est également touché, avec une anisocorie, ou encore une proci-dence de la membrane nictitante.

A terme, des crises convulsives avec du pédalage peuvent également être présentes.

Ces signes apparaissent plus ou moins précocement selon les cas: ils apparaîtront plus tardivement lors d'une forme furieuse (qui se termine généralement par une paralysie) que lors d'une forme paralytique (Jackson, 2013).

1.3.1.2. Signes sensoriels

Ce sont souvent les premiers à apparaître, d'abord aux alentours du site d'inoculation (même si la blessure peut cicatriser entre l'inoculation et le début des symptômes. Il s'agit souvent d'une douleur, d'une irritation, accompagnées d'une paresthésie. Un prurit parfois démentiel responsable de lésions importantes est éventuellement observé chez le chien. De l'hyperesthésie et de l'hypoesthésie peuvent être présents chez le même animal à des endroits différents (Haddad et Bourhy, 2015)

D'une manière générale, les signes sensoriels sont davantage visibles dans une forme furieuse que dans une forme paralytique.

1.3.1.3. Signes comportementaux

Les modifications comportementales sont des signes observables précocement dans l'évolution de la maladie. Ce sont les signes les plus variables, il s'agit de l'apparition d'un comportement inhabituel. L'animal passe par des phases d'excitation et d'agitation, alternant avec des périodes de léthargie. Un animal habituellement indépendant sera davantage demandeur d'attention, ou au contraire, un animal souvent affectueux aura tendance à s'isoler de plus en plus, ou à présenter des épisodes imprévisibles d'agressivité envers les humains, les autres animaux, les objets, dans le vide ou encore sur lui-même (automutilations possibles). Des stimuli souvent simples et courants, tels que des courants d'air, une caresse ou une lumière suffiront à produire ces réactions anormales. Ces modifications comportementales conduisent à une augmentation de la probabilité de morsure, et donc de transmission du virus excrété dans la salive de l'animal infecté. En fin

d'évolution, et quelle que soit la forme clinique, encéphalitique ou paralytique, l'état de conscience de l'animal touché finit par être altéré. L'animal devient comateux jusqu'à sa mort (Jackson, 2013).

1.3.1.4. Symptômes chez l'Homme

Comme mentionné précédemment, les signes de la rage sont très semblables entre les espèces. La période d'incubation est souvent plus longue que chez les carnivores domestiques (entre 20 et 90 jours en moyenne). L'hydrophobie est l'élément le plus spécifique de la rage chez l'Homme, que ne connaissent apparemment pas les autres espèces. Elle est présente chez l'Homme dans 50 à 80% des cas. Elle se manifeste par des difficultés à avaler, avec des contractions spastiques des muscles inspiratoires, des muscles scalènes et sterno cléido mastoïdien. Ces contractions durent quelques secondes et peuvent provoquer vomissements, toux, et fausse déglutition. Elles peuvent, dans certains cas sévères sans traitement médical, conduire à la mort par arrêt cardio-respiratoire. Un conditionnement, avec une apparition des contractions à la vue ou au son de l'eau, ont également été rapportées.

La forme paralytique pure (ou y ressemblant) est plus rare chez l'Homme, et ne représente qu'environ 20% des cas. La durée d'évolution clinique est souvent plus longue, mais dépend, comme pour la forme assimilée à la forme furieuse (et comportant plutôt, chez l'Homme, de l'agitation et de l'angoisse à mesure que vient la conscience de la maladie), des soins apportés et des traitements mis en place.

L'évolution clinique avec modification de la conscience et coma est identique à celle des animaux domestiques.

La pathogénie expliquant le développement d'une forme encéphalitique ou paralytique est encore peu connue, mais des différences dans la rapidité d'installation de la réponse immunitaire sont soupçonnées (Jackson, 2013)

1.3.2. Lésions

Les lésions macroscopiques visibles d'un animal mort de rage sont souvent non spécifiques. Il s'agit principalement de plaies causées par le prurit démentiel, ou de corps étrangers dans l'estomac en raison des modifications comportementales.

Les lésions microscopiques sont principalement non spécifiques: il s'agit d'encéphalomyélite virale avec des lésions périvasculaires (formation de manchons périvasculaires par afflux de cellules inflammatoires mononucléées, principalement des histiocytes et des lymphocytes, au niveau des gaines de Virchow-Robin). On peut observer aussi des lésions cellulaires avec gliose (accumulation de cellules de la névrogliose) et neuronophagie (Toma *et al.*, 2012)

La rage est également caractérisée par des lésions microscopiques spécifiques, les corps de Negri (figure 4). Il s'agit de corps d'inclusion intracytoplasmiques acidophiles qui possèdent des granulations basophiles (corpuscules de Volpino). Ces inclusions sont spécifiques de la rage mais ne sont présentes que dans 70-80% des cas (Jackson, 2013). Ils ont une forme arrondie, et correspondent aux lieux de réplication du virus rabique, et sont composés principalement de nucléoprotéines virales N (Fontaine, 2014).

On les trouve principalement au niveau de la corne d'Ammon (hippocampe), des cellules de Purkinje du cervelet ou des cellules pyramidales de l'écorce cérébrale. Ils servaient

auparavant au diagnostic histologique de la rage, avant que la recherche des corps de Negri ne soit remplacée au profit de techniques plus sensibles (Meslin *et al.*, 1996).

Figure 5: Corps de Negri visible au microscope optique (flèche rouge)

(Source: Fontaine, 2014)



Ils se composent principalement de nucléoprotéines N virales, et correspondent aux sites de réplication virale.

1.4. Epidémiologie

1.4.1. Espèces touchées

L'espèce canine représente la principale source de contamination de la rage pour l'homme dans le monde (plus de 98%). Elle en est aussi un réservoir dynamique, car le cycle de maintien du virus s'effectue naturellement de chien à chien dans les pays touchés par le virus, avec des hôtes accidentels possibles (autres animaux domestiques, homme). La contamination d'un individu à l'autre est facilitée par le changement de comportement que provoque la maladie.

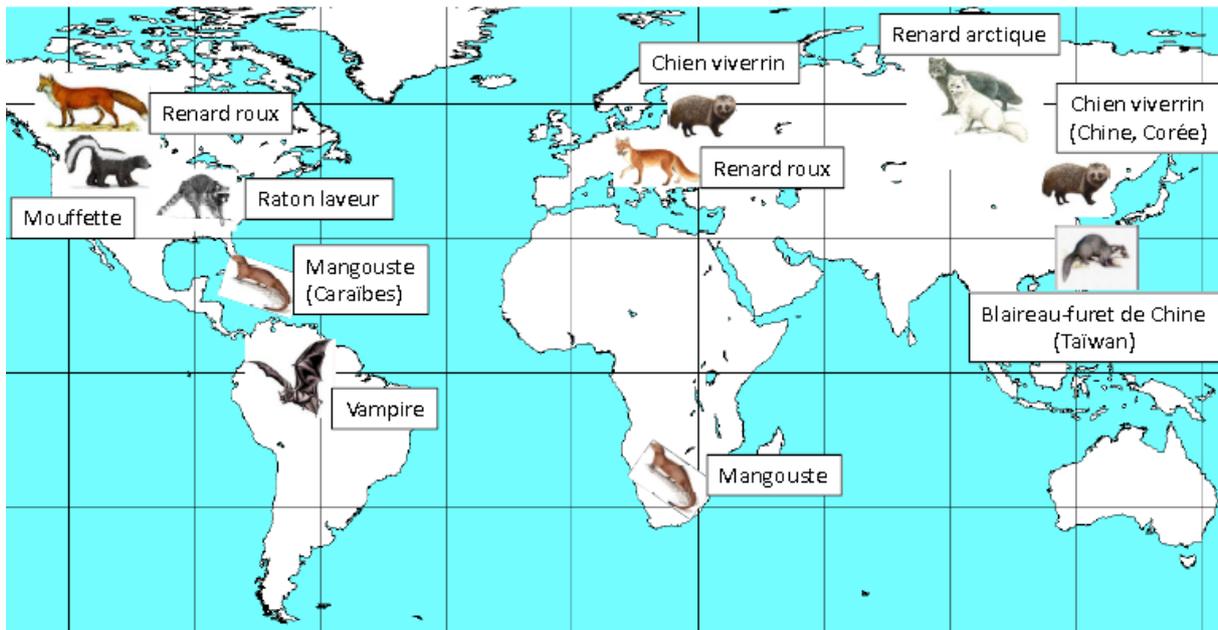
La rage canine, sa répartition, ses implications pour l'Homme et les méthodes de lutte seront développées plus tard dans cette étude.

Les autres animaux domestiques représentent souvent des hôtes accidentels de la rage. Ils peuvent constituer des sources de contamination pour l'homme de façon occasionnelle, mais ne sont pas des espèces réservoirs.

La rage peut toucher tous les mammifères, mais seulement certaines espèces de l'Ordre des *Carnivora* constituent un réservoir, comme le montre la figure 5.

Figure 6: Principales espèces réservoirs du virus rabique parmi les espèces de mammifères sauvages non volants.

(Source: Haddad et Bourhy, 2015)



Parmi ces espèces, le renard roux (*Vulpes vulpes*) et le chien viverrin (*Nyctereutes procyonoides*) sont les deux espèces sauvages réservoirs les plus fréquentes, en particulier dans les pays d'Europe et d'Asie ayant éradiqué la rage canine.

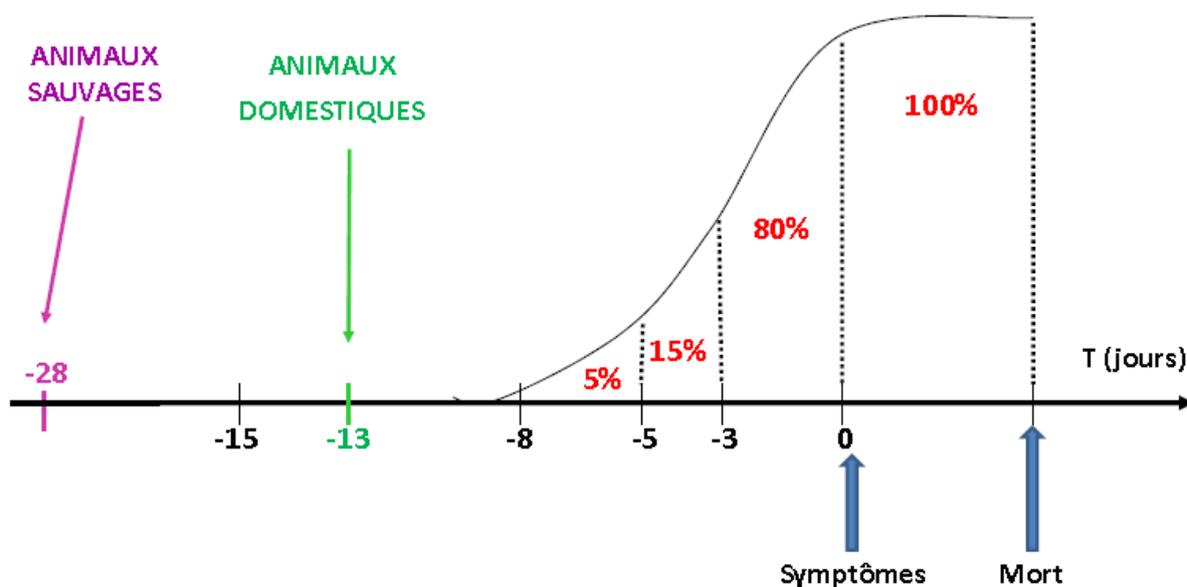
Les chiroptères sont également fréquemment réservoirs du virus rabique RABV, ainsi que d'autres *Lyssavirus*. Ainsi, certaines espèces de chiroptères hématophages et insectivores constituent un réservoir important de virus rabique (variant desmodin de RABV) dans le Nouveau Monde, particulièrement le vampire commun *Desmodus rotundus* en Amérique latine, et la grande chauve-souris brune *Eptesicus fuscus* aux Etats Unis d'Amérique. Dans ces cas, le chien et l'Homme peuvent alors être occasionnellement contaminés, mais il s'agit d'hôtes accidentels.

1.4.2. Matières virulentes

La principale matière virulente importante pour la contamination par le virus rabique d'un individu à l'autre est la salive. Le virus parvient dans la salive lors de la diffusion centrifuge du virus, *via* les nerfs, et s'y multiplie. L'excrétion virale est maximale dès l'apparition des signes cliniques, mais a lieu également avant leur apparition (figure 6): cette excrétion pré-symptomatique est donc une source de contamination très insidieuse et conditionne la conduite à tenir face à un animal mordeur ou griffeur (cf. infra).

Figure 7: Excrétion pré-symptomatique du virus rabique

(Source: Haddad et Bourhy, 2015)



Il existe d'autres matières virulentes:

- Tissus renfermant le virus: système nerveux, sang et autres organes (surrénales, foie, rein)
- Substances permettant l'excrétion du virus: lait, urines, selles.

Cependant, ces matières ont une importance épidémiologique moindre car elles sont très rarement à l'origine de contamination d'un individu à l'autre (Toma *et al.*, 2012)

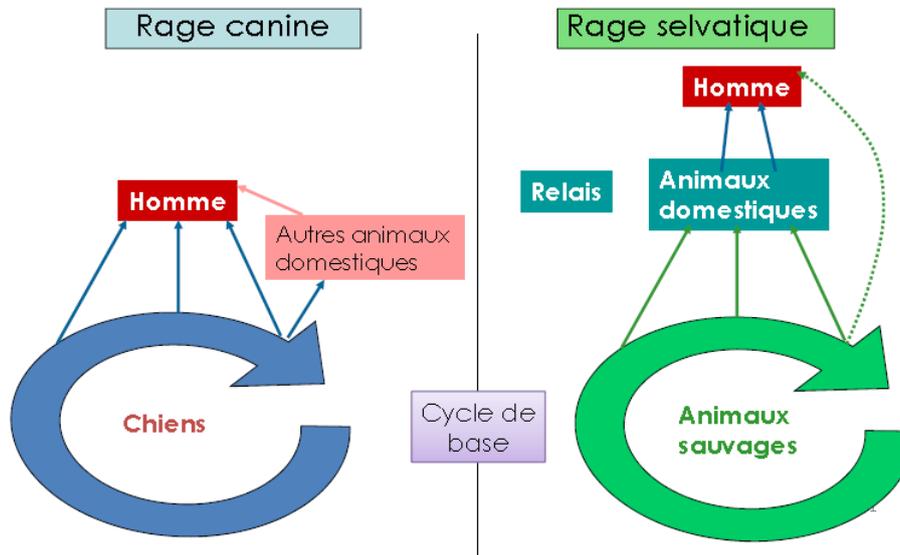
1.4.3. Cycles épidémiologiques

On considère donc deux cycles épidémiologiques de la rage (figure 7):

- le cycle de la rage canine, sur lequel portera cette étude, où le chien est le réservoir
- le cycle de la rage selvatique, lorsque le réservoir est un carnivore sauvage ou un chiroptère. Dans ce cas, le chien peut alors être contaminé par contact avec un animal sauvage atteint, et transmettre le virus de la rage à l'Homme par la suite, mais il s'agit d'épiphénomènes.

Figure 8: Cycles épidémiologiques classiques de la rage

(Source: Haddad et Bourhy 2015)



1.5. Démarche clinique et diagnostique

1.5.1. Importance de l'anamnèse et diagnostic différentiel

Dans le cadre d'un animal suspect de rage, l'anamnèse est une étape capitale pour étayer la suspicion.

Différents éléments sont à prendre en compte:

- L'animal a-t'il séjourné dans une zone d'enzootie dans les mois qui précèdent,
- Si oui, l'animal était-il sous surveillance, a-t'il été mordu, léché, ou a eu des contacts avec des animaux inconnus ou errants,
- L'animal a-t'il été possiblement en contact avec de la faune sauvage dans les mois qui ont précédé,
- S'il s'agit d'un animal provenant d'une zone d'enzootie, son origine exacte (et son mode de vie, en particulier les contacts avec d'autres animaux) est -elle connue?
- Le statut vaccinal (et sérologique) de l'animal suspect: est -il en règle avec la réglementation?

Chez le chien, il est difficile de différencier la rage d'autres maladies provoquant des encéphalites aiguës, principalement la maladie de Carré (en particulier pour les chiens errants et divagants non vaccinés dans les pays en développement, cette maladie est très présente), la maladie d'Aujeszky (il faut alors s'intéresser à un éventuel contact avec des sangliers, et à d'autres éléments épidémiologiques). On peut également penser au tétanos,

mais l'évolution en crise permet une distinction aisée. Le diagnostic est plus difficile quand la paralysie est majeure: on peut penser à des affections de la mâchoire inférieure qui l'empêchent de déglutir et provoquent de la salivation (corps étranger dans les voies hautes par exemple), ou encore à des causes traumatiques, à des intoxications (métaldéhyde), ou au botulisme (Toma *et al.*, 2012).

Le diagnostic différentiel est également important à faire chez l'Homme en raison du polymorphisme de la maladie et des confusions possibles conduisant à des erreurs diagnostiques. Il est possible de rencontrer des cas de psychose où les patients montrent des symptômes similaires à la rage par stress psychologique, naissant des angoisses du patient, et souvent plus éloigné de la réalité scientifique. La "période d'incubation" est souvent plus courte (quelques heures à quelques jours), le patient ne communique plus très précocement dans l'évolution de la maladie, et présente des spasmes atypiques. Le patient tente parfois de mordre (ce comportement est rare chez l'homme dans les véritables cas de rage), refuse d'avaler l'eau, montre un comportement agressif envers les personnels soignant. Des guérisseurs locaux dans certaines régions endémiques gagnent la réputation de savoir soigner la rage, en traitant des cas de psychose

La forme encéphalitique peut être confondue avec d'autres maladies virales, comme l'encéphalite à virus herpétique B qui est transmissible par les morsures de singe. La rage a également été parfois confondue avec la maladie de Creutzfeld-Jakob. Le tétanos conduit parfois à des confusions, malgré une présentation clinique (rigidité musculaire permanente...) et un pronostic différents. L'encéphalomyélite post vaccinale doit également être envisagée, en particulier dans les pays où les vaccins dérivés de tissus nerveux sont encore utilisés. La poliomyélite, le syndrome de Guillain Barré et le botulisme sont fréquemment confondus avec la forme paralytique de la rage (Jackson, 2013).

1.5.2. Diagnostic de laboratoire

1.5.2.1. Prélèvements et laboratoires

1.5.2.1.1. Analyse de prélèvements animaux

Le diagnostic de la rage basé sur des techniques de laboratoire est possible *ante-* et *post-mortem*.

Chez les animaux, le diagnostic est souvent exclusivement réalisé *post mortem*.

Il concerne (selon les conditions réglementaires françaises):

- des animaux suspects cliniques de rage, ayant mordu (ou griffé) un humain et/ou un animal (ou non), morts ou après euthanasie dans des conditions réglementaires précises (cf infra).
- Des animaux mordeurs ou griffeurs, morts ou après euthanasie dans des conditions réglementaires précises
- Des animaux introduits illégalement en France, morts ou euthanasiés selon les conditions réglementaires précises.

Ces animaux sont prélevés, *post mortem*, pour analyse. Il s'agit principalement de matière cérébrale: la tête ou le corps entier sont envoyés à des laboratoires agréés dans des conditions spécifiques.

La tête est coupée par le vétérinaire sanitaire ou dans un laboratoire vétérinaire agréé (en France, il s'agit des laboratoires vétérinaires départementaux agréés) puis transportés jusqu'au laboratoire de référence dans des contenants spécifiques (en France, contenant de classe 6.2 des matières dangereuses de risque 3) (Haddad et Bourhy, 2015). Les conditions de transport sont aussi capitales pour rendre possible les analyses. La conservation des prélèvements de tissu cérébral est recommandée à 4°C maximum (pendant 6 heures). En cas de transport plus long, une conservation à -20°C est recommandée (Dacheux *et al.*, 2010). Les deux laboratoires en France pouvant procéder aux tests diagnostiques sur des animaux sont:

- Le Centre national de référence (CNR) de la rage situé à l'Institut Pasteur à Paris, pour les prélèvements des animaux susceptibles d'avoir contaminé un humain;
- Le laboratoire d'études sur la rage et de pathologie des animaux sauvages de Nancy pour tous les autres prélèvements animaux. (Haddad et Bourhy, 2015)

1.5.2.1.2. Analyse de prélèvements humains

Chez l'Homme, le diagnostic est possible *intra-vitam* et *post-mortem*.

Le diagnostic *intra vitam* chez l'Homme se pratique grâce à des prélèvements de salive (pour une meilleure sensibilité, trois prélèvements consécutifs à 3 à 6 heures d'intervalle), ou des biopsies de peau (souvent à la nuque), de liquide céphalo-rachidien, ou de sérum. Ces prélèvements doivent être conservés pendant leur transport à -20°C.

Le diagnostic *post-mortem* est basé sur la matière cérébrale, comme pour les animaux, mais en cas d'impossibilité (souvent refus de prélèvements par les proches), l'analyse sur biopsie de peau reste envisageable.

En France, le laboratoire de référence l'analyse des prélèvements humains est le CNR de la rage de l'Institut Pasteur de Paris (Haddad et Bourhy, 2015)

1.5.2.2. Techniques diagnostiques

1.5.2.2.1. Technique de référence: le test d'immunofluorescence directe(IFD)

Cette technique est celle recommandée par l'OMS comme technique de référence pour le diagnostic de la rage et est largement utilisée dans les laboratoires du monde entier (Office International des Epizooties, 2013)

Elle est basée sur la lecture microscopique, sous lumière ultraviolet, de frottis, de calques ou de sections d'encéphale ou de tissu nerveux à l'aide d'un anticorps antinucléocapside préalablement fixé par de l'isothiocyanate de fluorescéine (figure 8). Cela permet donc la mise en évidence directe des antigènes N de la nucléocapside.

Figure 9: Observation au microscope d'un résultat positif en IFD

(Source : CDC - Diagnosis , s. d.)



Légende: cercle rouge: marquage fluorescent par l'anticorps antinucléocapside

Cette technique montre une bonne sensibilité, une bonne spécificité, et a un coût limité. Elle est aussi relativement rapide (jusqu'à 3 à 4 heures). Elle requiert cependant une bonne formation du personnel (le diagnostic par un personnel non formé ou habitué à la technique conduit à des faux négatifs dans 10 à 20% des cas) et un contrôle de la spécificité du sérum utilisé, pour éviter l'obtention de résultats faussement positifs. L'utilisation d'un échantillon adéquat et de bonne qualité est recommandée : on préconise l'observation d'une section des cornes d'Ammon (Meslin *et al.*, 1996)

Cette technique peut être utilisée seule ou en complément de tests d'inoculation ou de mise en évidence du virus sur culture cellulaire. Elle peut être utilisée sur une grande variété d'échantillons (specimens conservés dans du glycérol ou une solution de formaline) si des étapes de lavage préalables sont respectées (Office International des Epizooties, 2013) Cette technique peut être également utilisée pour un diagnostic *intra vitam*, mais montre une sensibilité très variable selon la qualité des échantillons utilisés (Meslin *et al.*, 1996)

1.5.2.2.2. Détection du virus après inoculation à des cellules de neuroblastomes de souris

Les cellules utilisées sont souvent des neuroblastomes de souris. Les résultats sont plus tardifs (18 à 24h), mais très fiables. La révélation de la présence du virus se fait par immunofluorescence directe. L'examen peut être réalisé une deuxième fois en aveugle, en cas de résultat négatif (Office International des Epizooties, 2013; Haddad et Bourhy, 2015) L'inoculation sur culture cellulaire devra de plus en plus remplacer l'inoculation intracérébrale sur souris (Office International des Epizooties, 2013)

1.5.2.2.3. Nouvelles perspectives de terrain:

- Test d'immunodiagnostic rapide ou Rapid Immunodiagnostic Test (RIDT)

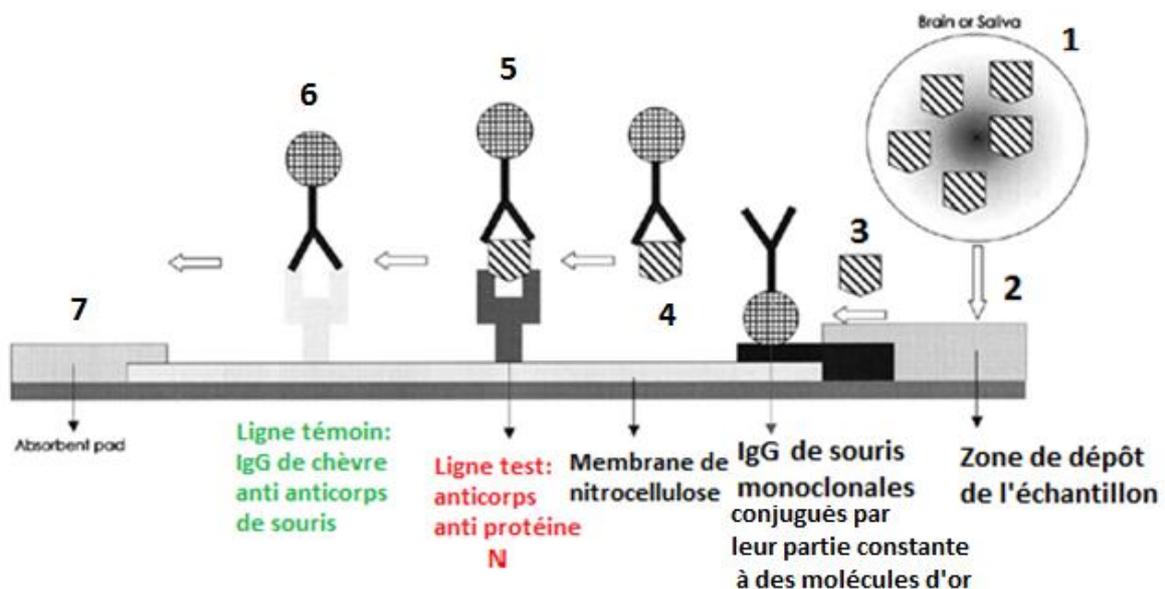
Dans le cadre de cette étude, il semblait intéressant de mentionner l'intérêt que porte l'OIE, comme indiqué dans son "Manuel des Tests diagnostiques et des vaccins pour les Animaux Terrestres", à une nouvelle technique publiée en 2007 par Kang *et al.* appelée test d'immunodiagnostic rapide.

Cette technique est basée sur de l'immunochromatographie. La mise en œuvre du test se déroule ainsi (figure 9):

- 1) On utilise le prélèvement de salive ou un échantillon d'encéphale prélevé sur un animal suspect
- 2) On dépose cet échantillon contenant potentiellement du virus rabique sur la zone de dépôt de la bande test (cf. figure 9).
- 3) L'échantillon avec le virus migre sur la zone de dépôt jusqu'à une zone où se trouvent des anticorps de souris de classe IgG spécifiques du virus rabique qui, par leur partie constante, sont conjugués à des molécules d'or.
- 4) Le complexe immun (anticorps de souris marqués par les particules d'or-virus rabique) migre sur la membrane de nitrocellulose
- 5) Si le virus est présent dans l'échantillon, il sera alors fixé par la ligne test constituée d'anticorps de souris de classe IgG dirigés contre la protéine N, et on verra macroscopiquement une ligne colorée (du fait de la capture des particules d'or liées sous forme de complexe immun) au niveau de la lettre T de la bande test (figure 10, partie basse).
- 6) L'excédent d'IgG de souris anti-virus rabique conjuguées aux particules d'or va se fixer aux anticorps de la ligne témoin, composés d'IgG de chèvre dirigées contre les anticorps de souris de classe IgG. C'est la ligne témoin dont la présence conditionnera la validité du test.
- 7) L'excédent est absorbé par un papier de cellulose à la fin de la bande test (Kang *et al.*, 2007).

Figure 10: Diagramme de la bande test RIDT pour la détection du virus rabique

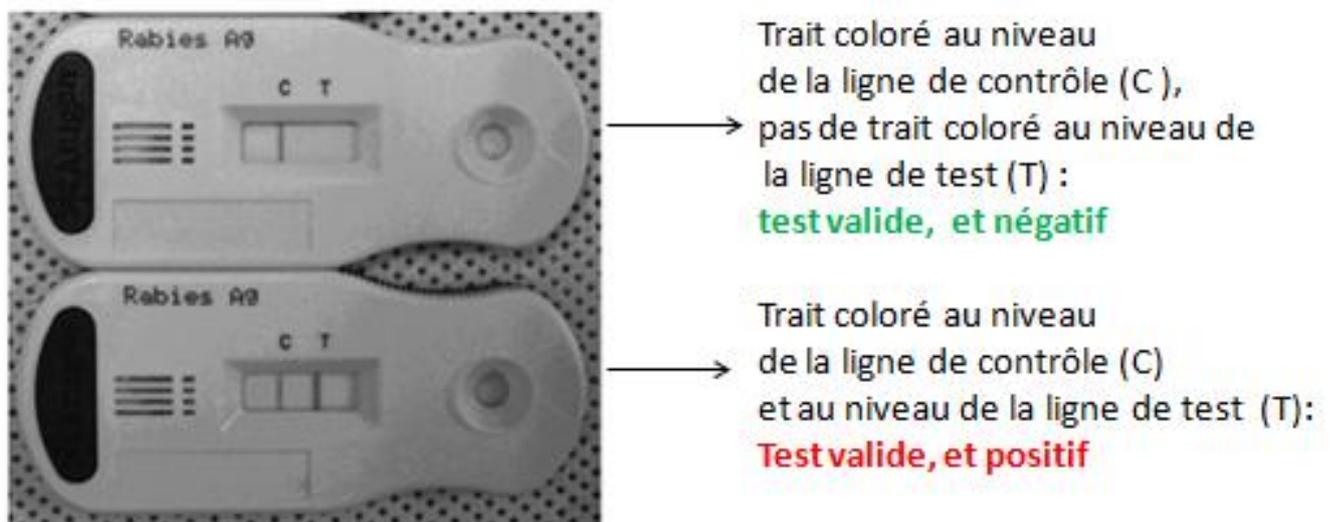
(Source: Kang *et al.*, 2007)



La comparaison du test RIDT par rapport au test de référence d'IFD (« gold standard ») montre une sensibilité de 91.7% et une spécificité de 100% (Kang *et al.*, 2007) Cette technique n'a donc pas pour objectif de remplacer l'IFD. Cependant sa présentation (figure 10), sa rapidité (10 minutes) et sa simplicité de mise en œuvre sur le terrain par l'utilisation d'échantillons directement prélevés (lors d'utilisation de salive) a conduit l'OMS à recommander cette technique en tant que test rapide de terrain *intra-vitam* avec des moyens économiques et diagnostiques très limités. Il n'est cependant pas encore considéré comme suffisamment fiable pour fournir un diagnostic de certitude en première intention, mais peut être très utile dans certaines circonstances sur le terrain en cas de moyens limités. (Office International des Epizooties, 2013)

Figure 11: Présentation de la bande test servant au RIDT et de la lecture du résultat

(Source: Kang *et al.*, 2007)



- RT PCR

D'autres techniques *intra vitam* ont également été développées pour le diagnostic de la rage chez l'Homme. Les techniques de RT-PCR se sont développées, en particulier celles utilisant des séquences très conservées au sein du genre des *Lyssavirus*. Elles permettent le diagnostic de la rage à partir de prélèvements de salive, d'urine, ou de peau. Ces analyses montrent une très bonne sensibilité (supérieure à 98%), en particulier à partir de peau ou de plusieurs prélèvements de salive consécutifs (sensibilité alors proche de 100%), même en début d'évolution clinique.

Il s'agit de techniques particulièrement utiles pour le diagnostic de la rage humaine *intra vitam* dans les pays en voie de développement, qui permettent également de faciliter et d'améliorer la surveillance dans les pays où l'incidence est supposée élevée, mais où ces estimations sont faites jusqu'à présent grâce à des modèles mathématiques extrapolés (Dacheux *et al.*, 2010)

- Techniques ELISA

Des techniques ELISA rapides, peu chères, fiables et sûres ont également été développées et peuvent être utilisées dans des pays en voie de développement.

Il s'agit d'une technique rapide, nommée WELYSSA, utilisée pour le diagnostic *post-mortem* par détection des antigènes, qui a fait ses preuves dans plusieurs pays. L'OIE recommande cependant encore l'utilisation en complément des techniques de référence en cas de risque de contamination humaine, lorsque le diagnostic porte sur un cas de suspicion chez un animal mordeur (Dacheux *et al*, 2010, Office International des Epizooties, 2013).

2. Mesures réglementaires de lutte contre la rage canine en place en France

2.1. Mesures médicales

2.1.1. Vaccination et évaluation de la protection vaccinale

2.1.1.1. Chez l'animal

2.1.1.1.1. Types de vaccins utilisés

- Vaccination parentérale

On distingue trois principaux types de vaccins susceptibles d'être utilisés chez les carnivores:

- Vaccins à virus vivant atténué, administrés par voie intramusculaire: ils ne sont plus recommandés par l'OMS mais sont encore utilisés dans certains pays étrangers, hors de l'Union Européenne. Ils sont produits à partir de souches modifiées par passage sur œuf embryonné (par exemple, la souche Flury), ou encore produits sur culture cellulaire (souche ERA). Ils peuvent provoquer l'apparition d'une rage post vaccinale mortelle chez les animaux domestiques (Expert Consultation on Rabies et World Health Organisation, 2013).
- Vaccins à virus inactivés, sur culture cellulaire: ce sont les plus recommandés, et les plus utilisés à travers le monde (y compris en France). Ils sont produits sur culture cellulaire, puis inactivés par différentes méthodes, comme les ultraviolets ou la beta propiolactone. Un adjuvant est également utilisé (le plus souvent de l'hydroxyde d'aluminium).
- Vaccins à virus inactivés, produits à base de système nerveux d'agneaux ou de souris: utilisés dans certains programmes de vaccination de masse en Afrique du Nord, en Asie et dans certains pays d'Amérique latine. Ils peuvent provoquer des réactions vaccinales indésirables importantes et l'OMS recommande à l'avenir l'utilisation de vaccins à virus inactivés sur culture cellulaire, aussi peu chers, mais plus sûrs et standardisés (Organisation Mondiale de la Santé, 2010).

- Vaccination orale

Les vaccins administrables par voie orale sont souvent des vaccins à virus vivant atténué, produit sur culture cellulaire. Certains de ces vaccins (souche SAG2) ont fait l'objet d'essais

sur des chiens errants en Inde, sans effet secondaire. Il s'agit également d'une des souches qui a été servi à produire un vaccin utilisé en France pour la vaccination antirabique des renards. La souche SAG2 est une souche génétiquement stable dérivée de la souche SAD-Berne et qui possède une double mutation nucléotidique sur le gène codant pour la glycoprotéine G, sélectionnée par deux anticorps monoclonaux différents. De ce fait, non seulement cette souche est avirulente mais tout risque de réversion vers un phénotype virulent est neutralisé avec certitude (Orciari *et al.*, 2001).

D'autres vaccins administrables par voie orale largement utilisés sont les vaccins à virus vivants recombinants du virus de la vaccine et de la rage. Le gène codant pour la glycoprotéine G a été cloné et inséré dans le génome du virus de la vaccine. Plusieurs millions de doses de ce vaccin ont été distribuées à l'international pour le contrôle de la rage dans la faune sauvage (rage vulpine en France, Belgique, Luxembourg, Ukraine) et de la rage canine (Sri Lanka). (« WHO | Rabies », s. d.)

2.1.1.1.2. Protocoles et modalités de vaccination

On considérera ici l'usage exclusif de vaccins à virus inactivé, recommandés par l'OMS. La vaccination est indiquée pour tous les animaux sensibles au virus rabique, qui vivent en zone d'enzootie, en région menacée (par la rage canine ou selvatique) ou qui vont voyager. Par exemple, la rage des chauves-souris hématophages étant difficile voire impossible à contrôler, la vaccination des animaux domestiques est obligatoire dans les pays concernés, comme en Guyane. La vaccination antirabique est également obligatoire en France métropolitaine pour les chiens de 1ère et de 2ème catégorie (Toma *et al.*, 2012)

En France métropolitaine, la vaccination antirabique (avec identification et passeport) est obligatoire pour que l'animal puisse franchir les frontières. Les durées de validité du vaccin dépendent de l'autorisation de mise sur le marché (AMM) de chaque vaccin. Il est d'un an en France pour tous les vaccins hormis le vaccin Vanguard (2 ans après le premier rappel à 1 an). La primovaccination ne comprend qu'une injection s'il s'agit de vaccins adjuvés (les plus fréquemment employés).

2.1.1.2. Chez l'Homme

2.1.1.2.1. Vaccins à usage humain

Les vaccins à usage humain dans le monde sont presque exclusivement des vaccins à virus inactivés produits sur culture cellulaire. Les vaccins produits à partir de tissus nerveux sont toujours utilisés dans certains pays, bien que l'arrêt de leur administration soit vivement recommandé par les institutions internationales, en raison de leurs effets néfastes fréquents et graves, et de leur faible immunogénicité (Fooks *et al.*, 2014).

2.1.1.2.2. Protocoles et modalités de vaccination

Les recommandations des institutions internationales indiquent que la prophylaxie pré exposition (PrEP) devrait être administrée à toute personne présentant un risque augmenté de contamination par le virus rabique. Cela concerne donc le personnel des laboratoires de recherche et de diagnostic de la rage, les vétérinaires, le personnel chargé du contrôle des

populations animales (dont les chiens errants), et des individus dont le métier ou les occupations augmentent les risques d'exposition à la maladie.

La PrEP est aussi recommandée pour les habitants ou des voyageurs dans des zones où les traitements antirabiques sont difficiles d'accès, en particulier en Asie et en Afrique dans les zones où les centres médicaux sont rares, et où la rage canine est enzootique. L'information des voyageurs quant au risque est donc capitale dans la lutte contre la rage. La PrEP permettrait alors de protéger les populations à risque (voyageurs, communautés rurales isolées), n'ayant pas d'accès immédiat à la prophylaxie post-exposition en cas de morsure. (« WHO | Rabies », s. d.). Cependant, en pratique, cette modalité de protection n'est quasiment pas utilisée pour cette indication.

Les protocoles de vaccination préventive sont recommandés par l'OMS dans le rapport d'experts de 2013.

Les vaccins utilisés doivent avoir une activité d'au moins 2.5 UI par dose, et sont à administrer dans le muscle deltoïde chez l'adulte ou la face antérolatérale de la cuisse chez le jeune enfant. La voie intradermique peut être privilégiée si les vaccins ne sont pas toujours disponibles, à condition de respecter le protocole et d'injecter au moins 0.1 mL. (Haddad *et al.*, 2013)

2.1.1.3. Evaluation de la protection vaccinale

Les tests sérologiques pour évaluer la protection vaccinale sont réalisés:

- pour évaluer la réaction à la vaccination chez les animaux domestiques avant à voyager vers une zone enzootique (cf. supra),
- pour évaluer la réponse à un programme de vaccination de la faune sauvage ou des populations canines errantes dans le cadre de la mise en place de mesures de lutte contre la rage au sein d'un réservoir,
- chez l'Homme, pour évaluer la protection vaccinale et/ou la nécessité d'un rappel pour les individus exposés de façon prolongée.

Les tests sérologiques mesurent le taux d'anticorps neutralisants et le titre doit être d'au moins 0.5 UI/L pour que la protection soit considérée efficace.

Les tests utilisés sont des tests de séroneutralisation, comme le Rapid Fluorescent Foci Inhibition Test (RFFIT) ou le Fluorescent Antibody Virus Neutralisation test (FAVN). Le principe de ces tests est d'utiliser le sérum à tester avec plusieurs dilutions pour neutraliser *in vitro* une quantité donnée de virus rabique, avant d'inoculer des cellules sensibles au virus rabique disposées dans plusieurs puits. Le titre sérique est la dilution pour laquelle le virus est neutralisé à 100% dans 50 % des puits (la présence du virus non neutralisé est détectée par immunofluorescence), et est ensuite exprimé en UI/ mL en le comparant au titre d'un sérum connu. .

Des tests ELISA ont également été développés pour mesurer la réponse humorale chez l'Homme. Ces tests présentent l'avantage de ne pas nécessiter de virus vivant, leur mise en œuvre est donc plus simple, et les résultats sont fiables (Office International des Epizooties, 2013).

2.1.2. Prophylaxie post exposition chez l'Homme

En cas d'exposition chez l'Homme, l'OMS a émis plusieurs recommandations concernant le traitement de la blessure puis le protocole qui peut comporter des rappels vaccinaux ainsi que l'injection d'immunoglobulines selon les cas (cf. infra).

Les immunoglobulines sont les agents de l'immunité passive. Il en existe trois types: l'immunoglobuline anti-rabique humaine (HRIG), l'immunoglobuline équine (ERIG), l'immunoglobuline hautement purifiée à partir de l'immunoglobuline équine. Des réactions adverses peuvent survenir (érythème local, prurit) mais leur utilisation est sûre, même dans les cas de morsures déjà infectées. Il faut dans ce cas retarder les sutures si possible, le temps de procéder à leur injection et de laisser quelques heures à leur diffusion (Fooks *et al*, 2014)

Le traitement post-exposition mis en place dépend de la catégorie de l'exposition selon le tableau 2. Ce traitement doit donc être mis en place dès que possible, sans contre-indication (âge, grossesse...), et suivre les recommandations de l'OMS, selon le statut du patient.

Tableau 2: Catégories d'exposition définies par l'OMS et traitement recommandé

(Source: Organisation Mondiale de la Santé, 2013 et Haddad et al., 2013)

Catégorie d'exposition	Type de contact avec un animal domestique suspect de rage, contaminé, ou ne pouvant être mis sous surveillance	Traitement recommandé
I	Toucher ou alimentation de l'animal, léchage sur peau intacte	Aucun
II	Mordillement de peau découverte, griffures mineures ou abrasions sans saignement	Vaccination immédiate, début du protocole, peut être retardé ou arrêté si l'animal est mis sous surveillance et en bonne santé 15 jours après les faits, ou tué et prouvé indemne par diagnostic de laboratoire
III	Morsure(s) unique ou multiples ayant pénétré la barrière cutanée, ou griffure ayant pénétré la barrière cutanée, contamination des muqueuses par de la salive (léchage)	Administer le vaccin et les immunoglobulines immédiatement. Arrêter le traitement si animal en bonne santé au bout de 10 jours ou diagnostic post mortem négatif

Les protocoles de vaccination post exposition recommandés sont détaillés dans le rapport d'experts de 2013 de l'OMS. Des allègements des protocoles, tant en terme de nombre d'injections que de voie d'administrations sont régulièrement considérés et testés par l'OMS (King et OIE - World Organisation for Animal Health, 2004) pour en améliorer la faisabilité économique et logistique dans les pays en voie de développement. Il est également important d'adapter le protocole à l'exposition au risque, pour éviter les pertes de temps pour le patient, diminuer ses propres frais de déplacement et de pertes de revenus, en particulier pour les communautés isolées, et diminuer les pertes économiques lorsque les traitements prophylactiques ne sont pas utilisés à bon escient. .

2.2. Mesures sanitaires

2.2.1. Catégorisation réglementaire des animaux vis-à-vis de la rage

La physiopathologie de la maladie (mode de contamination, durée d'excrétion pré symptomatique, durée d'incubation), présentée au chapitre 1.2., conditionne les catégories réglementaires utilisées pour évaluer le statut des animaux vis-à-vis de la rage.

Le tableau 3 regroupe les définitions de chaque catégorie réglementaire

Les mesures réglementaires applicables à chaque catégorie seront détaillées par la suite.

Tableau 3 : Définitions des catégories réglementaires des animaux en France vis-à-vis de la rage

(Sources: Haddad et Bourhy, 2015 et Toma et al., 2012)

<u>Catégorie</u>	<u>Définition</u>
<u>Enragé</u>	Animal pour lequel un diagnostic de rage a été établi par un laboratoire agréé par le ministère de la santé ou de l'Agriculture
<u>Suspect de rage</u>	Animal sensible qui présente des symptômes évoquant la rage et non susceptibles d'être rattachés de façon certaine à une autre maladie
<u>Mordeur/griffeur</u>	<ul style="list-style-type: none">- Animal ayant mordu ou griffé une personne dans une zone indemne- Animal vivant dans une zone non indemne ou provenant d'une zone non indemne depuis moins d'un an et ayant mordu ou griffé une personne ou un animal
<u>Suspect mordeur</u>	Animal ayant mordu ou griffé une personne sans raison apparente et contrairement à son comportement habituel
<u>Contaminé</u>	<ul style="list-style-type: none">- Animal sensible ayant été mordu ou griffé par un animal reconnu enragé- Carnivore ayant été en contact (vrai ou à forte probabilité) avec un animal reconnu enragé
<u>Eventuellement contaminé</u>	<ul style="list-style-type: none">- Animal ayant été mordu ou griffé par un animal suspect de rage- Carnivore ayant été en contact vrai ou supposé avec un animal suspect de rage- Animal sensible non carnivore ayant été en contact avec un animal reconnu enragé- Carnivore ayant pu (probabilité faible) être en contact avec un animal enragé

2.2.2. Contrôle de la circulation

2.2.2.1. Mesures à l'introduction et limitation des mouvements

Les mesures réglementaires à suivre pour les animaux voyageant à l'étranger dépendent du pays de destination et de son statut vis-à-vis de la rage.

Pour les pays de l'Union Européenne et les pays tiers indemnes de rage, un animal ne peut voyager que dans les conditions suivantes:

- s'il a au moins trois mois (afin de s'assurer de l'efficacité de l'immunisation active),
- s'il a été identifié avec une puce électronique avant la vaccination

- s'il est accompagné d'un document officiel (passeport ou certificat signé par un vétérinaire officiel si l'animal n'est pas né en Europe, mentionnant le descriptif de l'animal, son numéro d'identification, les coordonnées du propriétaire, les informations relatives à la vaccination telles que la date, la durée de validité, et titre en anticorps si nécessaire, et l'identité du vétérinaire)
- si la vaccination est en cours de validité (d'après l'AMM du pays concerné)

Pour les pays tiers non indemnes de rage, les conditions précédentes doivent être remplies, et l'animal doit également avoir subi un titrage des anticorps neutralisants au moins un mois après la vaccination, avec un titre en anticorps supérieur ou égal à 0.5 UI/MI. Cela permet de s'assurer que l'immunité acquise est efficace et que le pic de la réponse humorale a été atteint. L'animal ne doit voyager qu'au moins 3 mois après la prise de sang de titrage, afin de s'assurer qu'il s'agit bien d'anticorps produits post vaccination, et non post infection (Haddad et Bourhy, 2015).

Ces mesures ont pour but de contrôler les animaux entrant en France, selon leur date de provenance. En pratique cependant, il est très difficile de contrôler tous les voyageurs qui reviennent de l'étranger ou entrent en France, en particulier avec leur propre véhicule. La sensibilisation des voyageurs quant aux risques de l'introduction illégale de carnivores domestiques en France est donc une composante capitale de la lutte contre la rage.

En juin 2015, le ministère de l'agriculture a par exemple lancé une campagne de sensibilisation "Gare à la rage" (dont les affiches sont visibles en annexe I) visant à informer les voyageurs des risques à importer un animal de provenance inconnue ou à ne pas vacciner leur propre animal de compagnie dans un délai suffisant avant le départ. La campagne a également été renouvelée en juin 2016.

Ces campagnes sont d'autant plus importantes que les seuls cas de rage canine en France depuis 2001 sont des cas qui ont pour origine des animaux importés (ou ayant voyagé illégalement) de pays non indemnes, en particulier d'Afrique du Nord (Ministère de l'Agriculture, s. d.)

2.2.2.2. Gestion des introductions illégales

Etant donné la difficulté de contrôler effectivement tous les animaux entrant sur le territoire français, il était important de mettre en place des protocoles d'analyse de risque en cas d'identification par un vétérinaire d'un animal introduit illégalement sur le territoire. Les vétérinaires sont tenus d'informer la Direction Départementale de la (Cohésion Sociale) et de la Protection des Populations (DD(CS)PP) dès qu'ils notent un manquement aux dispositions réglementaires de lutte contre la rage.

Une analyse de risque doit alors être effectuée afin que la DD(CS)PP puisse prendre la décision la plus adaptée, c'est-à-dire:

- Le retour obligatoire dans le pays d'origine (mesure exceptionnelle)
- La mise sous surveillance de l'animal (mesure recommandée)
- L'euthanasie (dernier recours).

Différents éléments sont à prendre en compte pour l'analyse de risque:

- Pays de provenance de l'animal et efficacité de son système de surveillance: le risque sera plus élevé si il s'agit d'un pays à forte prévalence

- Lieu de vie de l'animal: les animaux en semi-errance avant leur recueil ou dont le cadre de vie était inconnu présenteront un risque plus élevé
- Date d'arrivée de l'animal en France: si l'animal est arrivé depuis plus de 6 mois, il y a moins de risques (la période d'incubation moyenne étant dépassée)
- Etat des vaccinations: un chien régulièrement vacciné auparavant présentera moins de risques d'être infecté
- Etat de la documentation accompagnant l'animal : l'absence de certificat vétérinaire ou de passeport, un tel document non correctement rempli ou comportant des anomalies fait augmenter le niveau de risque.

Cette analyse à partir de ces divers éléments permet à la DDPP de déterminer un niveau de risque, (quasi nul, faible ou élevé), et de décider de la mise sous surveillance, ou moins fréquemment du refoulement ou de l'euthanasie.

Par ailleurs, les mesures prises lors d'un échange intra communautaire sont différentes des mesures prises lors d'un échange avec un pays tiers.

Lorsque l'animal provient d'un pays appartenant à la communauté européenne, le principal élément pris en compte est le délai depuis son arrivée. En effet, un animal présent depuis plus de 6 mois sera alors seulement régularisé, car la période d'incubation maximale légale fixée par l'OIE est dépassée. L'animal sera donc identifié, vacciné, et un passeport sera rempli.

En revanche, si l'animal est arrivé sur le territoire depuis moins de 6 mois, les autres éléments de l'analyse de risque permettront de déterminer si le risque est faible ou élevé. Dans le premier cas, l'animal est le plus souvent mis sous surveillance, chez le propriétaire et vacciné. Si le risque est considéré élevé, alors l'animal est mis sous surveillance en fourrière (Toma *et al.*, 2012). Si l'animal vient d'un pays tiers, d'autres éléments sont à prendre en compte. Ils sont résumés dans le tableau 4.

Toute mise sous surveillance, quel que soit le lieu, est réglementée par la mise en place d'un arrêté préfectoral de mise sous surveillance (APMS).

Tableau 4: Gestion des non conformités après introduction des carnivores domestiques provenant d'un pays tiers

(Source: Toma et al., 2012)

Motif de la non conformité	Conclusion de l'analyse de risque	Conduite à tenir
Animal correctement identifié et vacciné		
Pas de titrage, titre <0.5UI/mL, ou réalisé moins de 30 jours après la vaccination	<i>Risque faible à quasi nul</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Titrage réalisé • Mise sous surveillance 3 mois chez le propriétaire • Vaccination (selon titrage)
Titre <0.5UI/mL, et réalisé plus de 30 jours après la vaccination	<i>Risque faible à quasi nul</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mise sous surveillance chez le propriétaire pendant 6 mois • Vaccination à l'issue des 6 mois

Titre >0.5UI/mL, mais introduit en France moins de 3 mois après la date de la prise de sang pour le titrage	<i>Risque faible à quasi nul</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mise sous surveillance chez le propriétaire
Autres cas		
Non identifié, non correctement vacciné, absence de documents officiels attestant la vaccination ou l'identification	<i>Risque élevé</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Identification, • Mise sous surveillance 6 mois en fourrière • Vaccination <li style="text-align: center;">ou • Euthanasie
	<i>Risque faible à quasi nul</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Identification • Mise sous surveillance 6 mois chez le propriétaire • Vaccination

2.2.2.3. Gestion des populations errantes ou divagantes

Afin de garder le statut indemne en France (et dans les autres pays de la communauté européenne), il est nécessaire de maintenir les mesures visant à assurer l'absence de populations errantes ou divagantes d'animaux domestiques.

Les définitions précises de ces termes selon l'acceptation qu'en donnent l'OMS et l'OIE seront précisées ultérieurement (cf. partie II, paragraphe 1.1.2.).

Quant au Code Rural français, il définit la notion de chien en état de divagation, et ce, comme *"tout chien qui, en dehors d'une action de chasse ou de la garde ou de la protection du troupeau, n'est plus sous la surveillance effective de son maître, se trouve hors de portée de voix de celui-ci ou de tout instrument sonore permettant son rappel, ou qui est éloigné de son propriétaire ou de la personne qui en est responsable d'une distance dépassant cent mètres. Tout chien abandonné, livré à son seul instinct, est en état de divagation, sauf s'il participait à une action de chasse et qu'il est démontré que son propriétaire ne s'est pas abstenu de tout entreprendre pour le retrouver et le récupérer, y compris après la fin de l'action de chasse."*

Il préconise des mesures de contrôle qui visent les animaux retrouvés errants : « Les animaux retrouvés errants sur le territoire d'une commune sont sous la responsabilité du maire, et doivent le cas échéant être conduits à la fourrière, où ils pourront être récupérés par leur propriétaire dans un délai de 8 jours ouvrés, qu'ils soient identifiés ou non dans un département indemne de rage. Une fois ce délai dépassé, l'animal est alors cédé à un refuge. Il est placé sous surveillance sanitaire pendant 3 mois et en cas d'adoption, les nouveaux propriétaires s'engagent à ne pas s'en dessaisir pendant 12 mois (Arrêté Ministériel du 23/09/1999). Dans un département infecté de rage, les propriétaires peuvent récupérer leurs animaux uniquement s'ils sont identifiés, et les animaux non identifiés ou non récupérés au bout de 8 jours sont euthanasiés ». (Code Rural).

Le maire peut ordonner la tenue en laisse et le musèlement des chiens sur sa commune.

En zone jusqu'alors indemne de rage (ce qui est actuellement le cas de l'ensemble du territoire français, sauf la Guyane), dès qu'un cas de rage sur un animal y ayant circulé est confirmé par un test diagnostique dans un laboratoire de référence, un arrêté Préfectoral de Déclaration d'Infection (APDI) est émis et conduit à la mise en place d'une zone de restriction dans laquelle la circulation des animaux domestiques sera limitée et la surveillance des animaux domestiques et sauvages sera intensifiée.

Les mesures spécifiques propres à la zone de restriction seront détaillées ultérieurement (section 2.2.4.1.).

La mise en place efficace de ces mesures conditionne le succès de la lutte contre la rage afin d'éviter l'éventuelle contamination d'autres carnivores, pour juguler le plus rapidement possible l'enzootie et limiter les risques. La longue période d'incubation et les modalités de contamination sont les éléments qui font de la rapidité d'action et de la collaboration interinstitutionnelle une étape clé de la lutte contre la rage. (Toma *et al.*, 2012)

2.2.3. Mesures à prendre face à un animal mordeur/griffeur ou suspect

Le territoire français est à ce jour indemne de rage des mammifères non volants. La surveillance repose donc sur la déclaration et la surveillance des animaux mordeurs ou griffeurs, donc présentant un risque pour l'Homme, et ceux dont la clinique peut être évocatrice. Le but est ici d'identifier toute source potentielle avant qu'elle ne contamine d'autres individus.

2.2.3.1. Conduite à tenir via un animal mordeur ou griffeur

2.2.3.1.1. Mise en œuvre de la procédure

Tout animal correspondant à la définition d'un animal mordeur ou griffeur (cf. tableau 5, chapitre 1.2.1.) doit être mis sous surveillance par un vétérinaire sanitaire.

La DD(CS)PP doit en être informée et il est interdit pour le propriétaire ou le détenteur de l'animal de s'en dessaisir ou de l'abattre sans l'accord de la DD(CS)PP. Il est également interdit de le vacciner contre la rage. Si le propriétaire est inconnu ou refuse la mise sous surveillance, l'autorité municipale peut faire placer l'animal en fourrière pour procéder à cette surveillance.

En revanche, si le chien est errant ou divagant, la surveillance ne peut être mise en place. Des mesures sont alors prises pour retrouver l'animal, mais aussi enquêter sur les potentiels animaux et personnes ayant pu être en contact avec l'animal mordeur. Des protocoles de prophylaxie post exposition peuvent alors être entamés chez les humains ayant pu être contaminés, selon le contexte épidémiologique, de façon préventive, puisque le diagnostic ne pourra peut être jamais être confirmé chez l'animal à l'origine de la potentielle contamination.

Pour un chien, la durée de la mise sous surveillance est de 15 jours (considérée comme la durée maximale d'excrétion pré symptomatique chez les carnivores domestiques, on

s'assure ainsi qu'aucune manifestation clinique n'apparaît, pour être certain que l'animal ne pouvait pas être excréteur au moment de la morsure ou de la griffure).

La surveillance sanitaire se compose de trois visites chez le même vétérinaire sanitaire.

La première visite doit avoir lieu au maximum 24 heures après la morsure, la deuxième visite au plus tard le septième jour après la morsure.

Pendant la première et la deuxième visite, le vétérinaire sanitaire examine l'animal. En l'absence de signes cliniques évoquant la rage, il établit un certificat provisoire à l'issue de chacune de ces visites attestant qu'au moment de la visite, l'animal ne présente aucun signe suspect de rage.

Lors de la troisième visite, 15 jours après la morsure, si le chien ne présente toujours pas de signes évocateurs de rage, le vétérinaire établit un certificat définitif attestant que l'animal en observation n'a présenté à aucun moment de celle-ci des signes cliniques pouvant évoquer la rage. (Toma *et al.*, 2012; Code Rural)

2.2.3.1.2. Destination des certificats

Les certificats doivent être conformes aux modèles définis par la loi et déposés par le ministère de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation (Code Rural) (certificats en annexe II). Ils sont édités sous forme de carnet avec numérotation, en 5 exemplaires

A l'issue de chaque visite, le vétérinaire remet deux des exemplaires au propriétaire ou au détenteur de l'animal. Il sera alors de la responsabilité du propriétaire d'en transmettre un exemplaire à la personne mordue (Le quatrième exemplaire est adressé par le vétérinaire sanitaire à la DD(CS)PP à l'issue de chacune des visites et fait office de déclaration, et le cinquième exemplaire est à conserver par le vétérinaire sanitaire pendant un an (Code rural).

2.2.3.1.3. Evènements particuliers survenant pendant la surveillance sanitaire

Pour effectuer un suivi de l'animal le plus efficacement possible, la réglementation prend en compte certaines situations pouvant compromettre le suivi ou la transmission des informations relatives à la surveillance.

- Si le propriétaire ou le détenteur de l'animal a obligation de se déplacer, les services vétérinaires peuvent autoriser la poursuite de la surveillance par un second vétérinaire sanitaire. Il faut pour cela en avoir informé la personne mordue ou griffée, les services vétérinaires du département d'accueil et le premier vétérinaire sanitaire consulté et informer la DDPP de l'identité et de l'adresse du vétérinaire qui assurera la/les autre(s) visite(s).
- Si l'animal tombe malade ou meurt : l'apparition d'un quelconque signe de maladie ou la mort de l'animal doit entraîner sa présentation immédiate au vétérinaire sanitaire chargé de sa surveillance. Son éventuelle disparition doit également être immédiatement signalée.
- Si l'animal présente des signes cliniques pouvant évoquer la rage, la surveillance chez le vétérinaire sanitaire doit immédiatement être mise en œuvre (cf. infra)
- La mort de l'animal pendant la surveillance, naturelle ou suite à l'euthanasie autorisée par les services vétérinaires, doit conduire à l'acheminement du cadavre

(ou de la tête) au à un laboratoire agréé pour le diagnostic de la rage en utilisant un conditionnement et un mode d'acheminement autorisés.

- Si le propriétaire ne présente pas l'animal dans les délais réglementaires, cela doit être signalé immédiatement aux services vétérinaires départementaux par le vétérinaire sanitaire chargé de la surveillance (Code rural).

2.2.3.2. Conduite à tenir vis-à-vis d'un animal suspect ou suspect mordeur

Un animal suspect ou suspect mordeur est un animal dont la clinique peut évoquer la rage. Etant donné que l'apparition de changements comportementaux avec agressivité est un des signes cliniques de la rage et surtout qu'un animal qui serait enragé a 100% de risque d'être excréteur une fois les signes apparus, il est important que la surveillance ait lieu chez un vétérinaire sanitaire.

Le vétérinaire doit déclarer la suspicion à la DD(CS)PP, qui informe à son tour la mairie des animaux suspects et des animaux et des animaux éventuellement contaminés présents sur la commune. Un APMS est mis en place. L'animal doit être en cage, avec surveillance quotidienne à biquotidienne par le vétérinaire. Le délai de cette surveillance n'est pas précisé par la loi, le vétérinaire la prolonge donc le temps nécessaire pour confirmer (par diagnostic de laboratoire après la mort de l'animal) ou infirmer la suspicion. Une amélioration ou une stagnation de l'état de l'animal au bout de 10 jours chez le chien est fortement en défaveur de la rage, même si la phase clinique peut parfois durer plus longtemps.

Pendant la surveillance, le vétérinaire a interdiction de le vacciner. L'euthanasie ne peut avoir lieu que par consigne spécifique de la DD(CS)PP, principalement en cas de dangerosité ou de souffrance importante. Dans ce cas, les animaux sont soumis au diagnostic de la rage, après leur euthanasie. Lorsque les animaux suspects sont mordeurs ou griffeurs, il peut être sursis à leur euthanasie le temps de suivre l'évolution clinique..

Il est important d'identifier les animaux (en particulier les carnivores domestiques) ayant été en contact avec l'animal suspect, afin que des mesures soient prises conformément au résultat de la surveillance de l'animal suspect. (Toma *et al.*, 2012)

2.2.4. Mesures réglementaires en fonction des résultats de la surveillance

2.2.4.1. Rage avérée: zonage et mesures à mettre en place

Lorsque la suspicion est confirmée par diagnostic de laboratoire, l'animal est reconnu enragé, et des mesures spécifiques doivent être mises en place rapidement afin de retrouver les personnes et les animaux contaminés. Le maire de la commune où résidait l'animal doit être prévenu. L'APDI est mis en place et s'applique dans la commune où se trouve le chien ou le chat reconnu enragé et dans les communes où il a pu circuler librement. L'ensemble de ces communes définit la zone de restriction, où des mesures spécifiques s'appliqueront sur les carnivores domestiques.

Le ministre de l'agriculture peut également publier un arrêté ministériel déclarant officiellement le département d'où provient l'animal infecté de rage.

Cet arrêté ministériel est affiché dans les mairies du département et à deux reprises à huit jours d'intervalle dans deux journaux régionaux ou locaux de grande diffusion. Si la rage prend un caractère envahissant, le ministre peut employer ou faire employer par les préfets toute autre mesure de publicité qu'il juge appropriée (Code Rural, Article 223-30).

On considère que la période d'excrétion du virus rabique s'étend :

- Pendant la période des 15 jours avant la date d'apparition des premiers signes cliniques (si celle-ci est connue) jusqu'à la mort de l'animal (si c'est un carnivore domestique, 30 jours si c'est un carnivore sauvage).
- Si la date des premiers signes cliniques n'est pas connue, la période concernée débute 20 jours avant la mort de l'animal jusqu'à sa mort s'il s'agit d'un carnivore domestique (40 jours pour un animal sauvage).

Les dispositions prises suite à l'APDI mis en place selon l'Arrêté Ministériel du 9/08/2011, et notamment celles relatives à la zone de restriction, font effet pendant toute la période d'excrétion du virus rabique par l'animal reconnu enragé, et se prolonge 6 mois après la mort de l'animal.

Dans la zone de restriction, plusieurs mesures sont à mettre en place:

- Mesures de surveillance

Les propriétaires doivent déclarer les animaux en contact avec l'animal enragé au maire de la commune ou à un vétérinaire sanitaire qui préviendra alors la DD(CS)PP. En pratique, c'est cette dernière qui mène l'enquête et identifie le plus souvent ces animaux.

Tout signe de maladie ou de mort d'un animal domestique, qu'il ait été en contact ou pas avec l'animal enragé, doit être signalé à un vétérinaire sanitaire. Si l'animal est vivant, un examen clinique et des questions épidémiologiques seront posées pour évaluer le risque. Le vétérinaire décide alors de rendre l'animal à son propriétaire si aucun signe n'évoque la rage. Dans le cas contraire, la DD(CS)PP sera informée et décidera de l'euthanasie ou de la mise sous surveillance chez le vétérinaire de l'animal.

Si l'animal présenté est mort, le vétérinaire sanitaire doit prévenir la DD(CS)PP. Une enquête épidémiologique et des prélèvements en vue du diagnostic de la rage seront réalisés.

Toute disparition d'un carnivore domestique ou sauvage en captivité doit être signalée à la DD(CS)PP

Si un cadavre est trouvé, la DD(CS)PP doit en être informée et procédera si elle le juge nécessaire au diagnostic de la rage. (Toma *et al.*, 2012 et Code rural et de la pêche maritime - Article L211-23, s. d.)

- Circulation des carnivores domestiques

Les chiens vaccinés avant le début de la période et dont la vaccination est en cours de validité peuvent circuler librement dans la zone sous la surveillance de leur propriétaire.

Les chiens vaccinés et dont la validité est postérieure au début de la période peuvent circuler dans la zone s'ils sont tenus en laisse ou sur la surveillance directe du propriétaire pour les chiens de berger, de bouvier ou en action de chasse pour cette catégorie.

Les autres chiens sont tenus à l'attache et enfermés. La circulation sur la voie publique ne peut se faire que tenus en laisse et muselés.

Les chats résidant dans la zone de restriction doivent être maintenus enfermés, leur circulation n'est possible qu'en cage ou panier fermé.

- Conditions de sortie de la zone de restriction

Les chiens et les chats vaccinés avant le début de la période, avec vaccination en cours de validité. Les autres animaux ne doivent pas sortir de la zone de restriction.

- Conditions de cession des chiens et chats

La cession des carnivores domestiques est uniquement possible pour les animaux nés pendant la période allant des 3 mois et 3 semaines avant la période de mise en place de l'APDI à la fin de l'APDI, sous certaines conditions:

- Qu'ils soient identifiés et vaccinés de façon valable
- Si le cédant et l'acquéreur signent un document montrant qu'ils ont pris connaissance et s'engagent à respecter les mesures de la zone de restriction. Ce document sera à communiquer aux DD(CS)PP du département du cédant et de l'acquéreur s'ils sont différents.
- Si l'acquéreur s'engage à respecter des mesures de surveillance sanitaire selon les instructions de la DD(CS)PP pendant 1 mois
- Si l'acquéreur s'engage à ne pas se déssaisir de l'animal, sauf pour euthanasie par un vétérinaire sanitaire après accord de la DD(CS)PP.

A terme du mois de surveillance, en cas d'absence de cas secondaire dans la zone, la surveillance spécifique est arrêtée. Si un cas secondaire est apparu, une enquête épidémiologique de la DDPP pour déterminer les contacts possibles entre ce cas et l'animal cédé permettra de décider des mesures de surveillance.

- Mesures à l'introduction

Seuls les animaux valablement vaccinés peuvent être introduits dans la zone.

- Rassemblements de chiens ou de chats

Les rassemblements (concours, exposition...) peuvent être interdits par décision préfectorale.

- Chiens et chats errants

Comme mentionné dans le chapitre 2.2.2.3., les chiens et les chats errants correctement identifiés retrouvés dans la zone de restriction peuvent être récupérés par leur propriétaire pendant 8 jours ouvrés. Les chiens non identifiés ou non récupérés au bout des 8 jours sont euthanasiés.

Les animaux qui ont été récupérés par leur propriétaire suite à une divagation sont soumis à un APMS pendant 1 mois après la fin de la divagation, le propriétaire ne peut s'en déssaisir sauf en vue d'une euthanasie par un vétérinaire sanitaire après accord de la DD(CS)PP et accompagnée de l'envoi du cadavre pour diagnostic de laboratoire de la rage. Le propriétaire s'engage également à présenter l'animal à un vétérinaire sanitaire en cas de maladie ou de mort et à signaler sa disparition à la DD(CS)PP. En cas d'apparition de cas de rage secondaire pendant la mise sous surveillance de l'animal, une enquête de la DD(CS)PP déterminera si un contact a été possible entre les deux animaux.

2.2.4.2. Conduite à tenir selon le statut des animaux

2.2.4.2.1. Animaux éventuellement contaminés

Un animal éventuellement contaminé est, comme le mentionne le tableau 5, un carnivore qui a été en contact avec un animal suspect. C'est également un carnivore pour lequel une enquête des services de la DD(CS)PP n'a pu écarter formellement l'hypothèse d'un contact avec un animal enragé au cours d'une période définie par le ministère de l'agriculture et qui correspond à la période d'excrétion pré-symptomatique (la probabilité du contact est ici faible).

Un animal éventuellement contaminé doit être mis sous surveillance chez son propriétaire, en attendant les résultats de la surveillance de l'animal suspect, ou suivre les instructions spécifiques de la DD(CS)PP, qui seront mises en place après l'enquête épidémiologique dans les autres cas. Il ne peut dans tous les cas être cédé, à titre gratuit ou onéreux.

Si l'animal suspect s'avère indemne de rage, l'animal éventuellement contaminé reprend le statut d'animal sain et les mesures de surveillance sont levées.

2.2.4.2.2. Animaux contaminés

Lorsque la suspicion de rage se confirme pour un animal, les carnivores domestiques ayant été en contact avec lui (qui avaient jusque là le statut "éventuellement contaminés") deviennent contaminés. Le préfet (DD(SC)PP) ou le maire fait alors euthanasier les animaux contaminés de rage, sauf en cas de dérogation.

Cette dérogation est possible si le propriétaire en fait la demande écrite à la DD(CS)PP et si l'animal remplit les conditions suivantes:

- S'il était valablement vacciné contre la rage au moment du contact
- S'il a reçu une vaccination de rappel dans les 48 heures ayant suivi la réception par la DD(CS)PP du résultat du diagnostic de la rage
- Si le propriétaire peut fournir une copie du document de vaccination et du document de rappel.
- Si le propriétaire s'engage à ne pas se dessaisir de l'animal pendant la période de surveillance prescrite par la DD(CS)PP.

Cette surveillance est officialisée par un APMS. Elle est d'une durée de 6 mois pour les carnivores domestiques avec visite chez le vétérinaire sanitaire à l'issue du 1er, 2ème, 3ème et 6ème mois et rapport de chaque visite à la DD(CS)PP. Pendant cette période, le propriétaire s'engage à présenter l'animal ou son cadavre au vétérinaire sanitaire en cas de maladie ou de mort, et à signaler sa disparition au vétérinaire sanitaire.

Pour les carnivores domestiques, la cession est interdite pendant 6 mois suivant la levée de l'APMS avec obligation de signaler mort, maladie ou disparition au vétérinaire sanitaire.

Si l'animal contaminé est mordeur, un sursis à l'abattage est possible, avec mise sous surveillance (Code Rural).

2.2.4.2.3. Animaux mordeurs et suspects

Quel que soit le statut infecté de rage ou non du département, les mesures mises en place sur les animaux mordeurs et suspects s'ils répondent à la définition sont celles décrites au chapitre 2.2.3.1.

2.2.5. Synthèse

Tableau 5: Synthèse des catégories réglementaires et des mesures réglementaires applicables en France

(d'après Haddad et Bourhy, 2015)

Statuts	Conduite à tenir
Mordeur	APMS Mise sous surveillance par un vétérinaire sanitaire chez le propriétaire Visites à J0, J7, J15
Suspect	APMS Surveillance chez le vétérinaire sanitaire, quotidienne à biquotidienne, le temps nécessaire à la confirmation ou l'infirmité de la suspicion Euthanasie peut être décidée par la DD(CS)PP en cas de nécessité
Suspect mordeur	Mêmes procédures que pour les suspects Si la suspicion est levée: suivi de la surveillance mordeur
Eventuellement contaminé	Déclaration DD(CS)PP Si l'animal suspect s'avère enragé: l'animal éventuellement contaminé devient contaminé Si l'animal suspect est indemne de rage, l'animal éventuellement contaminé redevient un animal sain: pas de mesures de surveillance particulière
Contaminé	Déclaration DD(CS)PP Euthanasie obligatoire sauf dérogation Dérogation octroyée par DD(CS)PP si: <ul style="list-style-type: none"> - Demande écrite du propriétaire - Animal identifié et vacciné - Rappel dans les 48 heures après la communication à la DD(CS)PP du diagnostic - Mise sous surveillance 6 mois avec visite obligatoire chez un vétérinaire au 1er, 2ème, 3ème et 6ème mois - Obligation de conserver l'animal pendant 6 mois supplémentaires
Enragé	Déclaration à la DD(CS)PP Enquête: recherche des humains et des animaux exposés durant la période possible d'excrétion Réalisation des prophylaxies post exposition pour les personnes contaminées Identification des animaux contaminés Zonage et déclaration d'un département infecté: <ul style="list-style-type: none"> - Introduction interdite (sauf dérogation si vaccination correcte) - Surveillance des carnivores domestiques et sauvages de la zone - Circulation des chiens limitée (selon cas) - Circulation des chats: interdite - Sortie de la zone uniquement pour les animaux vaccinés avant le début de la période et vaccination encore valide - Interdiction de se déssaisir de ses animaux, sauf pour euthanasie après dérogation de la DD(CS)PP - Cession limitée aux animaux correctement vaccinés - Rassemblements peuvent être interdits

PARTIE II: Les chiens dans le monde, les populations canines errantes et divagantes et la part prise dans l'enzootie de la rage

1. Les populations canines dans le monde : origines et définitions

1.1. Définition des populations canines

1.1.1. Origines des populations canines : rappels sur l'histoire de la domestication du chien

L'origine des populations canines et du rapport aux chiens dans les sociétés humaines s'expliquent en partie par le contexte de domestication de l'espèce canine.

La domestication désigne le processus d'adaptation (consistant en des modifications environnementales et génétiques) des espèces à un environnement contrôlé par l'Homme. (Gilbert, 2012)

En ce qui concerne les dates précises et les lieux, multiples ou uniques, de la domestication des chiens, différentes théories existent. Certains experts considèrent que les prémices de cette domestication ont eu lieu dès le Pléistocène, aux alentours de 30 000 ans avant la période contemporaine, durant lequel les hommes adoptaient et apprivoisaient des louveteaux, plus dociles et calmes, et les gardaient comme animaux de compagnie. Ces animaux redevenaient ensuite plus ou moins sauvages en grandissant (Treves et Bonacic, 2016). Le processus a donc été long, et non linéaire. Des études récentes considèrent que la séparation des espèces entre le chien et le loup a eu lieu entre 32000 et 10000 ans avant la période contemporaine. Les migrations successives et la dispersion des chiens auraient accompagné celles des Hommes. Certaines études génétiques suggèrent une origine en Asie du Sud Est, à cause de la diversité génétique des chiens pouvant signer une mixité des populations au fil des migrations et de la reproduction avec des espèces sauvages (Wang *et al.*, 2016).

Les études s'accordent pour une domestication en deux temps, signe de la spécificité et de la diversité des relations entre l'homme et le chien. Il y aurait tout d'abord eu une "auto domestication": les loups les moins craintifs se rapprochaient des campements des hommes pour profiter de la nourriture, et des carcasses laissées en périphérie. Cela leur procurait des avantages évolutifs, par l'accès facile à des ressources alimentaires, et donc leur permettait de se reproduire davantage. Au fil du temps, les animaux craignent de moins en moins l'homme, jusqu'à ce que l'homme puisse le nourrir à la main.

Le deuxième temps consiste en une part plus active prise par l'Homme: les premiers chiens auraient représenté des avantages importants lors de la chasse, ou de la garde. L'Homme, au fil de son évolution, avec le développement de l'agriculture et de l'élevage et la mise en place d'un mode de vie sédentaire, aurait ensuite agi sur l'espèce canine pour en faire de meilleurs bergers, chasseurs ou gardiens. Le chien est donc d'abord un commensal de l'homme, en profitant de ses ressources, et en procurant des avantages. Il devient ensuite, au fil des années, une aide pour différentes tâches, puis une compagnie (Grimm, 2015).

Certaines études comparent le rapport aux chiens au cours de la domestication à celui entre les Hommes et les "chiens de village" aujourd'hui (cf infra) (Boyko *et al.*, 2009).

1.1.2. Catégories de populations canines

La loi française définit le chien errant ou en état de divagation, sans distinction, de façon précise dans l'article L211-23 du Code Rural et de la pêche maritime. Cette définition, rappelée au chapitre 1.2.2.4. de la première partie de ce travail, n'est pas toujours applicable dans les autres pays du monde où les rapports au chien varient, tant par la considération que la population porte à l'animal que par les responsabilisation des propriétaires de chiens. Ces éléments influent alors sur la composition de la population canine, avec la multiplication des sous populations.

La responsabilité d'un propriétaire vis-à-vis de l'animal se définit par le fait qu'un propriétaire accepte et s'engage à remplir les obligations que lui impose la loi vis-à-vis de son animal, mais aussi s'engage à combler les besoins physiques, comportementaux et environnementaux du chien, tout en prévenant les risques (agression, transmission de maladie, blessures) que le chien fait courir à la communauté, aux autres animaux et à l'environnement. Les variations de niveaux de responsabilité que les propriétaires prennent envers leur animal influent alors sur la composition de la population canine (OIE Terrestrial Animal Health Standards Commission, 2009).

L'OMS distingue à partir de ces éléments quatre catégories d'animaux, sans faire explicitement mention de la notion de chiens divagants :

- Chiens livrés à eux-mêmes car perdus ou fugueurs exceptionnels ; ils restent errants s'ils ne sont pas retrouvés par leur propriétaire.
- Chiens volontairement rejetés à la rue par leur propriétaire (à l'occasion le plus souvent d'un déménagement hors du territoire) ou portées non désirées 'libérées' dans la rue une fois sevrés.
- Chiens ayant un propriétaire (qui sont éventuellement identifiés) mais qui sont laissés libres de divaguer et de se reproduire dans leur quartier ou plus loin...
- Véritables chiens errants sans propriétaire ayant toujours vécu dans la rue, plus ou moins sociabilisés ou socialisables, et qui trouvent leur nourriture uniquement dans le milieu extérieur.

Quant à l'OIE, elle distingue, grâce à ces notions, trois grandes catégories de chiens dans une population canine:

- Le chien divagant, c'est-à-dire appartenant à un propriétaire prêt à se porter responsable pour lui, mais qui n'est pas sous son contrôle et n'est pas restreint dans ses mouvements pendant une période de temps indéterminée.
- Le chien errant, sans propriétaire. Il s'agit de chiens abandonnés par leur propriétaire, ou encore de chiots issus de la reproduction non contrôlée d'un animal appartenant à un propriétaire.
- Les chiens féraux, c'est-à-dire des chiens sans propriétaire qui se reproduisent avec succès, possèdent un mode de vie particulier et un évitement continu de la présence humaine. (cf infra),

Certaines de ces notions comportent des variations propres aux différences culturelles de la population humaine et à l'environnement (urbain, péri-urbain ou rural) que les chiens côtoient. Par exemple, en cas de nombre de places insuffisant dans les refuges, ou dans des conditions particulières, les chiens errants peuvent devenir des chiens de communauté: ils n'appartiennent à personne nominativement, mais plusieurs foyers au sein d'une communauté se portent responsables pour eux, et leur fournissent les ressources. Dans certains cas, le chien de communauté peut avoir une existence légale, s'il est préalablement vacciné, identifié et stérilisé par les services vétérinaires locaux, puis relâché sur le territoire donné, sous la responsabilité de la communauté locale.

En Italie, par exemple, certains chiens divagants ou errants dont personne ne répondait sont devenus les "chiens de blocs", des chiens appartenant à une communauté ou une municipalité, qui s'en porte responsable. Cela a permis de limiter les problèmes sanitaires sans surcharger les refuges, tout en maintenant une surveillance vétérinaire et en responsabilisant la population (Høgåsen *et al.*, 2013).

Le concept des "chiens de bloc" se retrouve également dans d'autres pays, en Asie, en Afrique ou en Amérique latine, où on les appelle "chiens de communauté". Là encore, plusieurs individus d'une même communauté sont susceptibles de se porter responsables de l'animal. Cependant, la surveillance vétérinaire, la provision d'un abri, de nourriture et d'eau est encore variable selon les cas.

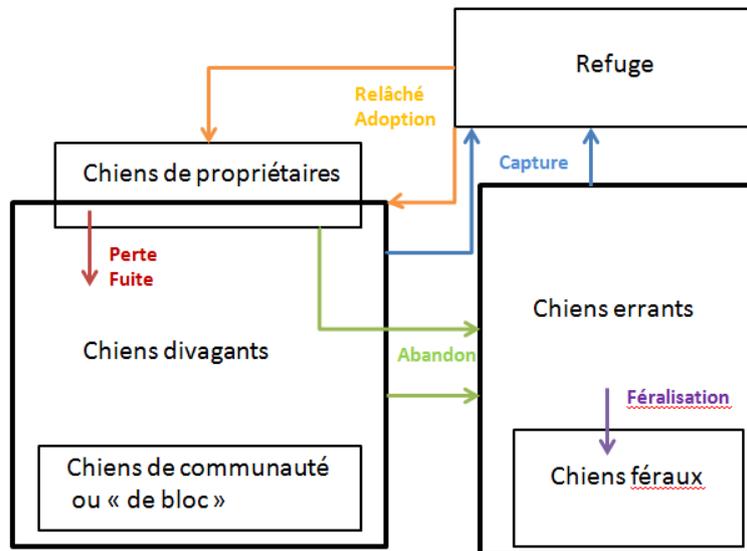
Les chiens de bloc ou les chiens de communauté sont rarement restreints dans leurs mouvements, ils sont donc considérés comme des animaux divagants (International Companion Animal Management Coalition, 2007).

Selon l'OIE, dont nous retiendrons les définitions, les chiens errants sont les chiens dont aucune personne ou communauté ne se porte responsable. Ils deviennent errants suite à un abandon, ou lorsqu'ils sont nés d'une mère divagante ou errante. On y inclue les chiens féraux, qui sont des chiens errants vivant à l'état sauvage, sans nourriture ni abri intentionnellement fourni par les hommes, et qui montrent un évitement fort et continu de la présence humaine. Un chien errant peut devenir féral au cours de sa vie en fonction de son environnement et de ses expériences. Il développe alors une vie sociale et des comportements particuliers (Boitani et Ciucci, 1995).

Les études montrent que les catégories de population sont extrêmement fluides et variables, un même individu pouvant passer par différentes catégories au cours de sa vie selon les facteurs environnementaux qui s'appliquent. Les mouvements et les liens entre les différentes catégories de populations considérées sont détaillés dans la figure 11 (International Companion Animal Management Coalition, 2007).

Figure 12: Sous populations canines

(d'après Høgasen et al., 2013 et International Companion Animal Management Coalition, 2007)



Dans notre étude, on retiendra donc :

- Les chiens divagants comme les chiens appartenant encore légalement à un ou plusieurs foyers et dont celui-ci ou ceux-ci se portent responsables.
- Les chiens errants comme les chiens qui ne sont rattachés légalement à aucun foyer (incluant principalement les chiens abandonnés et les chiens féroces)

Ces populations se côtoient et les risques de transmission et d'entretien des cycles de maladies, en particulier la rage, sont donc à prendre en compte dans le cadre de la lutte. Il est donc important de connaître ces populations, d'estimer leur nombre, leur distribution, les rapports qu'ils entretiennent entre eux, avec l'Homme et avec leur environnement, avant de décider d'un programme de lutte.

1.2. Considérations écologiques et sociologiques

1.2.1. Écologie des populations canines au travers d'exemples

1.2.1.1. Estimation quantitative de ces populations

La population de chiens errants et divagants a longtemps augmenté dans les pays en voie de développement, pour plusieurs raisons : une urbanisation rapide, une augmentation rapide de la population humaine, une mauvaise gestion des déchets, notamment du fait de l'exode rural et de l'urbanisation « sauvage » qui en est résulté (bidonvilles sans tout à l'égout, sans système de ramassage des ordures ménagères, décharges publiques...), un manque de responsabilisation des propriétaires, et une tolérance culturelle.

Les programmes de lutte contre les maladies zoonotiques comme la rage doivent pouvoir être adaptés aux populations canines et humaines concernées, et il est donc important de

d'abord pouvoir déterminer les ressources à prévoir. Une estimation la plus exacte possible de la totalité de la population canine doit alors être effectuée. Cela permet de promouvoir simultanément l'identification et la tenue de registres des chiens de famille appartenant à un propriétaire désigné, pour faciliter le traitement des données. Dans les cas où la plus grande partie de la population canine est constituée par des chiens de famille, il suffit alors de consulter un éventuel registre, ou de distribuer des questionnaires aux vétérinaires et aux foyers pour estimer la population canine.

Le plus souvent cependant, dans les pays en voie de développement, la population canine totale d'un pays, d'une région ou d'une ville est constituée en majorité par des animaux errants ou divagants. Il est alors nécessaire de recourir à des méthodes expérimentales, appliquées souvent sur des populations de la faune sauvage, pour estimer la taille et la densité de la population. (OIE Terrestrial Animal Health Standards Commission, 2009)

Les chiens étant des animaux tolérant voire recherchant la présence de l'Homme, il est d'autant plus facile d'utiliser les méthodes nécessitant de s'approcher des individus, pour un marquage par exemple. Il faut cependant prendre en compte le risque zoonotique et l'éventuelle dangerosité des animaux pour les intervenants.

Les principales méthodes d'estimation sont des méthodes de comptage simple, plus ou moins aidées de photographies pour identifier individuellement les animaux, des méthodes de capture- recapture (ou marquage-repérage) et des méthodes basées sur des estimations de distance pour en déduire les densités de population (OIE Terrestrial Animal Health Standards Commission, 2009, Belo *et al.*, 2015).

Ces méthodes ont des prérequis qui ne sont pas toujours facile à obtenir dans la population: Les travaux doivent s'effectuer en population fermée : on considère qu'il n'y a pas de naissance, de décès, de migrations ou de recrutement dans la population qu'on veut estimer. Il est donc par exemple déconseillé d'effectuer les mesures pendant les périodes de reproduction, ou sur une trop longue période (plus de 2 semaines).

Les différentes probabilités de visibilité sont souvent difficiles à estimer : les chiens sont plus ou moins visibles selon leurs caractéristiques individuelles, la saison et la période de la journée.

Une étude a été publiée en 2015 afin de réaliser une estimation de la taille et de la densité de la population de chiens errants et divagants (sans distinction) dans le sud du Bhoutan. (Tenzin *et al.*, 2015).

Nous allons nous intéresser plus particulièrement aux méthodes les plus fréquemment utilisées dans les études. Il s'agit de variantes de méthodes de marquage-recapture (ou recomptage).

La première étape consiste à délimiter les espaces à étudier. L'étude réalisée par Tenzin *et al.* en 2015 a choisi au hasard les aires d'étude considérées comme représentatives de la totalité du territoire étudiée et chaque aire d'étude est divisée en plusieurs blocs, délimités de sorte qu'un binôme de volontaire puisse parcourir un bloc en 4h.

Il faut ensuite déterminer la méthode de marquage (spécifique à un individu ou non, associée ou non à une photographie, avec un produit non nocif qui est suffisamment rémanent pour permettre un second repérage ensuite (dans un délai à déterminer). La période d'étude doit donc être définie également, dans le but de maximiser les probabilités de détection des chiens. L'étude de Tenzin *et al.* (2015) a montré une activité plus importante des chiens de 6h à 10h du matin, sur 2 jours.

Le premier jour, un marquage de tous les individus rencontrés est réalisé, sans distinction. Des informations sont alors récoltées : localisation, sexe, âge si connu, marquage à l'oreille (permettant par la suite de juger de la couverture d'éventuels programmes de stérilisation et vaccination pré existants), marques spécifiques (cicatrices, description physique). Le nombre de chiens marqués ce premier jour sera ensuite noté dans les calculs mathématiques comme n_1 .

Le deuxième jour, un nouveau repérage est réalisé par le même binôme sur la même zone aux mêmes horaires. Un comptage et un repérage sont effectués, sans capture, en notant les chiens marqués repérés de nouveau, et les chiens non marqués. Le nombre de chiens marqués repérés sera alors m , et le nombre total d'individus repérés n_2 . On considère alors que la proportion de chiens marqués repérés le deuxième jour parmi la population totale de chiens vus le deuxième jour est représentative de la proportion d'individus qui seraient marqués dans la population totale.

On utilise alors deux indices donnant l'estimation:

- L'indice de Lincoln Petersen N_{L-P} : $N_{L-P} = \frac{n_1 n_2}{m}$
- L'estimation de Chapman N_{CHAP} : $N_{CHAP} = \frac{(n_1+1)(n_2+1)}{(m+1)} - 1$

Cette dernière estimation est moins biaisée lorsque la population de chiens marqués repérés le deuxième jour est faible, et permet donc d'une manière générale une meilleure estimation. Il est cependant important de noter que les estimations restent biaisées, puisque les prérequis nécessaires à ces études ne peuvent pas être complètement respectés. Entre autres, tous les chiens n'ont pas la même probabilité d'être détectés, et la population ne peut être considérée comme entièrement close (Tenzin *et al.*, 2015).

On peut donc, à partir de ces estimations, prévoir les ressources à déployer pour les programmes de vaccination et de stérilisation (personnel, nombre de doses) et en juger l'efficacité et le taux de couverture (OIE Terrestrial Animal Health Standards Commission, 2009).

D'autres informations sur la population sont cependant nécessaires pour optimiser l'efficacité des programmes, en particulier les rapports des animaux entre eux et avec leur environnement, et la façon dont ils sont considérés par les populations humaines.

1.2.1.2. Ecologie et comportements canins

1.2.1.2.1. Définitions et méthodes

L'écologie est la science qui consiste à étudier les relations des individus entre eux et avec leur environnement (Larousse).

Une fois la taille de la population estimée, il est important de connaître la structure de la population avant de mettre en place les campagnes de vaccination et de stérilisation. Le

rapport entre les différentes populations décrites dans la figure 11 est aussi important à évaluer. En effet, les chiens de famille ou de communauté qui divaguent, qui entrent en contact avec des chiens errants, puis qui retournent régulièrement dans un foyer, sont des sources de contamination potentielle importantes pour la rage vis-à-vis de la population humaine.

Les études démographiques et écologiques des populations canines sont nombreuses et apportent des informations sur:

- Le sex ratio mâle/femelle, et si l'information est disponible, le pourcentage d'animaux stérilisés, pour estimer les ressources et les cibles dans le contrôle des populations
- La taille et la densité de la population canine (souvent exprimée par un ratio chien/Homme, ou chien/foyers), comme expliqué dans le paragraphe précédent.
- Les groupes d'âge et la moyenne d'âge : cela conduit à estimer les populations à risque en cas de non vaccination.
- Les races, selon s'il s'agit de races autochtones, de chiens de pure race ou de croisés.
- Le taux de reproduction (nombre de portées par femelles et par an) et le taux de mortalité des jeunes (avant sevrage) et leurs causes. Cela permet d'en déduire le turnover, c'est-à-dire le renouvellement, ce qui permettra d'anticiper quant à la fréquence nécessaire des campagnes de vaccination pour maintenir une couverture vaccinale suffisante.
- Le degré de supervision du chien, leurs fonctions et leurs sources de nourriture: cela permet d'identifier les populations canines les plus à risque d'être contaminées par le virus de la rage et de contaminer donc à leur tour. Cela permet aussi d'identifier ceux qui sont les plus à risque de divaguer pour se nourrir (Wandeler *et al.*, 1988; Kitala *et al.*, 2001).

On s'intéressera ensuite aux comportements et aux organisations sociales des chiens errants et divagants, qui permettent d'en déduire des informations sur le cycle de la rage au sein de la population canine (cf infra). En effet, le taux de transmission du virus au sein de la population dépend principalement de la densité de la population et de l'organisation et des comportements sociaux, qui régissent la fréquence et la nature des contacts entre les individus (Ratsitorahina *et al.*, 2009).

Différentes méthodes permettent d'avoir accès à ces informations. Le tableau 6 en résume quelques-unes, selon l'information recherchée (Perry, 1993).

Tableau 6: Méthodes d'étude fréquemment utilisées pour les paramètres écologiques étudiés dans la population canine

(Source: d'après Perry, 1993)

Paramètres étudiés	Méthodes fréquemment utilisées
Fonction des chiens et accessibilité	<ul style="list-style-type: none"> - Questionnaires distribués dans les foyers - Observations directes de terrain
Structure de la population (âge, sexe, races)	<ul style="list-style-type: none"> - Questionnaires distribués dans les foyers - Observations directes de terrain - Etude de l'usure des dents des chiens capturés ou tués (diagnose d'âge)
Mouvements des chiens	<ul style="list-style-type: none"> - Observations directes de terrain - Pistage (marquage de couleur, radiotélémetrie)
Renouvellement de la population et évaluation de la fertilité	<ul style="list-style-type: none"> - Questionnaires distribués aux propriétaires de chiens - Observations directes de terrain - Eventuellement autopsies des femelles retrouvées mortes pour une analyse de l'appareil reproducteur

1.2.1.2.2. Résultats : Exemples d'études écologiques et éthologiques

Nous allons nous intéresser maintenant à plusieurs études, menées principalement à Antananarivo à Madagascar en 2007 (Ratsitorahina *et al.*, 2009), au Kenya (Kitala *et al.*, 2001), en Tanzanie (Gsell *et al.*, 2012). Dans la plupart des études, le recueil des données a été réalisé selon les méthodes décrites au paragraphe précédent, c'est-à-dire grâce à des questionnaires distribués aux foyers et des observations directes de la population canine.

L'étude menée à Madagascar montre une estimation du ratio chien/homme de 1/5, ce qui est en accord avec d'autres études menées en Afrique et en Amérique latine. Les chiens errants, c'est-à-dire sans propriétaires (ou non reconnus lors des questionnaires) sont seulement d'environ 11% (avec cependant de grandes variations entre les quartiers). D'autres études ont également montré que le plus souvent, les chiens retrouvés dans les rues sont divagants et sont en réalité rattachés à un foyer ou une communauté (Flores-Ibarra et Estrella-Valenzuela, 2004, Perry, 1993 et Kitala *et al.*, 2001).

Les données sur la répartition des âges montrent une large majorité (61.2%) de chiens adultes (plus d'un an) et 24% de jeunes entre 6 mois et 1 an. Les juvéniles (âgés de moins de 6 mois) représentent 15% de la population, et la plupart de ces derniers appartiennent à un foyer. Ces données sont en accord avec les autres études menées au Sri Lanka ou en Tanzanie (Organisation mondiale de la santé, 1988 et Gsell *et al.*, 2012).

L'étude de Ratsitorahina *et al.* (2009) ne rapporte pas de données sur la répartition des races (pures races d'origine occidentale, croisés et races autochtones) mais donne des informations sur les pratiques d'adoption et l'origine des chiens rattachés à un foyer. La majorité d'entre eux sont des dons venus d'autres personnes, le plus souvent hors de la zone d'étude, nés dans la famille ou achetés. C'est un aspect important à prendre en

considération pour comprendre comment la population canine dans son ensemble et la population canine divagante croissent, et donc pour en inférer les mesures à mettre en place, en l'occurrence promouvoir le contrôle de la reproduction et la responsabilisation des propriétaires lors de l'achat d'un nouvel animal. Les autres études ayant étudié les races et leur répartition au sein de la population montrent souvent une prépondérance des races autochtones (Organisation Mondiale de la Santé, 1988, et Kitala *et al.*, 2001)

Une prédominance des mâles est souvent remarquée dans la population totale avec un ratio mâle/femelle dans le cas de l'étude menée à Antananarivo de 1.5, et il existe une différence notable entre les chiens de famille et les chiens errants, avec une prédominance des femelles au sein de cette dernière. On peut alors en déduire que les abandons concernent davantage les femelles, principalement pour éviter les portées non voulues, et la gestion des chaleurs. Les mâles sont également préférés au sein de la population car ils sont d'une manière générale considérés meilleurs gardiens ou protecteurs du bétail. Les études menées en Afrique rapportent en effet que ce sont les deux principaux rôles dévolus aux chiens dans plusieurs pays étudiés (Tanzanie, Zimbabwe, Kenya) (Kitala *et al.*, 2001).

L'âge moyen des populations de chiens divagants et errants est souvent bas, non renseigné dans l'étude menée à Madagascar mais estimé entre 2 et 3 ans selon les études (Kitala *et al.*, 2001, Organisation Mondiale de la Santé, 1988 et Gsell *et al.*, 2012). L'espérance de vie est souvent plus élevée chez les mâles que chez les femelles (3.5 ans contre 2.4 ans) (Kitala *et al.*, 2001). L'espérance de vie est également plus faible pour les jeunes (moins d'un an) que pour les individus matures (respectivement 1.76 an et 2.76 ans) (Gsell *et al.*, 2012). Les femelles matures représentent une part plus importante dans la population de chiens errants de l'étude, laissant penser à une croissance rapide et un turn-over important de cette population. L'étude menée en 2001 au Kenya montre une fécondité (nombre de chiots femelles par femelle et par an) de 1.3. Les chiennes entre deux et trois ans sont les plus fertiles. Le plus souvent, la mortalité des jeunes est importante (par prédation, accident ou maladie). Les études montrent souvent une moyenne discrètement supérieure à une gestation par femelle et par an, associée à une moyenne de taille de portée d'environ 4 chiots (Gsell *et al.*, 2012, Organisation Mondiale de la Santé, 1988) avec un fort taux de mortalité avant le sevrage. Selon les études, entre 15 et 20% des chiots survivent au sevrage (Kitala *et al.*, 2001, Gsell *et al.*, 2012, et Organisation Mondiale de la Santé, 1988). En revanche, le fort taux de mortalité des jeunes étant compensé par une fécondité importante, certaines études déterminent une croissance de la population canine de 5 à 10%, souvent liée à la croissance de la population humaine (Gsell *et al.*, 2012, Ratsitorahina *et al.*, 2009).

Une partie importante de l'écologie est également l'étude des rapports sociaux entre les animaux, et en particulier entre les populations de chiens errants, non rattachés à un propriétaire, et les chiens divagants qui peuvent servir de relais de la rage vis-à-vis de la population humaine avec laquelle ils sont en contact régulièrement.

Certaines études s'intéressent donc, par des observations de terrain, aux structures sociales des populations canines.

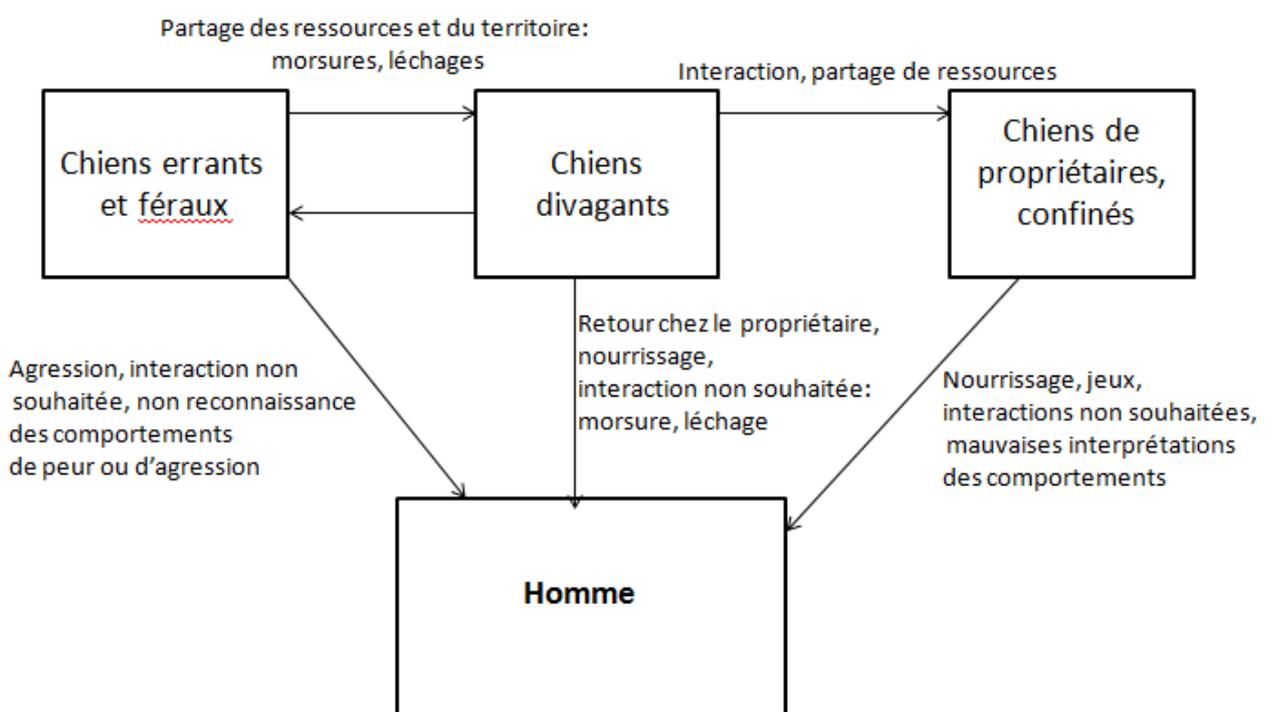
Plusieurs études, dont celle de Ratsitorahina *et al.* (2009) menée à Madagascar, tendent à montrer que les chiens errants et divagants expriment peu de comportements sociaux avec leurs congénères. La plupart des chiens de cette étude ont en effet été observés seuls lors des périodes d'observation (environ 60%). Cependant, les études de Font (1987) et de Rubin

et Beck (1982) montrent que lorsque les observations se concentrent sur les comportements sociaux et durent plusieurs heures pour les mêmes individus, des structures sociales peuvent être mises en évidence, en particulier concernant les chiens errants et féraux. La taille des groupes dépend principalement du milieu et de la disponibilité des ressources: lorsque les ressources sont éparpillées et en petite quantité (en milieu urbain), les groupes visibles au cours de la journée sont souvent de plus petite taille, bien qu'un groupe social plus grand existe. Les milieux ruraux favorisent les grands groupes, plus efficaces lors de la chasse (Font, 1987; Rubin et Beck, 1982).

Des groupes stables dans le temps sont donc visibles avec une reconnaissance mutuelle des individus entre eux, une structure hiérarchique, un partage des abris, de certaines sources de nourriture, et la défense d'un territoire commun face à des individus étrangers. D'autre part, des interactions sont visibles fréquemment entre des chiens errants et des chiens divagants du territoire. Ces derniers partagent souvent leurs sources de nourriture et parfois leurs abris avec les chiens errants. On suppose donc des interactions amicales régulières, qui peuvent jouer un rôle important dans la transmission du virus de la rage si un des individus est infecté. Ce risque de transmission est également élevé lorsqu'un chien inconnu des groupes de chiens errants entre sur leur territoire, ce qui provoque souvent des interactions antagonistes et des agressions rassemblant tout le groupe. Ces interactions représentent souvent la majorité des interactions observées (60%) ce qui laisse penser à une communication plus subtile entre les individus du groupe (Wandeler *et al.*, 1988, Fox *et al.*, 1975 et Font, 1987).

Toutes ces interactions, ainsi que les interactions avec l'Homme, occasionnelles ou régulières, facilitent la circulation du virus entre les populations (figure 12).

Figure 12: Circulation du virus rabique au sein des populations canines et avec l'Homme



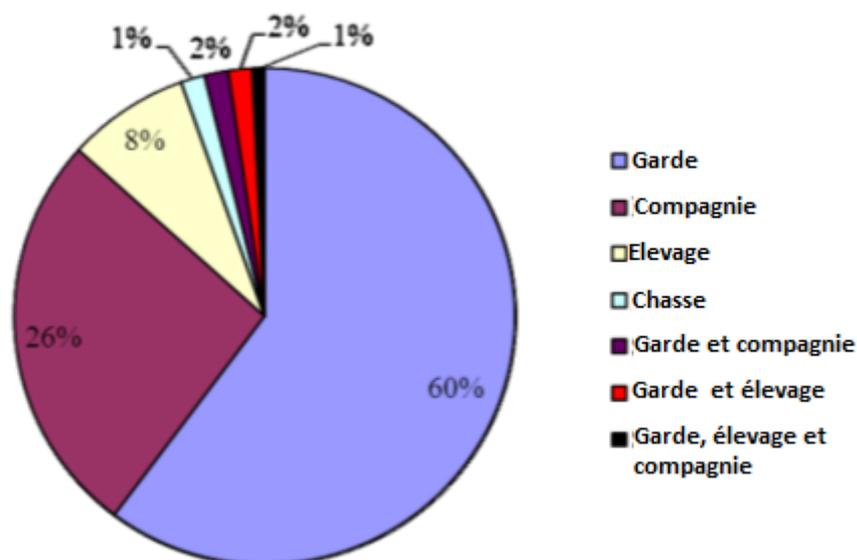
1.2.2. Variations culturelles dans le rapport aux populations canines

Des études ont montré que le plus souvent, tous les chiens, y compris les chiens errants et féraux, dépendent de l'homme pour leurs ressources (nourriture, abri) et la croissance des populations canine et humaine est souvent concomitante. Les populations canines, en particulier en milieu urbain, dépendent donc principalement de la disponibilité des ressources (gestion des ordures, habitudes des habitants vis-à-vis du nourrissage des chiens) et des pratiques des propriétaires de chiens (Wandeler *et al.*, 1988).

On remarque le plus souvent des différences dans la relation homme-chien liées aux différents usages des chiens par les populations. En effet, dans la plupart des pays en voie de développement, les études montrent que la plupart des chiens sont considérés comme chiens d'utilité, principalement des chiens de garde et de protection (des propriétés ou des cheptels). La figure 12 montre par exemple la répartition du rôle des chiens selon les réponses d'un échantillon de propriétaires de l'état de Lagos au Nigéria (Hambolu *et al.*, 2014). D'autres études menées en Indonésie à Bali montrent des chiffres similaires, avec 85% des propriétaires qui rapportent posséder des chiens pour la garde et la protection. De même, l'étude rapporte que 27% des chiens sont considérés également comme chiens de compagnie (Macpherson *et al.*, 2013, Widyastuti *et al.*, 2015). L'utilisation des chiens comme animaux de compagnie est d'ailleurs considérée par les propriétaires interrogés dans l'étude comme une pratique occidentale, s'étant principalement développée avec l'augmentation du nombre d'expatriés et le développement de pratiques vétérinaires privées. Wandeler *et al.* (1988) rapportent que le rôle de compagnon du chien dans les pays industrialisés est déjà largement étudié, et les bénéfices reconnus.

Figure 13: Répartition des fonctions des chiens d'un échantillon de propriétaires au Nigeria

(Source: Hambolu *et al.*, 2014)



Les variations dans la relation homme chien diffèrent donc selon les cultures et le contexte économique. Une étude de Turner en 2010 avait pour objectif de déterminer l'attitude générale des adultes de 12 pays (aux cultures et économies très différentes) envers les animaux de compagnie, en particulier les chiens. Les pays concernés par cette étude sont le Brésil, la Chine, les Emirats Arabes Unis, la France, la Grande Bretagne, l'Inde, l'Israël, le Japon, la Jordanie, Singapour, la Suisse.

Le but était d'explorer cinq paramètres susceptibles d'influencer la façon de considérer les chiens : le lieu d'origine de la personne interrogée, son héritage religieux, le sexe de la personne, si elle possède ou a possédé des animaux de compagnie, et si elle a déjà des affinités connues pour les animaux (en séparant les individus entre "indifférents", et ceux qui travaillent déjà pour des structures en lien avec les animaux, comme les refuges et le milieu vétérinaire, considérés "amicaux".)

L'enquête se basait sur un questionnaire composé de plusieurs affirmations pour lesquelles les participants de l'étude devaient témoigner de la force de leur accord ou de leur désaccord (Macpherson *et al.*, 2013).

Les conclusions étaient globalement similaires sur le fait de considérer les chiens comme étant des animaux amicaux et bénéfiques pour l'homme. En revanche, il a été montré que les femmes, les propriétaires d'animaux et les "amicaux" montraient un accord plus franc, ainsi que les personnes de confession juive, chrétienne et hindoue. L'Inde montrait aussi des opinions plus divisées sur les chiens errants et divagants, avec de plus forts désaccords sur l'absence de danger représenté par ces chiens que dans les autres pays.

Une deuxième partie de l'étude visait à comparer les populations de chiens observées dans la rue entre Chennai en Inde, et Londres, en Grande-Bretagne. L'étude a montré une présence plus importante de chiens divagants en Inde, non contrôlés par leurs propriétaires, alors que la majorité des chiens de Londres sont en laisse. Les chiens sont également davantage ignorés en Inde (contact visuel, interactions) (Macpherson *et al.*, 2013).

Une origine culturelle est à supposer pour expliquer ces différences, comme le montre également l'étude de Gsell *et al.* de 2012. L'étude des populations canines en Tanzanie et au Tchad montrent des chiffres similaires: les chiens véritablement errants (dont les chiens féraux), pour lesquels on n'identifie aucun propriétaire, ne représentent que 1 à 10% de la population canine totale, contre 60% en Inde. En interrogeant les populations, on en conclut que les chiens dans la plupart des pays d'Afrique sont considérés le plus souvent pour leur rôle utilitaire (de garde, le plus souvent, cf. supra), alors qu'ils possèdent en Inde (et dans plusieurs pays de religion hindoue, comme en Indonésie, cf. infra) un statut spécifique pour la population. Les chiens même errants reçoivent soins et nourriture, et sont davantage tolérés.

Une étude menée auprès de la population de Bali en 2014 s'est basée sur des discussions *via* des groupes de parole pour cerner la façon dont le chien est considéré par la société (Widyastuti *et al.*, 2015). Selon les participants, le chien a toujours été présent au cœur de la société balinaise, et les habitants sont habitués à les côtoyer tout au long de leur vie. Ils considèrent donc la divagation des chiens dans les lieux publics comme partie intégrante de leur mode de vie. De façon récurrente, les répondants évoquent des raisons religieuses à cela, notamment la légende du Mahabharata, selon laquelle le roi hindou Yudhistira, très attaché à son chien, aurait refusé d'entrer dans la cité céleste du dieu Indra car son chien s'en serait vu refuser l'accès. Le chien se serait révélé comme le dieu Dharma, qui dans la religion hindoue symbolise la loi, le droit, la vertu (la loi sacrée). De plus, certains intervenants rapportent que le chien est censé avertir et protéger contre les mauvais esprits.

Dans certaines îles d'Indonésie, comme sur l'île de Sumatra, les chiens sont, dans certaines circonstances (principalement pour des raisons religieuses ou médicinales) consommés pour leur viande ou sacrifiés aux dieux. Le rapport au chien est donc complexe.

Le chien balinais en particulier est décrit avec un caractère propre, par opposition aux races occidentales importées, et notamment comme un animal très territorial, indépendant, semi sauvage. Cela a été confirmé par les discussions sur la contention des animaux : les chiens n'ont souvent pas l'habitude d'être manipulés une fois adultes, et ces manipulations ne sont souvent tolérées que pour une courte durée, uniquement par les personnes nourrissant l'animal.

Le nombre de chiens errants sur l'île s'explique aussi par la gestion des ordures et par l'abandon des chiots, femelles en particulier. En effet, les chiens sont principalement utilisés pour la garde, et les mâles y sont réputés plus aptes. Les chiots femelles sont donc souvent abandonnés dans la rue, souvent près de dépôts d'ordures ou de restaurants. Le principe hindou de *ahimsa* (non violence) interdit en effet au propriétaire l'euthanasie des animaux, et certains évoquent également la religion en s'opposant à la castration de leurs animaux.

Les populations ont été sensibilisées par des campagnes sanitaires aux risques générés par les animaux divagants en cas d'agression, mais le fait d'attacher son chien ou de le confiner est considéré comme "contraire à l'esprit du chien balinais" selon les interlocuteurs, et constitue donc une pratique qui est loin d'être appliquée à grande échelle (Widyastuti *et al.*, 2015).

L'étude de Turner en 2010 a également montré l'importance du statut sanitaire du pays, en particulier vis-à-vis de la rage, sur le rapport aux chiens. En effet, la façon de considérer des chiens à Chennai, en Inde, a radicalement changé depuis l'effet visible des campagnes sanitaires afin de vacciner et stériliser massivement les chiens. Lors de l'étude, le dernier cas de rage dans la ville avait eu lieu cinq ans auparavant, et la population rapporte un changement des comportements : les chiens étaient davantage considérés, nourris et soignés, pris en charge par les communautés, avec une nette baisse des comportements agressifs et méfiants de la part des animaux (Macpherson *et al.*, 2013).

Plusieurs études s'accordent également sur le fait que le rapport au chien est aussi particulier dans les pays ou les communautés musulmanes (Beran, 1982 et Oboegbulem et Nwakonobi, 1989). Le plus souvent, les chiens sont moins présents dans ces communautés, et sont souvent utilisés d'abord pour la garde de propriétés ou de bétail.

Ces spécificités s'expliquent en partie par la représentation du chien dans l'islam selon les Hadith (recueil des actes et paroles du prophète Mohamed), l'un des textes fondamentaux de la religion. Ces textes disent que la présence d'un chien dans un foyer conduit pour son propriétaire à la perte d'une partie de la récompense pour ses bonnes actions, sauf si le chien est utilisé pour la chasse ou la garde du bétail. Les Anges venant prier au sein du foyer ne pourraient rentrer dans une maison où se trouve un chien ou l'image d'un chien. Dans un des écrits, Mohamed ordonne que les chiens soient tués, en particulier les chiens noirs, considérés comme Satan.

On peut évoquer le fait que le regard négatif sur les chiens que reflètent ces écrits est aussi lié à la transmission de la rage, comme le fait penser, selon les écrits, de laver abondamment, à sept reprises dont une avec du sable, ce que le chien lèche. Il n'est pas anodin dans ce contexte que le nom de la rage en arabe (*kleb*) soit directement dérivé du nom du chien (*kelb*).

De plus, les chiens sont d'une manière générale considérés impurs, en particulier au moment de la prière et des rituels, que le passage d'un chien annule (Aldeeb, 2008).

Le chien n'est donc pas permis à l'intérieur du foyer, et avoir un chien qui n'a pas de vocation utilitaire est découragé par certains textes musulmans. Cela conduit à des comportements très divers selon les pratiquants. Certains refusent de toucher les chiens, et les vétérinaires observent alors, pendant le Ramadan, une augmentation des demandes d'euthanasie, que le chien soit malade ou non (communautés musulmanes d'Afrique du Sud).

En Tunisie, en revanche, les comportements paraissent influencés de façon moins explicite et univoque par cette vision, comme semble l'illustrer une densité des populations canines similaires aux données d'autres études menées en Asie et en Afrique, avec des ratios Homme/Chien compris entre 3/1 et 5.5/1. La plupart des chiens sont divagants, et les chiens errants représentent entre 7 et 14% de la population canine totale.

Le turnover est également très élevé (entre 20 et 40% en 6 mois) (Wandeler *et al.*, 1993).

Cela révèle donc l'importance des campagnes de vaccination. Leur succès dépend du pourcentage de la population canine qu'on peut atteindre. Un seuil d'immunisation de 70% (loi de Charles Nicolle) est recommandé par l'OMS pour limiter l'incidence de la rage et la transmission du virus à l'Homme (*cf. infra*). Il faut pour cela s'assurer que ces campagnes soient acceptées et que la population soit sensibilisée, comme mentionné plus haut. Les études permettent de mettre en évidence que la rage est non seulement un problème de santé publique à l'échelle mondiale, et pourtant encore négligée, mais influe également de façon majeure sur les rapports sociaux avec les animaux

2. Part de l'espèce canine dans le maintien et la propagation de la rage

2.1. Généralités sur la rage canine et ses conséquences sur l'Homme

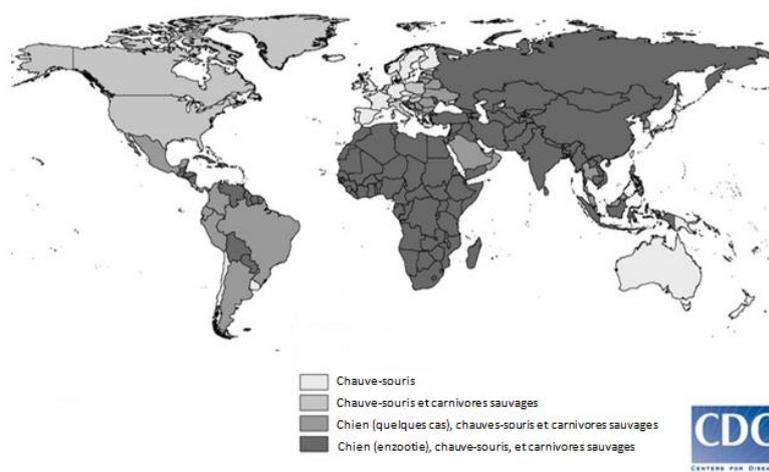
2.1.1. Importance de la rage canine dans le monde

La rage canine a été éliminée avec succès de plusieurs pays d'Europe occidentale et d'Amérique du Nord. L'espèce canine *Canis familiaris* est pourtant responsable de 98% des cas de rage humaine dans le monde, principalement en Asie et en Afrique, par l'intermédiaire des chiens infectés.

La rage est aujourd'hui encore une zoonose négligée, pourtant, le moindre recul des programmes de vaccination et de prévention conduit à former des groupes de chiens non immunisés ou insuffisamment immunisés, en particulier dans les pays en développement où les populations errantes et divagantes constituent le principal réservoir. Ces groupes de chiens, en migrant, qu'ils suivent ou non les populations humaines, peuvent alors transmettre le virus de la rage aux populations de territoires auparavant indemnes, comme en République populaire de Chine (2005-2011) et à Bali (2008-2011), qui ont connu de nouveaux pics d'incidence de la maladie (Taylor et Nel, 2015). De plus, la rage est encore enzootique dans la population canine de la plupart des pays en voie de développement. La figure 14 montre les pays où le chien est le principal réservoir du virus rabique (rage enzootique).

Figure 14: Distribution globale de la rage canine enzootique

(Source: d'après Lankau et al., 2014)



Des études ont exploré les modalités de transmission du virus de la rage au sein d'une population canine, afin de mieux en comprendre le cycle épidémiologique, et de conclure quant à la possibilité réelle d'élimination de la rage canine par la vaccination et/ou par les divers moyens de gestion des populations canines. L'étude de Hampson *et al.* (2009) s'est en particulier penchée sur le paramètre R_0 , le taux de reproduction de base, c'est-à-dire le nombre d'individus susceptibles d'être infectés secondairement à partir d'un chien contaminé (Hampson *et al.*, 2009). L'étude a montré, à partir de nombreuses observations de cas (plus de 3000) sur une longue période de temps (4 ans), que le taux de reproduction de base R_0 de la rage est entre 1.1 et 2. Les auteurs en ont conclu, à partir de ce chiffre, que la rage canine est donc susceptible d'être éliminée par des programmes de lutte adaptés au terrain et durables.

Il faut cependant, de façon concomitante, continuer à lutter contre la rage humaine, le plus souvent d'origine canine, qui fait encore plusieurs dizaines de milliers de victimes par an dans le monde.

2.1.2. Le chien, source majeure de transmission du virus de la rage à l'Homme

La rage est une menace de santé publique majeure dans beaucoup de pays en voie de développement (99% des décès humains ont lieu en Afrique et en Asie), avec 98% environ des cas mortels de rage chez l'homme qui ont pour cause une transmission du virus rabique par morsure de chien (Office International des Epizooties, 2015). La carte de la figure 15 détaille au niveau mondial le niveau de risque de contracter la rage et on remarque un parallélisme net entre les pays où le risque de contracter la rage est le plus élevé de contracter la rage et les pays où la rage humaine d'origine canine est présente (figure 16). La plupart des victimes se trouvent dans des communautés isolées, ne sont pas sensibilisées et n'ont pas nécessairement accès aux moyens de prévention. L'OMS détermine aussi que 45 à 60% des blessures par des chiens atteignent des enfants de moins de 15 ans, qui ne comprennent souvent pas le danger constitué par la rage, et qui ne savent pas forcément comment se comporter avec les animaux, ou ne reconnaissent pas les menaces, en particulier venant de chiens appartenant à la communauté. Les enfants peuvent donc ne pas

rapporter une griffure ou une morsure à leurs parents ou un adulte responsable, surtout lorsque cela a eu lieu suite à un contact avec un animal errant dont ils auraient reçu l'instruction de ne pas s'approcher, ce qui augmente encore le risque de ne pas administrer le traitement prophylactique à temps, et donc le risque de décès (Meslin et Briggs, 2013).

La rage est encore une zoonose négligée, en particulier à cause des non déclarations. Dans beaucoup de pays, il n'existe pas de système de notification fonctionnel de la rage, car les systèmes d'enregistrement des informations sanitaires ou de l'état civil sont eux-mêmes défectueux. La rage ne fait pas non plus partie des plans nationaux de lutte contre les maladies transmissibles dans de nombreux pays d'enzootie rabique et les systèmes nationaux de notification font souvent défaut, en particulier dans les pays en développement ou les pays dont l'index de développement humain est plus faible (Bulletin épidémiologique hebdomadaire de l'OMS, janvier 2016). Les symptômes de la rage étant souvent non spécifiques, les moyens diagnostiques disponibles sur place non suffisants, il arrive souvent que les malades décèdent chez eux sans que la rage ne soit confirmée ni déclarée aux autorités sanitaires, ou quittent l'hôpital sans traitement. Il peut aussi exister des problèmes de coordination des services sanitaires, en particulier des services vétérinaires et de santé publique. Les laboratoires, lorsqu'ils peuvent effectuer un diagnostic sur un chien ou sur un homme, ne communiquent pas systématiquement les informations permettant la mise en place d'une enquête pour retrouver les personnes mordues par un animal enragé, par exemple. Les systèmes d'enregistrement de l'état civil et de recensement de la population étant souvent incomplets, les estimations du nombre de décès en sont d'autant plus difficiles. Enfin, au niveau international, les Etats ne déclarent pas toujours régulièrement aux institutions internationales les cas de rage. Par exemple, le réseau Rabnet mis en place par l'OMS à la fin des années 90 avait pour but de fournir une base internet de déclaration des cas de rage au niveau international, et de rassembler les informations dans des cartes interactives de distribution des cas. Ce système a été abandonné en 2011 car les Etats Membres ne mettaient pas régulièrement à jour leurs données.

De même, la base de données mondiale d'information sanitaire (WAHID) de l'OIE, permettant la déclaration des cas animaux, rencontre les mêmes problèmes de sous déclarations, conduisant à un suivi global de la rage et de l'efficacité des plans de lutte incomplet et difficile, et révèle des données contradictoires. Les résultats des différentes estimations sont visibles par région du monde et par pays en annexe III (Organisation Mondiale de la Santé, 2016).

Figure 15: Distribution mondiale du niveau de risque pour l'Homme d'être en contact avec la rage

(Source: Organisation mondiale de la santé, 2013)

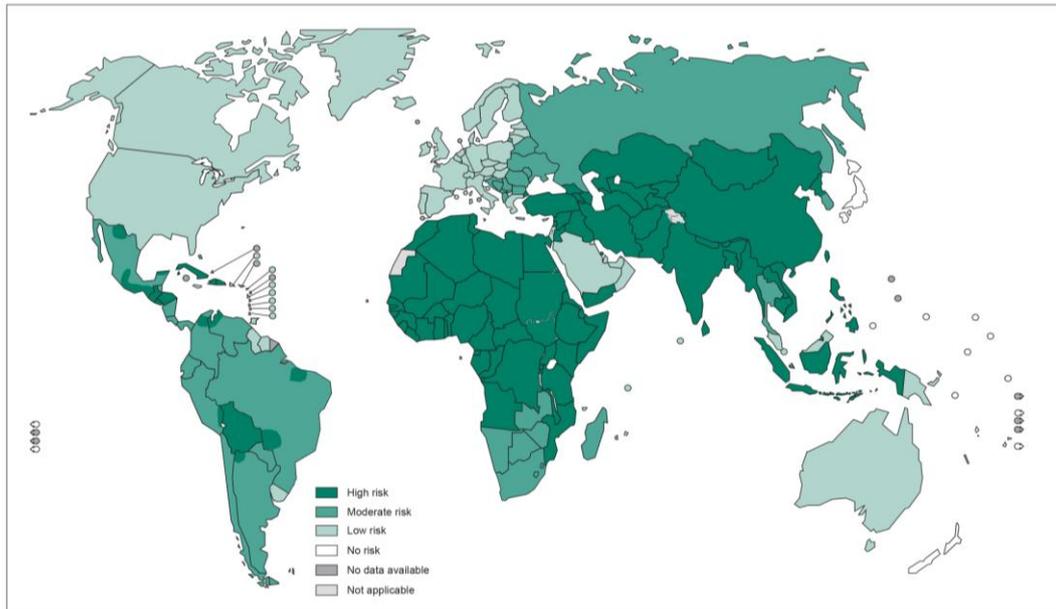
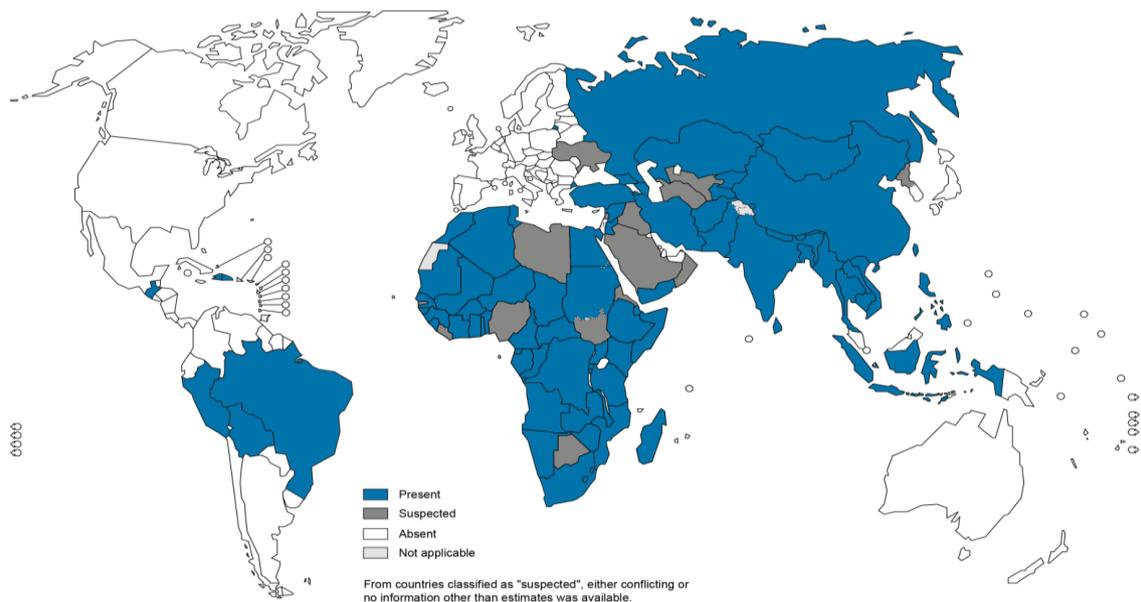


Figure 16: Distribution mondiale de la rage humaine d'origine canine de 2010 à 2014

(Source: Organisation mondiale de la santé, 2015)



Légende: les pays marqués "suspects" ont délivré des informations conflictuelles ou seulement des estimations

2.2. Répartition de la rage et coûts humains et économiques

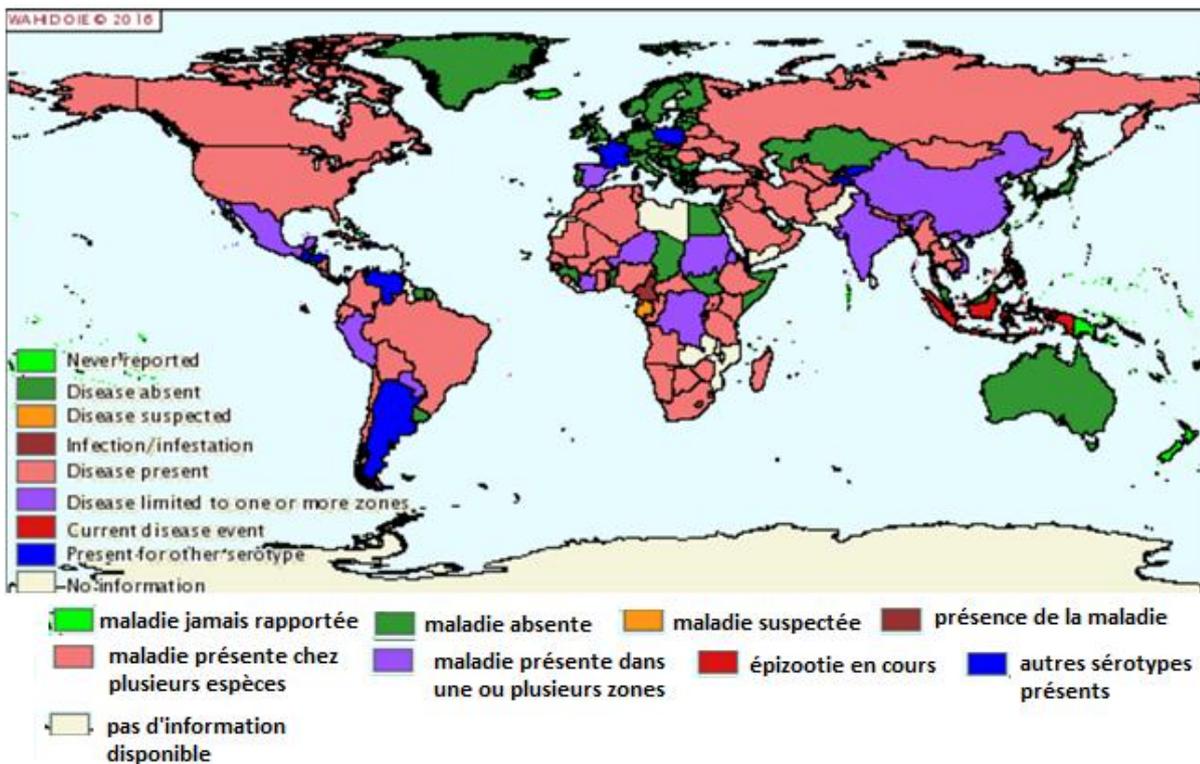
2.2.1. Distribution globale de la rage animale et humaine

La rage à virus RABV est considérée enzootique sur tous les continents, hormis l'Antarctique, quelques îles, et l'Europe occidentale bien que les espèces réservoirs diffèrent (figure 17).

Sur les 178 états membres de l'OIE, seuls 32 peuvent être considérés pour la qualification indemne de rage, et ont au moins éliminé la rage des animaux domestiques sur leur territoire. 110 membres de l'OIE sont considérés comme enzootiques (« Global Elimination of dog-mediated human rabies, The time is now 2015 », s. d.)

Figure 17: Répartition mondiale du virus rabique (RABV) au premier semestre 2015

(d'après « OIE World Animal Health Information System », s. d.)



2.2.1.1. Europe

La rage canine était enzootique avant les années 40 dans la plupart des pays d'Europe. Entre les années 40 et les années 80, les mesures de lutte ciblant les carnivores domestiques et en particulier les mesures prises sur les populations de chiens errants et divagants ont été renforcées. La rage canine est actuellement présente surtout en Europe de l'Est et à ses frontières (Biélorussie, Moldavie, Ukraine, Russie, Turquie, Géorgie, qui déclarent entre 100 et 800 cas de rage des animaux domestiques en 2015). La figure 18 détaille la répartition des

cas de rage chez les animaux domestiques durant le premier semestre 2015 en Europe. Le contact entre les réservoirs vulpins et canins peut également ralentir l'élimination de la rage dans les populations animales, comme en Turquie (« Global Elimination of dog-mediated human rabies, The time is now 2015 », s. d. et Rabies Bulletin Europe)

Figure 18: carte de la rage canine en Europe en 2015

(Source: « Rabies - Bulletin - Europe », s. d.)



Légende: points rouges: cas déclarés de rage canine pendant l'année 2015

2.2.1.2. Amériques

La rage canine est devenue rare à absente en Amérique du Nord, où la faune sauvage est maintenant le réservoir. En revanche, la rage canine est toujours présente en Amérique centrale et du Sud, ainsi que dans les Caraïbes et le chien représente la principale source de virus rabique pour l'Homme.

L'OMS, *via* la Pan American Health Organization (PAHO), a mis en place des programmes de lutte contre la rage humaine et canine depuis 1983, basés sur la vaccination canine de masse pour cibler principalement les chiens errants ou divagants, le développement des prophylaxies pré- et post-exposition, l'augmentation des moyens pour le diagnostic, la surveillance intensive et la sensibilisation des populations avec l'implication des communautés. Ces campagnes se sont avérées être des succès, avec plus de 90% de baisse du nombre de cas de rage humaine et canine, voire l'élimination complète de la rage canine de certains pays.

En ce qui concerne la rage canine, alors que 25000 cas étaient recensés ou estimés en 1983, on n'en recense que 269 en 2014, avec une baisse constante depuis 1990. La diminution du nombre de cas de rage humaine ayant pour origine le chien est également impressionnante, puisqu'on estimait à 350 le nombre de cas en 1980, contre 11 en 2015 (PAHO, et Vigilato *et al.*, 2013).

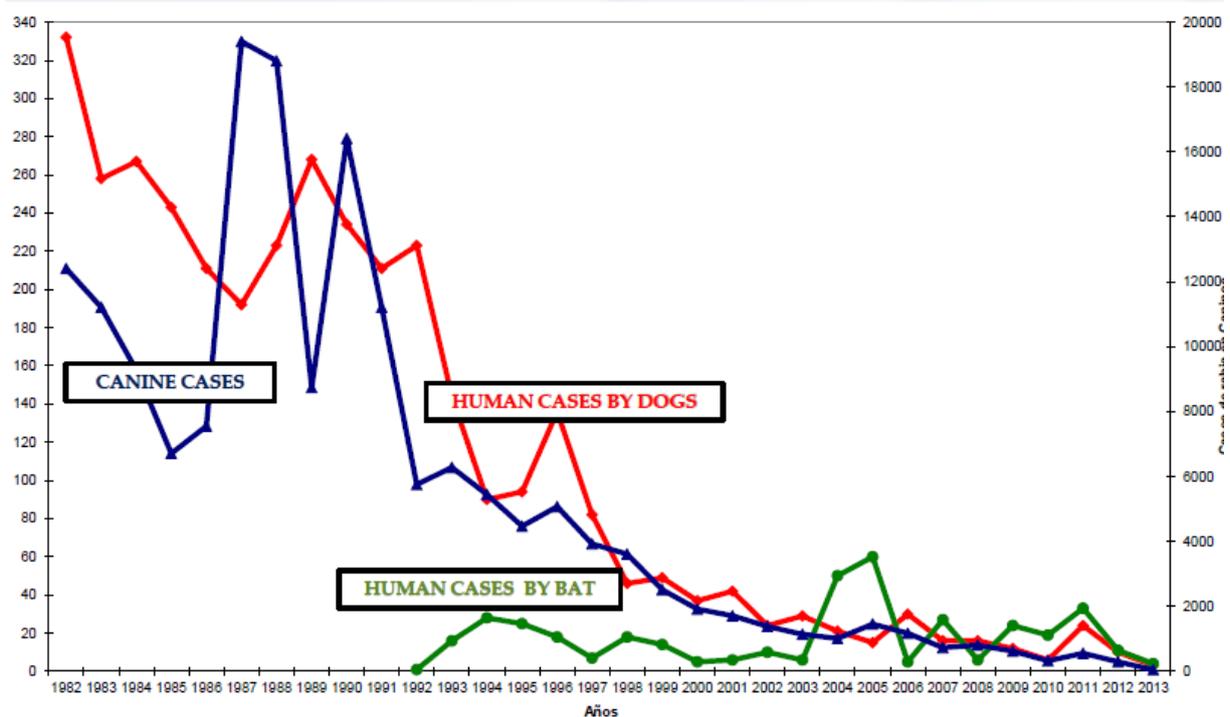
La figure 19 montre l'efficacité de la lutte et l'évolution concomitante des cas de rage canine et humaine depuis 1980 jusqu'à ce jour. On voit donc que la diminution du nombre de cas chez le chien en Amérique latine est significative et durable, même si le réservoir desmodin reste présent, causant toujours occasionnellement des cas de rage humaine ainsi que des cas de rage parmi les animaux domestiques, dans la plupart des cas chez les bovins en élevage extensif. On en compte entre autres presque 100 cas par an déclarés en Bolivie et plusieurs centaines de cas au Brésil, mais les chiffres rapportés dans les bases de données de l'OIE sont souvent faibles et ne reflètent pas forcément la réalité, en raison de la sous déclaration.

Figure 19: Evolution du nombre de cas de rage canine et de rage humaine ayant pour origine le chien de 1982 à 2013

(Source: Pan American Health Organization, 2015)

Nombre de cas humains

Nombre de cas chez le chien



Légende: en rouge: le nombre de cas humains ayant pour origine un chien enragé, en bleu: les cas de rage canine

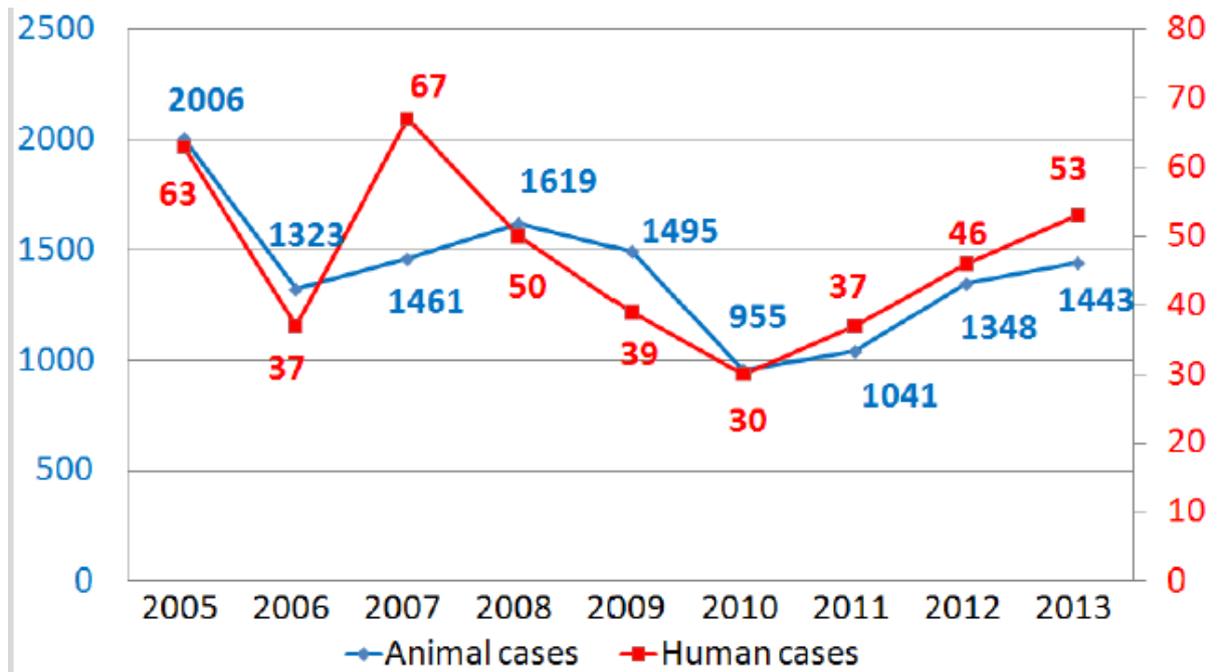
Le chien enrégé reste cependant à l'origine de la majorité des cas de rage humaine (12 des 20 décès dus à la rage chez l'Homme en 2013 avaient pour origine le chien) (Organisation Mondiale de la Santé, 2015).

2.2.1.3. Afrique du Nord et le Moyen Orient

Considérée comme zone à haut risque de contamination par le virus rabique, la population canine dans ces régions du monde est estimée à 4 à 5 millions. En Afrique du Nord, 40% des animaux touchés par la rage sont les chiens (FAO, 2015). L'évolution des cas humains recensés en Afrique du Nord suit l'évolution des cas animaux dans les dix dernières années, indiquant encore une fois le rôle majeur du chien dans la transmission du virus rabique à l'Homme (figure 20).

Figure 20: Evolution des cas humains et animaux en Afrique du Nord

Source: FAO Subregional Office for North Africa, 2015



Les pays du Moyen Orient les plus touchés par la rage humaine sont l'Iran (environ 392 cas par an) et le Yémen, avec 313 cas par an environ. Cependant, la situation est très inégalitaire puisque d'autres pays du Moyen Orient comme le Qatar ou les Emirats Arabes Unis n'ont pas déclaré la maladie chez l'Homme.

2.2.1.4. Asie

La rage des animaux domestiques est présente dans 22 pays d'Asie du Pacifique, et presque 4 milliards de personnes sont à risque d'être contaminées dans cette partie du monde. 21 000 et 25 000 victimes y sont déclarées chaque année, et dans 96% des cas, le chien est à l'origine de la contamination (Organisation mondiale de la Santé, 2015)

L'ASEAN (Association of Southeast Asian Nations) relève que parmi ces 10 états membres, sept déclarent une situation d'enzootie (Laos, Cambodge, Indonésie, les Philippines, Myanmar, Thaïlande, Vietnam) (Association of Southeast Asian Nations, 2013).

Le Bureau régional d'Asie du Sud Est de l'OMS (SEARO) compte lui 11 états membres, dont huit ont une situation de rage enzootique et endémique. Les 11 pays membres sont: le Bangladesh, le Bhoutan, la Corée du Sud, l'Inde, l'Indonésie, les Maldives, Myanmar, le Népal, le Sri Lanka, la Thaïlande, Timor Leste. Le tableau 7 rapporte les estimations par pays du nombre de victimes de rage par an (Organisation mondiale de la santé, 2012).

Tableau 7: Distribution du nombre de cas rapportés par an dans les différents pays affiliés au SEARO

(Source: Organisation mondiale de la santé, 2012)

Pays*	Nombre de cas rapportés de rage humaine par an	Nombre moyen de cas par an par million d'habitants	Sources
Bengladesh	2000-2500	13	Ministère de la Santé
Bhoutan	<10	3	Ministère de la Santé
Inde	18000-20000	18	Association de Prévention et de Contrôle de la Rage en Inde
Indonésie	150-300	1.3	Ministère de la Santé
Maldives	0	0	Ministère de la Santé et de la Famille
Myanmar	1000	22	Ministère de la Santé
Népal	<100	4	Ministère de la Santé Publique
Sri Lanka	<60	3	
Thaïlande	<25	0	Ministère de la Santé Publique
Timor Leste	0	0	Ministère de la Santé
Total en Asie du Sud Est	21 343- 23995		

**les données concernant la Corée du Sud n'étaient pas disponibles*

Les populations canines errantes et divagantes sont présentes dans la plupart des pays d'Asie. Les chiens sont les principaux touchés par l'enzootie, et les principales sources de contamination pour l'Homme, par les contacts étroits entre les populations canines et humaines.

La base de données de l'OIE centralise les données sur le nombre de cas de rage chez le chien déclarés selon les années. Cependant, une forte sous déclaration est clairement visible et les données recueillies sont peu fiables. A titre d'exemple, l'Inde ne rapporte que 14 cas sur les six premiers mois de 2015 dans tout le pays, alors que plusieurs milliers de personnes contractent la rage chaque année par morsure de chien dans le pays (Base de Données mondiale sur la Santé Animale de l'OIE).

Nous verrons ultérieurement plusieurs principes des mesures de lutte mises en place par l'ASEAN et l'OMS.

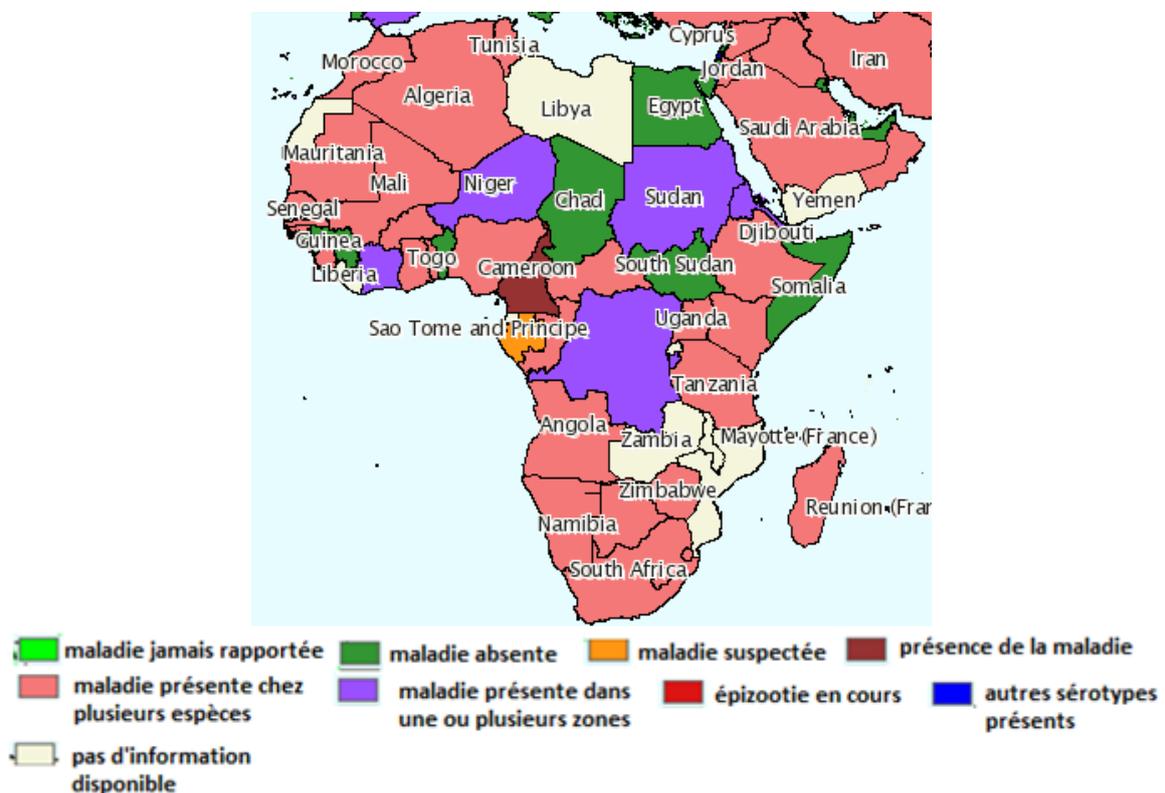
2.2.1.5. Afrique

L'Afrique est le continent qui compte le plus de décès humains du fait de la rage sur l'ensemble de la population (20.9 décès par millions). Le chien est l'espèce réservoir du virus rabique dans plusieurs pays d'Afrique où la rage est enzootique. Cependant, il existe peu d'organismes mettant en place des programmes de lutte communs et centralisant les informations. La principale initiative panafricaine est le Pan African Rabies Control Network (PARACON), dépendante de la Global Alliance for Rabies Control (GARC), qui contrôle la mise en place des programmes de lutte (Global Alliance for Rabies Control, 2015).

Les informations recueillies permettent ensuite à l'OMS de dresser la répartition globale de la rage, humaine et canine, en Afrique (figure 21).

Figure 21: répartition globale de la rage en Afrique au premier semestre 2015

(Source: « OIE World Animal Health Information System », s. d.)



La rage est donc une maladie présente de façon enzootique et endémique dans plusieurs pays du monde, particulièrement dans les pays en voie de développement en Asie et en Afrique, qui comptent la plupart des cas de rage canine et des décès humains mondiaux plus de la moitié à eux deux). Une amélioration certaine a cependant été observée dans certains pays du continent américain. Il est donc important de comprendre les différents aspects nécessaires à une bonne efficacité des programmes de lutte.

2.2.2. Coûts humains et économiques

2.2.2.1. Méthodes et outils de quantification utilisés

Les nombreuses études prouvent que la rage est une maladie fortement sous-déclarée, pour plusieurs raisons: le diagnostic clinique peut être inexact, et des cas de rage sont confondus avec d'autres cas d'encéphalite virale; l'issue étant souvent mortelle et l'incubation longue, la plupart des décès n'ont pas lieu dans les hôpitaux mais dans les foyers mêmes, pour des raisons culturelles et sociales (la famille préfère que leur proche meure au sein du foyer), structurelles (pas de centre de soins) ou économiques (impossibilité d'atteindre un centre de soin, dans des endroits parfois isolés où les décès ne sont pas rapportés comme ayant un lien avec la rage). Les nombreux problèmes de communication entre les institutions nationales et internationales, et la tenue de l'état civil souvent inconstante conduit aussi à des pertes d'informations importantes. Les approvisionnements des traitements de post exposition sont également mal parfois suivis, rendant l'estimation du nombre de traitements effectivement administrés difficiles (Hampson *et al.*, 2015).

Or, l'existence de sources fiables est essentielle pour une bonne estimation des coûts globaux de la rage. Des méthodes ont donc été mises en place pour palier cette sous déclaration. Il s'agit principalement de méthodes probabilistes se basant sur la probabilité de la survenue d'une rage clinique après exposition dans une zone ou un pays donné (Expert Consultation on Rabies et World Health Organisation, 2013).

Des outils sont ensuite nécessaires pour quantifier les conséquences de la maladie, tant humaines qu'économiques. Cette quantification est en grande partie basée sur des outils métriques standardisés, le nombre d'années de vie corrigées du facteur invalidité (AVCI), ou Disability Adjusted Life Years (DALYs).

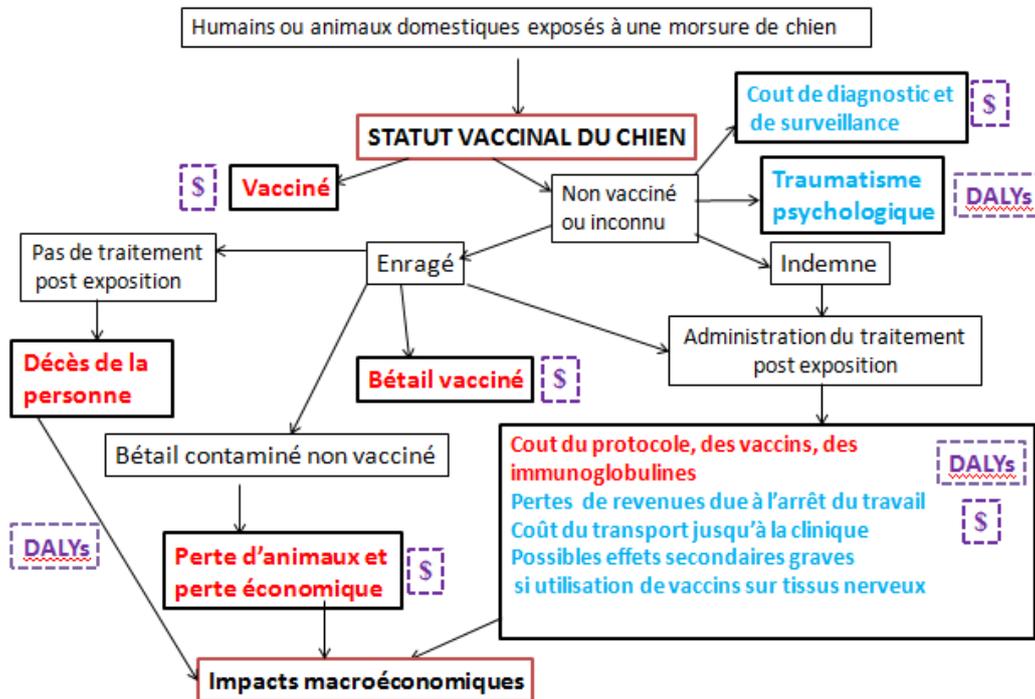
Le calcul des AVCI a deux composantes:

- les années potentielles de vies perdues (APVP ou YLL: Years of Life Lost en anglais) qui correspondent aux décès des personnes touchées, quantifiées par rapport à l'âge de la personne atteinte et l'espérance de vie du pays et de son origine sociale.
- Les années de vie avec incapacité (AVI, ou YLD: Years of Life with Disability en anglais) qui correspondent ici, étant donné que la maladie est inéluctablement mortelle, aux effets secondaires graves entraînés par l'usage de vaccins produits sur tissu nerveux (dans certains pays en développement), mais aussi au traumatisme psychologique de l'exposition et de l'anxiété qui suit pendant la longue période correspondant à la période potentielle d'incubation, en particulier si le traitement post exposition n'est pas disponible (Hampson *et al.*, 2015).

La figure 22 permet d'identifier les différents paramètres à prendre en compte pour estimer le coût global de la rage:

Figure 22: Influences que peuvent avoir la rage canine enzootique et la rage humaine sur l'économie et la société

(d'après Shwiff et al., 2013 et Hampson et al., 2015)



Légende: en rouge: les coûts et conséquences directs, en bleu: les coûts indirects; \$: coûts économiques

Les coûts importants touchent différents secteurs: la société, à l'échelle du pays ou de la communauté; mais aussi le secteur médical et vétérinaire.

2.2.2.2. Conséquences humaines et économiques dans le monde

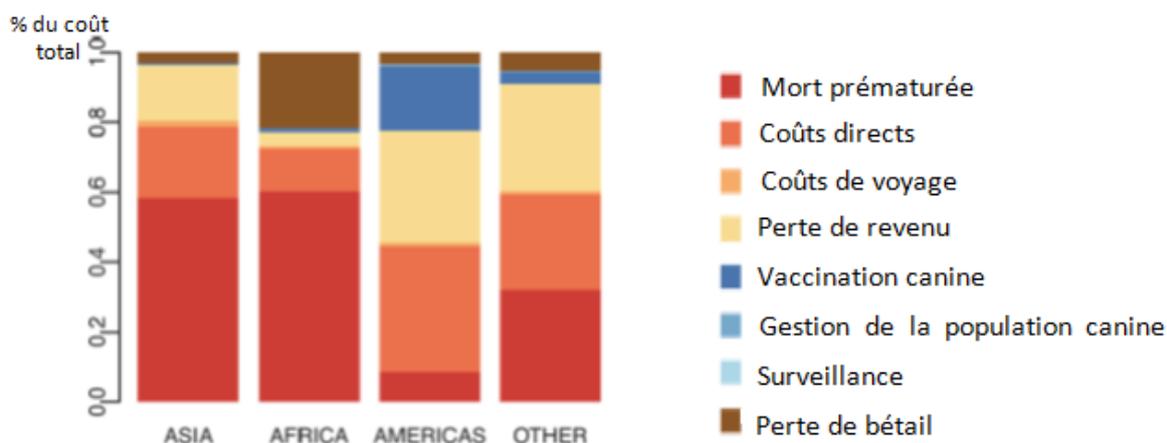
Les outils présentés ont servi à plusieurs reprises à estimer les pertes économiques et humaines liés à la rage, en particulier la rage canine puisque les chiens atteints de rage sont à l'origine de plus de 99% des cas de contamination humaine.

Les coûts principaux à ce jour sont représentés par les coûts de la prophylaxie post exposition de la population humaine. Il faut aussi prendre en compte la vaccination des populations canines et les moyens à mettre en œuvre afin d'atteindre un niveau de couverture suffisant pour éviter l'entretien de la rage au sein de la population canine. La figure 23 montre la répartition des coûts par rapport au coût total de la rage selon les régions du monde. Les coûts directs sont principalement représentés par la prophylaxie post exposition. Il s'agit d'un des coûts principaux, avec les pertes de vies humaines, dans les pays où la vaccination canine et la gestion de la population canine sont peu répandues. On peut remarquer que les coûts représentant la vaccination canine, la gestion de la population canine et la surveillance sont plus présents que les pertes en vie humaine dans les pays

d'Amérique latine, laissant conclure encore que la lutte contre la rage canine a des conséquences directes sur la diminution de la transmission de la rage à l'Homme et les coûts associés.

Figure 23: Répartition des coûts de la rage selon les régions du monde

(Source: Hampson et al., 2015)



Cela se remarque également dans le tableau 8, où on remarque que le coût de la prophylaxie post-exposition et le coût en vies humaines sont bien inférieurs en Amérique latine, où 60% des chiens sont vaccinés, par rapport à l'Afrique et l'Asie. C'est d'autant plus flagrant en comparant les valeurs de b/a , qui permet de chiffrer les différences de coût: on voit donc que le coût de la prophylaxie post exposition coûte 34 fois plus cher que la vaccination canine en Asie et 10 fois plus cher en Afrique, pour un nombre de morts par millions d'habitants plus élevé dans ces régions du monde qu'en Amérique latine, où la prophylaxie post-exposition ne coûte que deux fois plus cher que la vaccination canine.

Le tableau 8 indique le coût de la vaccination rabique dans les principales régions du monde touchées par la rage canine et humaine.

Tableau 8 : Coût de la vaccination antirabique selon les régions du monde touchées par la rage canine enzootique

(Source: d'après Hampson et al., 2015 et Global alliance for Rabies Control, 2016)

	Afrique	Asie	Amérique latine
Coût moyen de la vaccination canine par /personne/an (centimes de dollars) = a	1.4	1.0	11.4
Coût moyen de la prophylaxie post exposition par personne par an (centimes de dollars) = b	15.2	34.2	24.1

Ratio b/a	10,85	34.2	2,11
Pourcentage moyen de chiens vaccinés	14	16	60
Nombre de morts de la rage par million d'habitants	20.9	9.33	0.34

L'étude de Hampson *et al.* (2015) estime finalement le coût mondial de la rage à 3.7 millions de AVCI (intervalle de confiance à 95% entre 1.6 et 10.4), le nombre de décès par an à 59 000 (intervalle de confiance à 95% entre 25000 et 159000) et le coût financier à 8.6 milliards de dollars (intervalle de confiance à 95% entre 2.9 et 21.5 milliards).

Globalement, il apparait que les populations les plus pauvres, vivant en zone rurale, sont les plus touchées, et les coûts sont d'autant plus élevés que les victimes sont souvent jeunes, voire enfants. De même, ces populations subissent plus durement les conséquences économiques des pertes de revenus liées aux arrêts de travail pour se rendre dans les cliniques en zone urbaine, ainsi que des pertes liées à la perte du bétail. Le coût de la prophylaxie post-exposition est également proportionnellement plus élevé pour ces populations. On estime par exemple que le coût complet du traitement avec le protocole recommandé représente 21 jours de salaire pour un individu touchant le salaire moyen en Afrique et 31 jours de salaire en Asie. (Expert Consultation on Rabies et World Health Organisation, 2013)

Il existe bien sûr de grandes différences entre les pays d'une même zone ou d'un même continent. Des analyses plus précises ont par conséquent été réalisées en rassemblant les pays selon leur situation épidémiologique vis-à-vis de la rage, leur situation socioculturelle, et économique (Hampson *et al.*, 2015).

Le rapport aux chiens, les catégories de populations canines et la part que prend la population canine, en particulier les chiens errants et divagants, dans l'enzootie et l'endémie rabique, sont importants à comprendre pour mettre en place des programmes de lutte appropriés. Il faut agir à différents niveaux et mettre en place les ressources nécessaires pour contrôler la croissance des populations canines et les protéger pour que l'entretien du virus ne soit plus possible, mais aussi sensibiliser les populations humaines à risque aux comportements à adopter face aux animaux, en particulier les animaux errants, et à la marche à suivre en cas d'exposition.

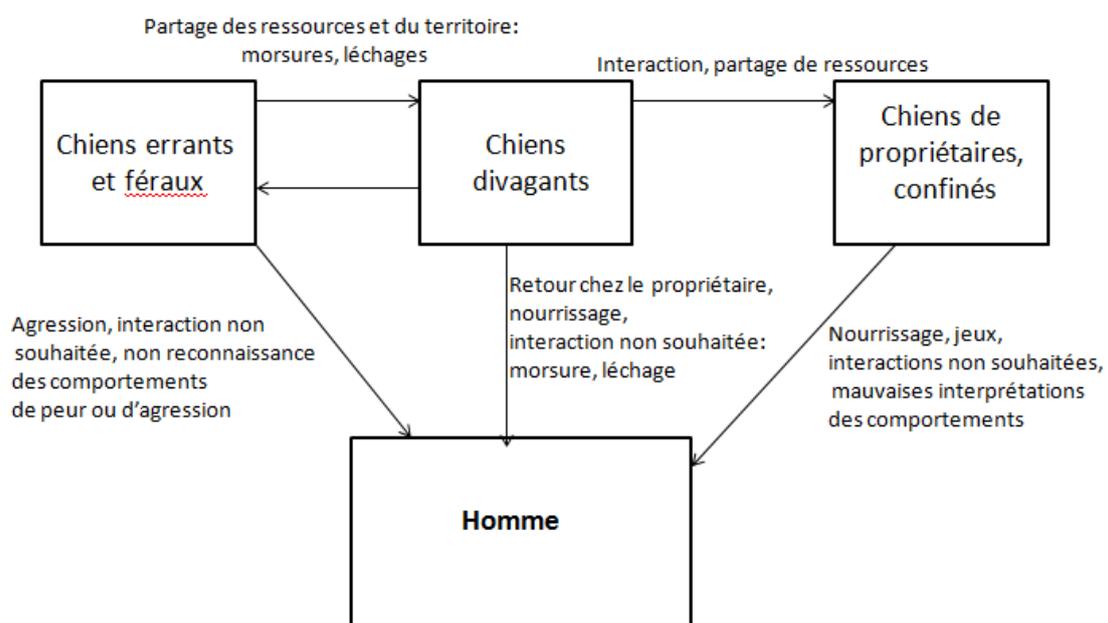
Plusieurs programmes de lutte basés sur la coopération intersectorielle ont été mis en place en Asie et en Afrique, et seront détaillés dans la troisième partie.

PARTIE III: Etude critique des mesures et des moyens nécessaires pour la lutte contre la rage des chiens errants et divagants

1. Présentation des méthodes de lutte contre la rage canine et de l'évaluation de leur efficacité

Pour que la lutte soit efficace, il faut adapter les moyens à mettre en place aux populations canines concernées. Nous nous référerons pour cela à la figure 12, pour comprendre comment bloquer la circulation du virus rabique entre les différentes populations, et qui a été remplacée ici pour le confort du lecteur.

Rappel de la figure 12 : Circulation du virus au sein des différentes populations canines et avec l'Homme



1.1. Méthodes spécifiques aux différentes populations canines

1.1.1. Répertoire des mesures selon les populations

1.1.1.1. Mesures applicables aux populations de chiens de propriétaires, confinés

On s'intéresse d'abord aux populations de chiens de propriétaires restant confinés au foyer. Ils agissent alors en relais de la rage pour l'Homme *via* les chiens divagants qui rentrent chez le propriétaire.

Pour limiter la transmission du virus de la rage à ce niveau, il faut donc agir sur:

- la nécessité d'une identification et d'une vaccination anti rabique, pour d'une part suivre la population canine, et d'autre part pouvoir s'assurer de sa protection contre la rage.
- le contrôle de la reproduction: cela a pour objectif d'éviter les portées non voulues que les propriétaires voudront ensuite abandonner, et qui pourront donc grossir les populations errantes, et d'éviter également les manifestations dérangeantes pendant les chaleurs et l'attraction des mâles, ce qui peut conduire à des contacts avec la population divagante et errante. De tels comportements d'abandon sont déjà rapportés dans certains pays (Widyastuti *et al.*, 2015) et conduisent les propriétaires à abandonner le plus souvent les chiots femelles, qui se reproduiront à leur tour sans contrôle une fois la puberté atteinte.
- la sensibilisation des propriétaires, et en particulier les enfants, principales victimes de morsures et de la rage, aux bons comportements à adopter envers les animaux, et à la reconnaissance et à la prévention des comportements d'agression, ainsi qu'au signalement de toute morsure.

1.1.1.2. Mesures applicables aux populations de chiens divagants

Les chiens divagants jouent un rôle majeur dans la circulation du virus puisqu'ils interagissent avec les chiens errants, les chiens de propriétaires qui restent confinés, et l'Homme lui-même. Ils constituent donc le pilier central de la circulation du virus. Les mesures de gestion qui leur sont applicables sont donc diverses et spécifiques:

- L'encouragement au confinement par les propriétaires. Cela implique une responsabilisation globale des propriétaires quant aux habitudes de nourrissage et de soins, puisque les chiens divagants ne sont pas nourris par les propriétaires mais sont livrés à eux-mêmes à l'extérieur pour trouver leurs sources de nourriture, ce qui implique aussi des conflits entre chiens (cf. supra)
- L'identification, par un marquage temporaire ou définitif (collier, marquage sur le poil, tatouage, marquage à l'oreille). L'objectif est de pouvoir faire un suivi des populations de chiens divagants si elles persistent, mais aussi de suivre l'efficacité des campagnes de vaccination et de stérilisation.
- Le contrôle de la reproduction : l'objectif est alors d'éviter l'entretien de cette population, mais aussi les migrations des mâles et les comportements d'agression davantage observés lorsque les femelles sont en chaleur, et qui favorisent la circulation du virus rabique.

- La vaccination contre la rage, pour protéger la population et diminuer l'incidence de la rage. L'OMS recommande un seuil de 70% de la population canine correctement vaccinée et immunisée pour que le virus rabique cesse de se propager. Les différents types de campagnes possibles et leurs composantes seront détaillés ultérieurement.
- La gestion des ressources : pour éviter les rassemblements de chiens dans les décharges, et aux abords des foyers, cela implique une bonne gestion et d'une bonne évacuation des déchets, afin qu'ils soient inaccessibles aux chiens.

1.1.1.3. Mesures applicables aux populations de chiens errants

Les chiens errants sont souvent les plus difficiles à atteindre et à contrôler lors de la mise en place des mesures de lutte. Les mesures qui leur sont applicables sont :

- La gestion des ressources : l'objectif est de limiter la disponibilité des ressources alimentaires pour limiter l'expansion de la population et les rassemblements de chiens errants.
- La vaccination : il faut alors adapter les méthodes, du fait de la difficulté voire de l'impossibilité d'accéder à ces animaux, et, lorsqu'on y parvient, de leur contention. On peut donc par exemple adapter des méthodes utilisées par ailleurs pour la vaccination de la faune sauvage, et les vacciner par voie orale.
- Le contrôle de la reproduction : lorsque la capture est possible, on peut alors stériliser les animaux pour contrôler l'augmentation de la taille de la population.
- L'euthanasie : dans les cas où le contrôle de la reproduction est trop compliqué (chiens agressifs, accès difficile), il peut être décidé d'éliminer physiquement les individus, le plus souvent selon des moyens qui peuvent être recommandés par les institutions internationales pour être le plus respectueux possible du bien-être animal.

Les méthodes et leur adaptation au contexte et à la population visée sont détaillées ci-après.

1.1.2. Description des mesures

Ces mesures sont souvent combinées lors de programmes de lutte. Pour les besoins de cette étude, ces mesures seront d'abord décrites séparément, avant de décrire leur application dans un programme de lutte. Elles impliquent la responsabilisation des propriétaires, qui selon les définitions de l'OIE, comprend :

- les mesures visant à respecter le bien-être des animaux,
- les mesures d'enregistrement et d'identification des animaux,
- les mesures de prévention des maladies (dont la rage) et de prévention des risques pour la communauté (pollution, accidents, morsures...),
- les mesures de contrôle de la reproduction.

1.1.2.1. L'identification

L'identification est à la base de la responsabilisation des propriétaires de chiens dans le cadre de la lutte contre la rage et elle constitue un outil majeur de traçabilité des actions mises en œuvre.

Un cadre législatif réglementant la nécessité d'identifier les carnivores domestiques, et en particulier des chiens de propriétaires, divagants ou non, est donc recommandé par l'OIE (Office International des Epizooties, 2009). Cette identification est le plus souvent temporaire et/ou non spécifique d'un individu, à l'occasion d'un acte médical: pose d'un collier, marque à l'oreille, voire marque de peinture quand il s'agit uniquement de pouvoir effectuer un comptage après une campagne de vaccination et de stérilisation. Les photographies de la figure 24 proviennent d'un voyage effectué personnellement au Népal dans un centre privé qui identifie, vaccine et stérilise les chiens errants et divagants (principalement des chiens de communauté). Le directeur du Centre indique n'utiliser que des identifications temporaires ou non spécifiques, comme montrées ci-dessus. En effet, les fonds qui sont à la disposition du Centre sont loin de suffire pour introduire un système d'identification définitive des carnivores domestiques. Un tel système pourrait pourtant permettre d'effectuer le suivi de l'état de vaccination de la population, et les rappels nécessaires au maintien de la couverture vaccinale.

Une campagne de vaccination aux Philippines a par exemple utilisé les colliers et les marques de peinture pour évaluer la couverture de la campagne dans les jours qui ont suivi. Cette étude montre la nécessité de la visibilité et de la pérennité de la marque pendant un minimum de temps (plusieurs chiens ont été mal comptabilisés car la marque de peinture était effacée) ainsi que de la systématisation de l'identification pour améliorer la fiabilité de l'identification (tous les chiens vaccinés n'avaient pas reçu de marque d'identification) (Childs *et al.*, 1998).

Les recommandations de l'OIE visent à un suivi durable de la population canine, et consistent donc en la mise en place d'une base de données centralisée des marques d'identification définitives (tatouage, puce électronique), permettant également de retrouver les propriétaires des chiens divagants (Office International des Epizooties, 2009).

Figure 24: Méthodes d'identification dans le cadre des campagnes de stérilisation et de vaccination, Katmandou, Népal

(Source: Vezzoli, 2015, crédit personnel)



Légende: A: marque permanente à l'oreille; B: collier temporaire

L'identification des chiens divagants est donc capitale pour suivre la démographie de la population canine, la couverture vaccinale et des campagnes de stérilisation. Cependant, les principales méthodes encore utilisées sont souvent temporaires et non centralisées, ce qui peut poser des difficultés pour vérifier l'efficacité de la vaccination à l'échelle d'un individu (test sérologique).

1.1.2.2. La vaccination

Les campagnes de vaccination utilisent des méthodes diverses et sont à la base de la lutte contre la rage canine dans les pays où elle est enzootique et où les chiens errants et divagants sont les principaux réservoirs. Il y a cependant de nombreux critères à vérifier pour que celle-ci soit efficace, selon la population concernée.

Comme mentionné précédemment, les institutions internationales indiquent la nécessité d'une couverture vaccinale de la population canine de 70% selon la loi de Charles Nicolle, pour que la transmission du virus au sein du réservoir soit interrompue. Ce chiffre implique cependant que le vaccin utilisé soit de bonne qualité, que la vaccination soit réalisée correctement et surtout, que les individus puissent produire une réponse immunitaire suffisante, ce qui n'est pas toujours le cas (cf. infra).

1.1.2.2.1. Aspects éthologiques et accessibilité :

Cela implique tout d'abord de faire des recherches sur la démographie de la population canine, pour estimer les ressources à mettre en place, mais aussi déterminer l'accessibilité des chiens susceptibles d'être vaccinés. L'accessibilité des chiens est un des principaux facteurs limitants par rapport au succès de ces campagnes. Elle dépend de la participation des propriétaires à la contention, mais aussi des usages de ces chiens. Les mâles préférentiellement utilisés pour la garde sont par exemple plus agressifs par nature, et la contention peut s'avérer difficile (Jibat *et al.*, 2015). Dans certaines communautés, les habitants rapportent également des difficultés de contention de leurs propres animaux lors des campagnes, et une "résistance" des animaux lorsqu'ils ont déjà été exposés à des interventions auparavant (Macpherson *et al.*, 2013). Il faut donc prendre en considération ces éléments d'accessibilité concernant la population de chiens de propriétaires, mais aussi les chiens errants sans propriétaires, qui ne seront donc pas touchés par la plupart des méthodes de campagne de vaccination antirabique de masse. Le plus souvent, les chiens errants sont minoritaires au sein de la population canine totale, mais mettre en place des campagnes de vaccination adaptées permet une lutte plus efficace (Davlin et VonVille, 2012 et Jibat *et al.*, 2015).

L'autre catégorie de chiens par définition inaccessible aux campagnes de vaccination est constituée par les chiens trop jeunes. Comme mentionné précédemment, les juvéniles sont majoritaires au sein de la population canine totale, et jouent un rôle prépondérant dans la transmission du virus de la rage à l'Homme, en particulier aux enfants, qui jouent plus volontiers avec des chiens jeunes et des chiots. Les études rapportent qu'il est également important de vacciner les jeunes et les chiots pour augmenter l'immunité globale de la population. Il est important donc de sensibiliser la population, souvent mal informée, par rapport à l'âge minimum de la vaccination de leurs animaux, et vis-à-vis des bénéfices à tirer de la vaccination des juvéniles (Ceballos *et al.*, 2014).

1.1.2.2.2. Stratégies et modalités de vaccination :

Différentes stratégies peuvent alors être mises en place. Tout d'abord, l'OMS recommande la détermination de la zone géographique en organisant une campagne sur une zone unique plutôt que dans plusieurs parties du territoire isolées les unes des autres (OMS, 2013). La question se pose également du financement. L'étude de Jibat *et al.* (2015) a montré que la couverture vaccinale était significativement plus importante lorsque la campagne ne demandait aucun financement de la part des propriétaires (avec une moyenne de 68% de chiens vaccinés, contre en moyenne 18.1% pour les campagnes de vaccination demandant une participation financière aux propriétaires). Il est donc important de trouver des financements pour que la population ne pouvant ou ne voulant pas payer pour les frais de vaccination puisse faire vacciner ses animaux, et en informer la population. Les financements peuvent souvent être gouvernementaux ou d'origine internationale (Ben Osman et Haddad, 1988).

- Vaccination par voie parentérale

Pour les chiens divagants et les chiens de propriétaires en général, les campagnes de vaccination utilisent le plus fréquemment des vaccins à administrer par voie parentérale. Il faut prendre garde à utiliser un vaccin conforme aux recommandations de l'OMS, avec un titre suffisant. Des programmes de vaccination de masse en Tunisie ont utilisé par exemple le Rabirabta (vaccin produit en Tunisie à partir d'encéphale d'agneau), ou encore le Rabisin (produit par l'Institut Mérieux en France), le Rabdomun (produit en Grande- Bretagne) ou le Delcavac (produit aux Pays Bas) (Ben Osman et Haddad, 1988). Ce sont souvent des vaccins dont l'AMM indique qu'ils peuvent être administrés tous les deux ans, mais pour maintenir une couverture vaccinale suffisante, il est préférable que les campagnes aient lieu tous les ans (Expert Consultation on Rabies et World Health Organisation, 2013). Il faut par ailleurs pouvoir acheminer le vaccin jusqu'aux lieux de la campagne en s'assurant que la chaîne du froid n'a pas été rompue et que les vaccins ont été conservés à une température adéquate (Expert Consultation on Rabies et World Health Organisation, 2013). Or, les pays concernés ont souvent des climats chauds, augmentant ainsi la difficulté de respecter la chaîne du froid: les glaciers peuvent représenter par exemple une alternative peu coûteuse mais ne sont pas très efficaces pour toute la durée de la campagne lorsqu'elles sont exposées de façon prolongée à la chaleur, les camions frigorifiques sont plus efficaces mais aussi beaucoup plus onéreux. Plusieurs stratégies peuvent ensuite être testées: la vaccination peut être organisée en un point central. Les propriétaires sont informés à l'avance du lieu, du jour et des éventuels frais de la vaccination, souvent par des affiches ou des annonces régulières dans des endroits stratégiques du village ou de la communauté. Ils amènent donc leurs animaux à un endroit donné, souvent une position géographique connue et centrale de la communauté, et sont accueillis par des équipes formées chargées d'identifier (de manière temporaire le plus souvent) l'animal, de le vacciner et de délivrer aux propriétaires un certificat de vaccination (figure 25). Le plus souvent, il est recommandé de ne refuser aucun animal (quel que soit son âge ou son statut vaccinal) pour ne pas provoquer de confusions dans le message délivré. L'OMS recommande aussi d'avoir à disposition pour les équipes les produits de prophylaxie post exposition, en cas de morsure lors de la contention de chiens agressifs. Il est donc très important que le personnel soit également formé et équipé pour prévenir tout risque. (Expert Consultation on Rabies et World Health Organisation, 2013)

Figure 25: Point central de vaccination anti-rabique dans un village de Tanzanie

(Source: Cleaveland *et al.*, 2014)



Une autre stratégie, parfois combinée à la première, est le porte-à-porte. Des équipes de professionnels couvrent un secteur d'habitation sur une période donnée dans le but d'atteindre un maximum de chiens n'ayant pas pu être vaccinés au cours de la campagne sur un lieu central. C'est une technique qui peut être employée en particulier dans les zones rurales où la distance au point de vaccination peut être trop importante pour certains foyers, et donc décourager certains propriétaires de vacciner leur chien. Cela demande cependant des ressources plus importantes pour une même efficacité. Les problèmes rencontrés sont alors la disponibilité des propriétaires, ou les animaux en cours de divagation. Le rapport même que les propriétaires ont avec le chien peut affecter le succès de ces campagnes, dans certaines communautés musulmanes par exemple où les propriétaires n'aiment pas manipuler les chiens, ou dans certaines communautés du Maasai en Tanzanie, pour qui les mesures de confinement sont difficiles à appliquer (Kaare *et al.*, 2009).

- Vaccination par voie orale

La stratégie qui a été développée pour atteindre les populations non accessibles aux vaccinations parentérales, pour des chiens divagants agressifs ou errants par exemple, est la vaccination orale. Cette stratégie a été utilisée en France et dans d'autres pays d'Europe pour lutter contre la rage vulpine, mais a aussi été testée chez les chiens en Tunisie afin d'augmenter la couverture vaccinale totale de la population canine en atteignant les chiens non accessibles à la vaccination parentérale, ce qui représente 20% de la population totale. L'innocuité a été testée en suivant cliniquement des animaux sur plusieurs mois (renards, chiens et chats) après administration du vaccin, et a montré une absence de signes locaux ou généraux suite à l'administration du vaccin (Blancou *et al.*, 1989). Un vaccin à virus vivant atténué (souche SAG2) a également été testé au Maroc. Cette souche est recommandée par l'OMS (Darkaoui *et al.*, 2014).

L'efficacité de la campagne dépend autant de l'appétibilité de l'appât que de l'immunogénicité du vaccin. Plusieurs types d'appât ont été testés, en particulier lors d'une étude menée en Tunisie par Matter *et al.* (1995): un appât artificiel à base de gras et de chair de poisson, un autre formé d'un polymère de cire et de chair de poisson (utilisé pour la

vaccination des renards), et enfin des têtes de poulet. Des marqueurs de couleurs (bleu de méthylène, rhodamine B) ont été utilisés ensuite pour suivre la prise des appâts et tester la prise vaccinale (le marqueur remplaçant la suspension vaccinale) (Matter *et al.*, 1995). Le type d'appât le plus appétant pour les chiens divagants s'est avéré être la tête de poulet. L'étude l'explique en partie par le fait que le poulet constitue la majorité du régime alimentaire des chiens concernés, tandis que le poisson attire également d'autres espèces, comme les chats, pouvant donc créer une compétition entre les espèces et diminuer la prise par la population cible.

L'étude de Matter *et al.* (1995) en Tunisie a utilisé une zone de décharge publique pour déposer et tester les appâts et a créé un système de cercles de terre humide pour observer les traces des animaux consommant les appâts. D'autres espèces peuvent cependant largement consommer les appâts, et le système de terre humide est imparfait en climat chaud, les traces pouvant alors devenir difficilement visibles. Il est également impossible avec ce système, de faire la différence entre plusieurs individus de la même espèce. Par exemple, certains chiens ont été observés avec des traces bleues sur les membres antérieurs et les babines, indiquant probablement la prise de plusieurs appâts. L'étude portant sur un grand nombre d'appâts et plusieurs lieux, elle a permis cependant de conclure que la plupart des appâts probablement consommés par les chiens avaient été les têtes de poulets, principalement en soirée (vers 21h) et tôt le matin (6h), période d'activité maximale des chiens.

L'OMS recommande plusieurs systèmes de distribution des appâts ayant fait leur preuve : le système de distribution des appâts au porte à porte, la distribution aléatoire des appâts dans la rue à tous les chiens sans distinction, la distribution des appâts à un point central aux propriétaires qui le donneront à leur animal, et la distribution d'un nombre d'appâts donnés dans une zone que l'on sait fréquentée par des chiens errants et divagants, ce qui implique également dans le cas des chiens un ramassage des appâts non consommés au bout d'un temps à déterminer (modèle utilisé en faune sauvage) (Organisation Mondiale de la Santé, 2007). La méthode consistant à distribuer les appâts directement dans les foyers pour les chiens divagants dont la contention est difficile a eu du succès en Tunisie (Matter *et al.*, 1998). Une étude menée au Maroc a confirmé le succès de cette méthode et a également montré que la technique dérivée de celle utilisée en faune sauvage a conduit à environ 68% de capsules vaccinales contenues dans les appâts percées. Le suivi de la vaccination a été effectué par coloration des appâts avec du bleu de méthylène, retrouvé ensuite au niveau de la muqueuse buccale des animaux ou de leur face.

L'étude montre que la technique à utiliser dépend fortement de la relation que l'Homme entretient avec le chien dans la zone concernée. Par exemple, en Tunisie et au Maroc, la population canine a tendance à se méfier des Hommes et n'accepte pas facilement de nourriture donnée à la main dans la rue. Peu de chiens de l'étude au Maroc ont consommé l'appât lorsqu'il était donné à la main. En Asie en revanche, les chiens sont moins méfiants et donc plus réceptifs à la technique de distribution à la main, qui peut donc atteindre davantage de chiens (Darkaoui *et al.*, 2014).

Il est également très important de considérer la perception de la vaccination par la population, et de la sensibiliser sur plusieurs points, notamment là encore vis-à-vis de la nécessité de vacciner les chiens même jeunes, ainsi que de l'innocuité des vaccins utilisés.

Ainsi, des études rapportent par exemple le risque que représente la vaccination des jeunes chiens, si une maladie ou un décès survient dans les jours qui suivent leur vaccination. Le propriétaire peut alors associer cette maladie au vaccin, ce qui peut conduire à une augmentation des réactions hostiles contre la vaccination (Kaare *et al.*, 2009). L'information des populations quant à l'innocuité des vaccins par voie orale distribués dans la rue est également importante. La population a par exemple exprimé des réticences et des craintes quant aux risques que représentent ces vaccins pour les enfants ou pour les animaux. Cette méfiance peut alors avoir des conséquences sur la campagne puisque les appâts qui sont déposés pour être consommés par les chiens sont susceptibles d'être détruits ou retirés par les habitants eux-mêmes avant que les bénévoles ne puissent les ramasser (Matter *et al.*, 1998).

Au bilan, les techniques de vaccination sont donc variées et doivent être adaptées :

- à la démographie humaine et canine,
- aux rapports entre le chien et l'Homme dans la zone concernée,
- à l'accessibilité des populations canines.

Les techniques par voie parentérale et orale peuvent être combinées afin d'optimiser la couverture vaccinale et de ne pas maintenir un réservoir de chiens errants inaccessibles à la vaccination. La sensibilisation de la population quant à la nécessité de la vaccination et à l'innocuité du vaccin est également importante pour ne pas entretenir de fausses croyances et pour que les communautés acceptent de participer aux campagnes et s'y impliquent activement.

La vaccination peut aussi être combinée à des programmes de contrôle de la reproduction.

1.1.2.3. Le contrôle de la reproduction

Le contrôle de la reproduction est souvent à la base des mesures de contrôle des populations canines errante et divagante. Il permet d'agir le plus directement sur l'expansion de ces populations, en évitant l'abandon des chiots ou des femelles gestantes, qui deviendront ensuite des chiens errants. Il intervient également assez directement dans la circulation du virus entre les individus et les populations, puisqu'il permet une diminution des comportements agressifs, en particulier des mâles en compétition pour une femelle par exemple.

Le contrôle de la reproduction peut passer par différentes méthodes : la stérilisation chirurgicale, la stérilisation ou la contraception chimique, et plus simplement, la séparation physique des femelles en œstrus des mâles non castrés. Cette dernière implique une acceptation par les habitants du confinement des chiens, mais aussi une éducation par rapport aux signes d'œstrus chez la chienne et au respect de son bien être pendant le confinement (espace...).

1.1.2.3.1. La stérilisation chirurgicale

La stérilisation chirurgicale requiert la disponibilité d'un personnel vétérinaire formé, mais aussi les infrastructures pour effectuer les interventions de manière aussi aseptique que possible, avec l'anesthésie et l'analgésie appropriée. Il est important donc de concentrer ces campagnes de stérilisation sur les chiens les plus susceptibles de se reproduire avec succès,

souvent les femelles jeunes, errantes et divagantes. Il faut alors agir d'une part sous la forme de campagnes d'éducation et de sensibilisation à la nécessité du contrôle de la reproduction, pour que les propriétaires se présentent individuellement pour faire réaliser la stérilisation chez leur animal, et d'autre part de campagnes de stérilisation avec CNR, (Capture-Neuter-Release, ou Capture-Stérilisation et Relâché) qui ont aussi été menées avec succès.

Cette dernière approche consiste donc à capturer directement dans la rue les chiens errants ou divagants, à les stériliser (une vaccination et une identification temporaire sont alors souvent effectuées de manière concomitante) et à les relâcher dans leur zone d'origine ou bien à les héberger en attendant une nouvelle adoption. Des infrastructures respectueuses du bien-être animal et des financements durables sont alors absolument nécessaires aux campagnes.

Ces campagnes sont souvent mises en échec lorsqu'elles sont trop localisées pour véritablement avoir une répercussion sur la population, ou lorsque les chenils sont débordés par rapport à la population recueillie, en raison d'un manque de nouvelles adoptions de chiens errants. Les effets bénéfiques apportés par ces campagnes sont aussi rapidement mis à mal dès qu'ils sont interrompus, même pour quelques mois, en raison du turn-over rapide et de la moyenne d'âge souvent faible au sein des populations errantes et divagantes. Certaines campagnes de CNR ont eu du succès en Inde et dans certains pays d'Europe de l'Est, mais le financement durable est souvent un facteur limitant (International Companion Animal Management Coalition, 2007, OIE Terrestrial Animal Health Standards Commission, 2009).

Les financements de ces projets sont souvent en partie au moins d'origine gouvernementale (pour 58% de ces programmes selon une étude menée par l'OIE), mais des ONG participent également à leur financement et à leur gestion (49%) (Dalla Villa *et al.*, 2010).

1.1.2.3.2. La stérilisation chimique

Des procédés hormonaux et chimiques ont aussi été étudiés, mais souvent leur coût n'est pas intéressant pour une utilisation à grande échelle sur les chiens errants et divagants, par rapport à une stérilisation chirurgicale. Il s'agit principalement d'implants hormonaux, comme la desloreline, ou d'un autre agoniste de la GnRH qui a montré son efficacité sur l'infertilité et la diminution des comportements agressifs, l'azagly-nafaréline (GONAZON®). Des méthodes chimiques de castration par un dérivé du gluconate de zinc en injection intratesticulaire a également montré un succès temporaire, mais la présence de réactions indésirables et le coût découragent souvent son utilisation (Massei et Miller, 2013). Ces méthodes de stérilisation chimiques sont cependant encore peu utilisées à grande échelle, la stérilisation chirurgicale leur le plus souvent préférée.

1.1.2.4. La limitation des ressources alimentaires

Pour diminuer la densité de populations de chiens errants et divagants, ainsi que les interactions antagonistes entre ces chiens ou avec les chiens et les Hommes à cause des ressources alimentaires, un aspect important est la diminution de l'accès aux ressources alimentaires. Les chiens divagants et errants sont principalement présents dans les pays en

développement, et la démographie humaine allant le plus souvent de pair avec un manque d'infrastructures conduit à une mauvaise gestion des déchets, avec des collectes irrégulières, un stockage des ordures accessible aux chiens, des décharges non sécurisées, et une gestion insuffisante des déchets sensibles, comme les carcasses des abattoirs.

La gestion des déchets et des différentes ressources est donc un outil pour le contrôle de la population canine, mais qui ne peut être utilisé seul. En effet, un propriétaire qui laisse divaguer son chien peut ne pas le nourrir régulièrement. Le chien trouve alors sa subsistance dans la rue et entre alors en compétition avec d'autres chiens, pouvant créer des interactions antagonistes et des agressions de nature à permettre la propagation du virus rabique. Si les ressources alimentaires lui sont inaccessibles mais que les propriétaires le laissent toujours divaguer ou ne lui apportent pas la nourriture appropriée, un problème éthique et de santé publique se pose alors à cause de la faim engendrée pouvant conduire à une agressivité (vis-à-vis d'enfants tenant un aliment à leur portée par exemple) ou à un comportement de prédation envers le bétail. Il est donc important en parallèle, d'une part de sensibiliser les propriétaires vis-à-vis de l'importance des habitudes de nourrissage, et d'autre part d'utiliser d'autres moyens pour réduire la population canine (programmes de stérilisation, voire d'élimination, campagnes pour lutter contre les abandons, contrôle de la circulation des animaux et des introductions) afin d'éviter des problèmes de manquement au bien-être animal (famine, maladies...).

L'International Companion Animal Management Coalition (2007) recommande donc plusieurs axes d'action :

- L'évacuation régulière des déchets des ordures ménagères
- La clôture des sites de décharge et de dépôts d'ordure
- L'utilisation de bennes solides ne pouvant être dégradées par les chiens
- Une gestion particulière apportée aux déchets tels que les restes des restaurants, les carcasses d'abattoir...

La restriction à l'accès des ressources conduit également à diminuer les contacts entre les populations humaines (en particulier les enfants) et canines divagantes et errantes, et donc à bloquer la circulation du virus rabique à ce niveau.

1.1.2.5. L'euthanasie

L'euthanasie est, dans l'idéal, une méthode utilisée pour respecter le bien-être animal, quand les chiens sont retrouvés dans un état de trop grande souffrance. Cependant, certaines campagnes de contrôle des populations canines utilisent aussi l'euthanasie, en particulier lorsque les chiens ne sont pas accessibles (chiens errants ou féroces, agressifs, dont la contention et la capture sont impossibles) (International Companion Animal Management Coalition, 2007). L'OIE publie des recommandations quant aux méthodes à utiliser lorsque l'euthanasie est pratiquée. L'emploi d'un personnel formé et compétent est un élément majeur pour que la procédure soit sûre et respectueuse du bien-être animal. Les méthodes présentées sont principalement des méthodes par des agents chimiques (barbituriques, chlorure de potassium, overdose d'agents anesthésiants). Les méthodes mécaniques (exsanguination, fusil) constituent aussi une violation par rapport au bien-être animal, car elles sont douloureuses et, en pratique, rarement précédées d'une anesthésie générale. Les méthodes gazeuses peuvent aussi être utilisées (monoxyde ou dioxyde de

carbone) mais les risques pour l'opérateur et le coût du matériel présentent aussi des inconvénients (Office International des Epizooties, 2009).

L'euthanasie de masse est insuffisante seule et souvent utilisée de façon parallèle à d'autres procédés (stérilisation et vaccination), en particulier au début de la lutte, quand la population de chiens errants est trop importante. Les méthodes recommandées sont conçues pour le respect du bien-être animal, pour que la souffrance animale soit minimale, mais aussi la sécurité des opérateurs et de la population humaine (Office International des Epizooties, 2009).

Il a cependant été démontré qu'au long terme, les campagnes d'élimination ne sont pas efficaces pour la gestion des populations canines. Au Sri Lanka, des campagnes ont par exemple été menées chaque année depuis 1977, et ont montré que seule une part très réduite de la population canine totale avait été atteinte. De plus, des analyses sérologiques de chiens euthanasiés ont montré que 4% des individus tués étaient correctement immunisés contre la rage. Ces méthodes sont également difficilement acceptées par la population, d'autant plus qu'il est souvent difficile de faire la différence entre un chien errant sans propriétaire et un chien divagant. Par conséquent, une partie de la population canine euthanasiée était en réalité des chiens appartenant à un foyer.

En outre, cette pratique conduit à une accélération du turnover de la population, et les habitants deviennent également plus réticents. Cette méthode est donc globalement contre-productive puisque la population aura tendance alors à cacher ses animaux, et à ne pas les présenter aux campagnes de vaccination et d'identification (Organisation Mondiale de la Santé, 1988, Widyastuti *et al.*, 2015). De même, certaines méthodes d'élimination des populations canines errantes et divagantes employées auparavant, comme l'empoisonnement à la strychnine sur la population canine de Katmandou au début des années 2000, ont finalement été abandonnées à force de contestations quant au respect du bien-être animal, au profit d'initiatives privées de stérilisation et de vaccination. (Communication personnelle, 2015)

1.2. Evaluer l'efficacité de ces méthodes

Les campagnes menées combinent souvent plusieurs des actions détaillées ci-dessus, par exemple des campagnes de vaccination parentérale et orale, liées à des programmes de stérilisation chirurgicale par des organismes de CNR.

Pour encourager le maintien et le financement de ces programmes dans la durée, ou pouvoir les adapter, il faut en évaluer l'efficacité et la portée.

Il convient donc, dans un délai à définir suivant les campagnes de stérilisation et de vaccination, d'évaluer plusieurs paramètres, comme ceux exposés ci-après.

1.2.1. La couverture vaccinale

La loi de Charles Nicolle et les recommandations de l'OMS indiquent une couverture minimale nécessaire pour arrêter la circulation du virus de 70%. La couverture vaccinale est souvent évaluée par des questionnaires et par la vérification des certificats de vaccination distribués le jour de la campagne, ainsi que des études menées sur la proportion de chiens identifiés lors de périodes d'observation (suivant une méthode similaire à celle des études

écologiques d'estimation des populations, cf. partie II, section 1.2.1.1.), en notant le pourcentage d'individus identifiés lors de la campagne par rapport à la totalité des individus observés. Des études comparatives ont été effectuées et ont montré que plusieurs campagnes de vaccination sans frais pour le propriétaire permettaient d'atteindre un taux de couverture (en terme de pourcentage d'individus vaccinés) de 64 à 80% (Zambie, Chad, Tanzanie), contre seulement 9 à 56% pour les campagnes où la vaccination était à charge du propriétaire. L'objectif de 70% d'individus vaccinés, en vaccination parentérale seule ou en combinant vaccination orale et parentérale, peut donc être atteint (Jibat *et al.*, 2015).

Il faut cependant s'assurer que les individus vaccinés soient aptes à produire une réponse immunitaire suffisante (taux minimum d'anticorps fixé à 0.5 UI/mL). Or, une étude menée en 1987 a évalué la production d'anticorps neutralisants par des chiens errants vaccinés avec un vaccin commercialisé et importé réputé très performant *versus* un vaccin produit en Tunisie à partir d'encéphale d'agneaux. Le titre vaccinal lors de la primo-injection avec ce dernier était inférieur aux normes recommandées, alors que le titre antigénique du lot de ce vaccin utilisé pour le rappel et celui du vaccin commercial étaient largement suffisants. Cependant, une faible réponse immunitaire a été observée. Sur les 45 chiens vaccinés avec le vaccin local produit à partir d'encéphale d'agneau et testés, le titre moyen était de 0.37UI/mL un mois après la primovaccination, et de 0.03UI/mL lors de la nouvelle analyse 12 mois plus tard. Le vaccin importé a permis d'obtenir de meilleurs résultats, mais cependant insuffisants avec un titre moyen de 0.46 UI/mL un mois après la primovaccination, et 27% des chiens présentant un titre inférieur à 0,1 UI/mL (donc à considérer comme non répondeurs). Douze mois après primovaccination, alors que l'AMM de ce vaccin stipule que le rappel doit être réalisé tous les deux ans, le titre moyen avait chuté à 0,22 UI/mL, alors même qu'entre-temps 4 des chiens qui dans ce lot avaient présenté une réponse inférieure à 0,01 UI/mL avaient été abattus accidentellement par les forces de police.

Ces résultats tendent à montrer que les chiens errants pourraient ne pas être aptes à répondre correctement au vaccin, pour des raisons encore mal caractérisées mais probablement liées à leur état sanitaire (globalement mauvais, en lien notamment avec une alimentation insuffisante et déséquilibrée, des affections intercurrentes et du parasitisme). Une autre hypothèse est l'influence d'un facteur ethnique avec des animaux faibles producteurs d'anticorps : en effet, des recherches d'anticorps spécifiques chez des chiens vaccinés depuis deux ans montrent un taux d'anticorps très bas, bien qu'aucun cas de rage n'ait été notifié dans la région de l'étude durant ces deux années. (Haddad, 1987). De même, une étude menée sur des chiens errants en Inde que l'on a vacciné puis dont on a analysé le taux d'anticorps, souvent insuffisant, a montré que ces chiens ne développaient cependant pas la maladie après inoculation d'extraits de salive de chien enragés. L'hypothèse d'une intervention d'une immunité cellulaire est donc aussi à envisager (Haddad *et al.*, 1987 et Cliquet *et al.*, 2007).

Il est cependant important de considérer que la réponse immunitaire des chiens vaccinés n'est pas toujours optimale, afin de prévoir les ressources nécessaires pour être sûr de protéger durablement la population.

1.2.2. Sensibilisation et acceptation sociale

L'éducation et la sensibilisation de la population est également une étape importante. Cela peut passer par des campagnes de sensibilisation *via* des groupes de parole, des professionnels de santé locaux, des institutions privées ou encore des programmes d'éducation dans les écoles, comme c'est le cas aux Philippines par exemple, voire des autorités religieuses locales.

L'effet de ces campagnes se voit par un changement de comportement de la population envers les chiens, ou peut encore s'évaluer par la distribution de questionnaires dans les foyers afin d'évaluer le niveau de connaissance, et les comportements qu'ils veulent adopter face aux chiens.

Les campagnes de vaccination et de contrôle des populations ont par exemple conduit à un profond changement des mentalités en Inde, à Chennai (quatrième plus grande ville du pays). Une étude écologique et socio-culturelle menée en 2010 a montré que, depuis que les campagnes de vaccination avaient conduit à une absence de cas de rage dans la ville pendant plusieurs années, la façon de considérer les chiens errants et divagants par la population était très différente, avec moins de comportements agressifs observés, et davantage de soins fournis aux chiens (Macpherson *et al.*, 2013).

1.2.3. Suivi des cas de rage humaine et canine et des morsures

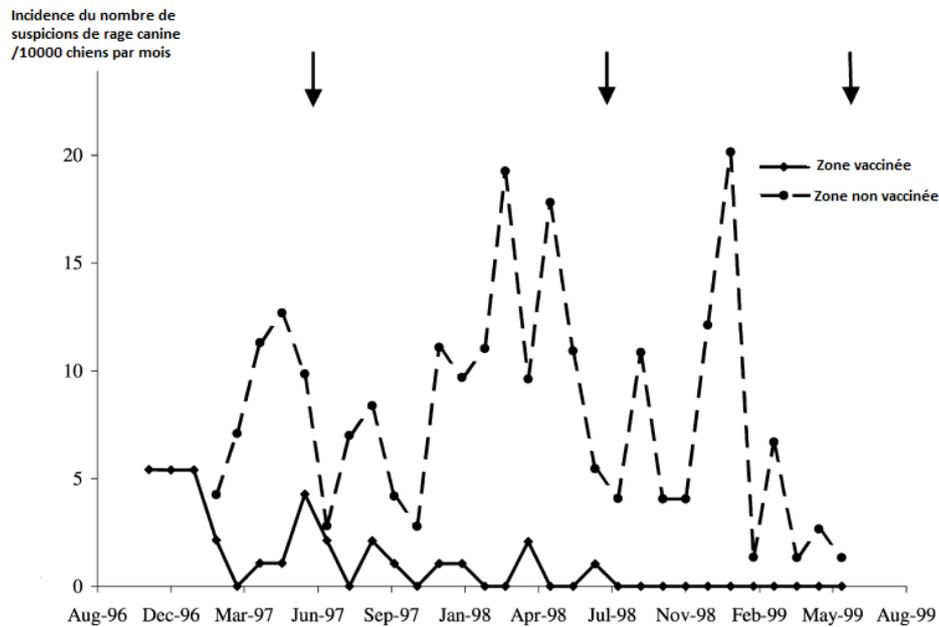
Pour observer l'effet durable des campagnes de vaccination et de contrôle des populations canines dans le temps, il est également très utile d'observer sur plusieurs années, au fil des campagnes, l'évolution du nombre de cas de rage canine, du nombre de victimes humaines, ou encore l'incidence des morsures, qui peuvent refléter plusieurs éléments (le changement des comportements dans la société, la baisse du nombre de chiens errants et divagants, et l'efficacité de la vaccination).

Ces éléments ont par exemple été étudiés en Amérique latine, révélant une baisse durable du nombre de cas de rage humaine causée par des chiens, et une baisse du nombre de cas de rage canine (cf partie II, section 2.2.1.2, figure 19).

D'autre part, une étude a été menée en Tanzanie après plusieurs années de campagnes de vaccination : l'incidence du nombre de cas de suspicion de rage canine et le nombre de déclarations de morsures était en très nette baisse après plusieurs campagnes. Afin de prendre en compte le phénomène non évaluable de sous déclaration, l'étude a comparé ces paramètres entre la zone où les campagnes de vaccination ont eu lieu et une zone d'un district voisin où les chiens n'ont pas été vaccinés (Cleaveland *et al.*, 2003) (figure 26).

Figure 26: Incidence des cas de suspicion de rage canine après des campagnes de vaccination dans le district de Serengeti (vaccination) et le district de Musoma (pas de vaccination), en Tanzanie

(Source: Cleaveland et al., 2003)

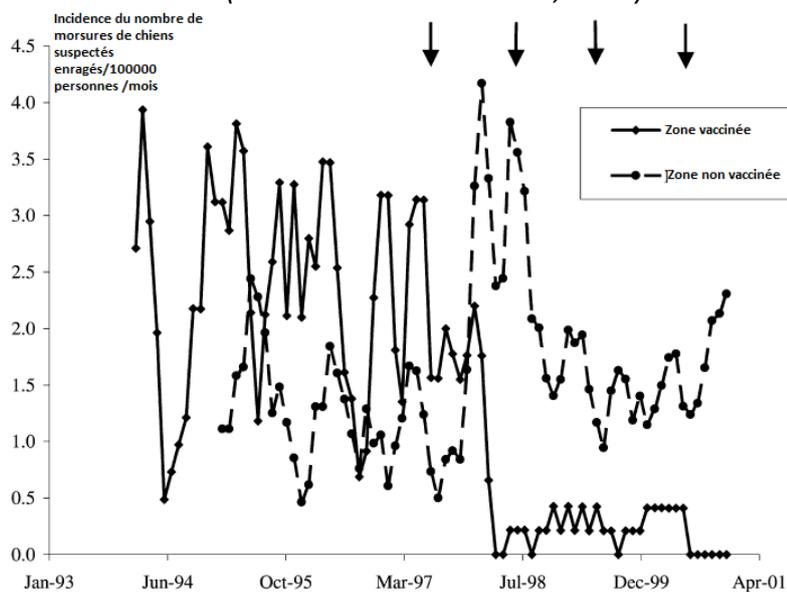


Légende: flèche: fin des campagnes de vaccination

Le nombre de morsures était également en net déclin sur plusieurs années suite aux campagnes de vaccination (figure 27).

Figure 27: Incidence du nombre de morsures par des animaux suspectés enrégés après plusieurs campagnes de vaccination en Tanzanie

(Source: Cleaveland et al., 2003)



Légende: flèche: fin des campagnes de vaccination

Ces différents outils permettent donc d'évaluer le plus précisément possible l'efficacité et la portée des programmes de lutte, qui combinent souvent plusieurs types de mesures (vaccination, programmes de stérilisation et contrôle des ressources, programmes de sensibilisation).

1.3. Acteurs mobilisés à l'échelle nationale et internationale

Pour la conception et la mise en place sur le terrain de programmes de gestion des populations de chiens errants et divagants et de lutte contre la rage canine, plusieurs acteurs sont nécessaires. Une coordination importante des services gouvernementaux est capitale pour assurer le succès des missions.

Le tableau 8 résume le rôle de chaque service gouvernemental dans la mise en place et l'évaluation des programmes de lutte.

Tableau 9: Répartition des rôles des services gouvernementaux dans le cadre d'un programme de lutte contre la rage au sein des populations de chiens errants et divagants

(Source: BluePrint for Rabies Control, 2014)

	Actions	Service gouvernemental
Activités	Vaccination des chiens Campagnes de stérilisation (actes chirurgicaux) Elimination physique (euthanasie par injection létale) Marquage et identification	Services Vétérinaires : Ministère de l'Agriculture
	Aide à la capture des animaux et à l'application des réglementations Elimination physique (usage d'armes à feu ou d'appâts empoisonnés)	Ministère de l'Intérieur
	Programmes d'éducation et de sensibilisation	Ministère de la Santé et Ministère de l'Education
	Gestion des ressources (évacuation des déchets, sécurisation des décharges publiques)	Ministère de l'Environnement ou Ministère du Tourisme ou Ministère de la Gestion des Ressources Naturelles selon les pays
Mesure des résultats	Surveillance des cas de suspicion de rage canine	Ministère de l'Agriculture
	Surveillance des morsures par des chiens	Ministère de la Santé en communication avec les services vétérinaires
	Analyses diagnostiques sur les animaux et analyses sérologiques de contrôle de la réponse immunitaire	Services vétérinaires : ministère de l'Agriculture (sinon, Ministère de la Santé)
	Enquêtes auprès des populations pour recueillir leur perception du danger du virus rabique	Ministère de la Santé

Le tableau 9 montre la nécessité d'une coopération entre les services gouvernementaux : par exemple, les services vétérinaires dépendant du ministère de l'Agriculture ne peuvent mettre en place de programmes de stérilisation de masse sans l'aide d'intervenants du ministère de l'Intérieur pour aider à la capture des chiens et au respect de la réglementation. Des comités interministériels peuvent être créés pour aider à la coopération et à la communication entre les services (Blueprint for Rabies Control, 2014).

Il est également recommandé, pour une meilleure efficacité et une meilleure prise de conscience et participation de la part de la population, d'impliquer des intervenants locaux, pour la surveillance, l'éducation et la sensibilisation. Les gouvernements peuvent aussi collaborer avec des structures privées comme des producteurs de vaccins, ou déléguer certaines actions à des associations à financement privé qui auront une action locale, pour faciliter l'acceptation par la communauté. Au Népal par exemple, le gouvernement, lorsqu'il a cessé d'utiliser l'euthanasie par empoisonnement, a encouragé la création d'associations privées telles que le KAT Centre à Katmandou pour la vaccination et la stérilisation des chiens errants et divagants. L'activité de ce centre est alors facilitée par l'implication d'acteurs appartenant directement à la communauté (Observation personnelle ; Taylor, 2013).

Des institutions internationales comme l'OMS, ou des ONG comme le *Blueprint for Rabies Control*, ont également des rôles importants à jouer en tant qu'experts, conseillers, mais aussi pour aider au financement, et peuvent également aider à mobiliser et former des équipes sur le terrain pour la mise en place des plans de lutte. Le *Blueprint for Rabies Control* a par exemple été lancé en 2010 et offre un support en ligne pouvant servir de guide de développement de programmes, rassemblant les recommandations des instances internationales, les conseils d'aide au financement, et la mise en place pratique de toutes les composantes nécessaires aux programmes de lutte (Taylor, 2013). Le GARC par exemple, ou l'OMS, fournissent des exemples de posters pouvant être adaptés et utilisés pour sensibiliser la population à la nécessité de la vaccination (GARC) ou à bien reconnaître les comportements des chiens pour prévenir les agressions, avec des posters adaptés aux enfants. Ces posters sont visibles en annexe IV (GARC, 2016; OMS, 2015).

2. Présentation d'exemples de plan de lutte

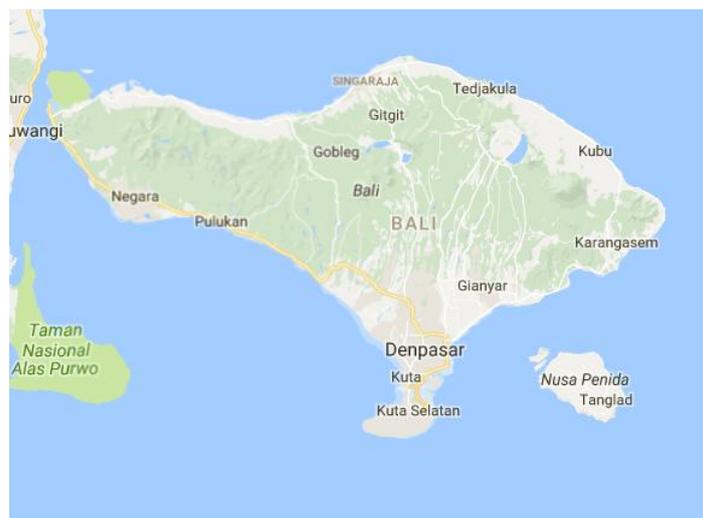
2.1. Exemple de programme de lutte en territoire insulaire: Bali, 2009-2016

2.1.1. Description de la situation

Plusieurs îles d'Indonésie auparavant indemnes de rage ont connu une émergence ou une réémergence de la maladie: Flores en 1997, Maluku en 2003, Bali en 2008 (figure 28). Du fait de la nature de la relation entre l'Homme et le chien et de la place du chien dans la société balinaise (association aux croyances, traditions relatives au chien balinais) décrite partie II, section 1.1.2., l'existence des chiens divagants et errants a rapidement conduit à une dissémination de la maladie sur l'île, malgré les tentatives de la confiner au sein des deux districts touchés en premier. Les systèmes de surveillance et de notification étant défectueux, lorsque les programmes de vaccination canine de masse ont débuté, 477 cas de rage canine avaient été confirmés, et de surcroît les autorités ont estimé que ces cas ne représentaient que 10% de l'incidence réelle. Les autorités ont également dû faire face au manque de sensibilisation au problème de la société balinaise, et au manque de personnel formé au diagnostic de la rage. Les études de densité de la population canine ont montré un ratio Homme/Chien de 8/1 en 2009 (Putra *et al.*, 2011) et une population canine globale d'environ 400000 chiens, pour une densité allant jusqu'à 250 chiens/km² dans les zones urbaines les plus densément peuplées. Des études écologiques et les premières campagnes de vaccination ont montré cependant que 80% des chiens étaient accessibles à la vaccination (Townsend *et al.*, 2013).

Figure 28: Carte de Bali, en Indonésie

Source: Google Maps



2.1.2. Mesures mises en place

La principale mesure mise en place par le gouvernement national et provincial a été la réalisation de campagnes de vaccination de masse, associées à des modifications de la législation et à une identification au moins temporaire des animaux. Townsend *et al.* (2013) ont donc étudié les différentes stratégies possibles de vaccination pour en déduire celles ayant la meilleure efficacité.

Pour cela, l'île a été divisée en 24 blocs, et plusieurs types de campagnes ont été testés: des campagnes synchrones, où les chiens des 24 blocs étaient tous vaccinés en un mois de façon simultanée, des campagnes annuelles où les chiens de 4 blocs sont vaccinés par mois. Des employés du ministère de l'agriculture ainsi que des volontaires de la communauté et des dirigeants religieux ont été impliqués. Les propriétaires étaient informés de la tenue de point central de vaccination et encouragés à présenter leur chien âgé de 2 semaines et plus à un point de vaccination central, ou à un praticien privé. Un collier spécial était mis aux individus vaccinés pour une étude *a posteriori* de la couverture vaccinale. Des études de la couverture vaccinale ont ensuite montré, selon les campagnes, une couverture vaccinale entre 40 et 80%. La méthode qui s'est avérée la plus efficace, qui est donc recommandée par Townsend *et al.* (2013) et est encore en place aujourd'hui, est celle consistant à mener une campagne vaccinale annuelle durant plusieurs mois, à l'aide d'un vaccin dont la durée de protection est d'au moins un an. En effet, les campagnes ayant lieu sur une trop courte durée (un mois) ont manqué d'efficacité en raison d'un manque de personnel dans le cas de Bali. En effet, dans cette situation, trop de campagnes avaient lieu en même temps dans plusieurs districts, et le nombre de volontaires s'est montré insuffisant pour pouvoir en répartir suffisamment, ce qui n'est pas le cas lorsque les campagnes dans les différents districts sont différées les unes par rapport aux autres. .

2.1.3. Résultats actuels et prévisions

Un système de surveillance plus efficace a également été mis en place, et la FAO rapporte une chute de 99% du nombre de cas humains, et de 90% du nombre de cas animaux entre 2011 et 2013 après la mise en place de ces campagnes. Le financement gouvernemental provenait principalement du ministère de l'agriculture et du ministère de la santé, et ces financements ont été fortement diminués en 2013, ce qui a conduit à une recrudescence du nombre de cas en 2014 et 2015 (3 et 15 cas humains respectivement en 2014 et 2015, et 529 cas animaux déclarés en 2015). Le directeur du département de santé animale a donc demandé l'aide de l'OIE et de la FAO, et la collaboration du ministère de la santé pour accroître les capacités sur le terrain et les capacités diagnostiques des laboratoires, pour une meilleure efficacité de la campagne de 2016 (la 7ème depuis le début du programme), qui prévoit de vacciner 400 000 chiens entre avril et juin 2016. Des mesures réglementaires de contrôle de la circulation des animaux, d'obligation pour les propriétaires de vacciner leurs chiens, et des mesures sanitaires d'investigation des cas de morsure de chiens ont également été mises en place.

En 2016, un programme de gestion de la population canine combiné aux campagnes de vaccination a également été mis en place dans un des districts (Gianyar) et a déjà été associé à une forte réduction de l'incidence de la rage canine et humaine. Il pourra être élargi à l'île entière dans les années à venir en fonction de son efficacité. Ce programme a pour but de

sensibiliser les propriétaires à la nécessité du contrôle de la reproduction chez les chiens et de les responsabiliser vis-à-vis de la divagation des chiens, d'instaurer de nouvelles mesures réglementaires dans ce but, de promouvoir l'identification des carnivores domestiques, et de collaborer avec des associations privées pour des programmes de stérilisation chirurgicale et chimique de la population divagante et errante (programmes de CNR), ainsi qu'un contrôle de l'accès aux ressources alimentaires pour les chiens divagants.

Ce programme n'a cependant pas encore été développé à grande échelle. (FAO, 2016)

Le programme de vaccination et de gestion des populations canines à l'échelle insulaire s'est avéré prometteur au vu de ses résultats obtenus, dès lors que la collaboration au sein du gouvernement indonésien a permis d'agir sur plusieurs fronts dans le cadre du concept "One Health" (Une seule santé). Il faut cependant prendre en compte le fait que la nature insulaire du territoire facilite le contrôle aux frontières pour la circulation des animaux, ce qui est une étape importante du maintien du statut indemne du territoire, et que la collaboration entre les différents services gouvernementaux, avec les institutions internationales et les associations privées agissant sur le terrain doit être durable pour que le programme soit efficace. L'exemple indonésien illustre le fait, comme l'avait montré l'exemple tunisien (Ben Osman et Haddad, 1988), que tout essoufflement dans la lutte contre la rage canine dans les pays où le chien constitue le réservoir de virus rabique aboutit à une recrudescence de la rage humaine et animale.

2.2. Programme de lutte en Inde: Jaipur, étude de 1994 à 2002

2.2.1. Description de la situation et études écologiques

L'Inde connaît une rage enzootique et endémique difficile à contrôler. Des études rapportent qu'environ 20 000 personnes meurent chaque année de la rage en Inde, dont 96.5% à cause de morsures, de griffures ou de léchage par des chiens. Il convient de rappeler que ce nombre de cas est très probablement grandement sous-estimé.

Cette population canine est très importante et principalement errante ou divagante, pour plusieurs raisons: la tolérance culturelle, l'abondance de nourriture et d'abris, un fort turn-over et des politiques de gestion des populations canines à l'échelle du pays inefficaces. La population canine totale en Inde est estimée à 25 millions de chiens (Yoak *et al.*, 2014).

Les principales mesures mises en place sont des mesures de contrôle des naissances et de vaccination de masse des populations canines pour diminuer la capacité de reproduction de la population canine et pour ralentir la progression de la rage. Plusieurs grandes villes d'Inde ont mis en place ces programmes comme alternative à l'élimination physique massive, par électrocution ou par empoisonnement à la strychnine. Ces techniques ont en fait entraîné une augmentation du turn-over et des interactions d'agression entre les animaux en raison des modifications de leur structure sociale, ainsi qu'un rejet par la population.

Deux programmes basés sur le contrôle des naissances par CNR et sur la vaccination antirabique de masse ont été mis en place à Jaipur et Jodhpur, deux villes d'un état du nord-ouest de l'Inde, le Rajasthan (figure 29). Ces programmes ont conduit à une diminution de la population canine divagante et errante, et à une diminution de l'incidence de la rage. La santé globale des animaux paraît elle aussi améliorée (Yoak *et al.*, 2014).

Figure 29: Carte de l'Inde et localisation de Jaipur, dans l'état du Rajasthan



Légende: point rouge: localisation de Jaipur

Une étude de Totton *et al.* (2010) a évalué les comportements de reproduction des chiens errants et divagants dans la ville de Jaipur et Jodhpur (villes voisines) pour améliorer la programmation des campagnes de stérilisation. Il a été montré que la reproduction des chiens errants et divagants était saisonnière, avec significativement plus de gestations dans la période se situant juste après la saison de la mousson (septembre à novembre). Une influence du climat et de la photopériode est soupçonnée. Il en a été conclu que les programmes de contrôle des naissances basés sur la capture des chiens errants et divagants doivent être plus actifs pendant cette période (dans le cas de Jaipur où l'opinion publique admet une stérilisation de femelles gestantes) ou juste avant (pour Jodhpur). Cela implique donc des demandes particulières en terme d'approvisionnement des produits vaccinaux et des molécules utilisées pour la chirurgie, mais aussi une organisation pour assurer un personnel suffisant, formé et disponible, en particulier en cette période (Totton *et al.*, 2010).

2.2.2. Mise en place du programme et résultats

2.2.2.1. Méthodes d'action

Un premier programme a été mis en place à Jaipur dès 1994, principalement grâce à une association de bien-être animal "Help in Suffering", qui a lancé un programme de contrôle des naissances et de vaccination massive des chiens de la ville, principalement des chiens de communautés et des chiens divagants, et touchant principalement les femelles pour optimiser l'efficacité du programme.

Le programme consiste en une capture des chiens de la façon la plus respectueuse possible du bien-être animal : en les attirant avec de la nourriture, puis en les attrapant, ou lorsque les chiens sont suffisamment dociles, une personne se charge de les amener directement aux volontaires du Centre. Lorsque les chiens ne se laissent pas approcher, les personnes utilisent fréquemment un sac de toile. Les animaux sont conduits au centre, les détails

physiques et le lieu de la capture sont scrupuleusement notés. Ils sont alors examinés par un vétérinaire diplômé, les animaux jugés en trop grande souffrance sont euthanasiés et la stérilisation chirurgicale des animaux sains est effectuée 15 à 30 heures plus tard. Ils sont vaccinés en même temps, à l'aide du vaccin Rabigen® offrant normalement une immunité protectrice d'une durée d'un an et sont identifiés grâce à un tatouage à quatre caractères et à une coupe en petit demi-cercle de 2 à 3 cm de diamètre réalisée à l'aide du bistouri électrique sur le pavillon de l'oreille droite de façon à pouvoir visualiser aisément le fait qu'ils ont été stérilisés et vaccinés. Ils sont ensuite gardés au centre le temps de leur rétablissement complet (souvent entre 3 à 5 jours) puis sont relâchés à l'endroit de leur capture.

2.2.2.2. Résultats

Des études écologiques ont été réalisées à partir du moment où ce programme a démarré, et ont estimé la chute de la population canine à 28% entre novembre 1994 et décembre 2002, à raison d'une diminution d'environ 3.5% par an. Plus de 24 000 chiens ont été vaccinés et opérés durant cette période, à raison d'environ 3100 chiens stérilisés et 3700 chiens vaccinés par an. Les rappels vaccinaux ont été réalisés le plus régulièrement possible lorsque les animaux ont été retrouvés, et les cas de rage humaine ont fortement diminué, jusqu'à ce qu'aucun cas ne soit observé au principal hôpital de la ville en 2002. Le programme est toujours en place, et les derniers chiffres disponibles de 2012 indiquent une absence de cas déclarés de rage humaine entre 2010 et 2012. Le nombre de morsures rapportées a aussi fortement diminué et reste maintenant stable.

Le programme lancé à Jaipur est souvent pris en exemple par les institutions internationales pour son succès local, mais malgré des résultats très prometteurs, ce programme n'a jamais été généralisé à l'Etat ou au pays entier. D'autres programmes similaires ont été lancés à Jodhpur, Chennai ou d'autres grandes villes, mais sont toujours restés des initiatives locales. Selon les experts, un manque de collaboration des différents départements du pays et un défaut de financement durable en sont responsables. Ces projets sont donc souvent lancés de façon très locale, tandis que d'autres projets nationaux sont menés indépendamment par le National Center for Disease Control (NCDC) pour augmenter la sensibilisation de la population à la maladie, aux modes de transmission et aux premiers soins en cas de morsure, ou encore pour former davantage de personnels, médecins ou personnels de laboratoire, pour la surveillance et le diagnostic de la rage.

Une coopération débutante avec des institutions ou des entreprises internationales a également été mise en place pour aider aux financements d'autres programmes basés sur une approche transversale dans plusieurs grandes villes du territoire (Bulletin of the World Health Organization, 2009). Cependant, une enquête menée dans plusieurs hôpitaux universitaires en 2014 et relayée par l'OMS a montré que peu de jeunes médecins ou infirmiers sont à ce jour formés à la catégorisation des morsures ou aux protocoles de prophylaxie appropriés, et que seulement 70% de la population totale connaît la rage et que seulement 30% connaît les gestes pour réaliser les premiers soins après une morsure de chien. Les différents programmes n'ont pas touché une proportion suffisante de la population étant donné la grande disparité d'accès aux soins au sein de la population, et n'ont également probablement pas duré assez longtemps pour avoir un effet durable (Kole *et al.*, 2014).

2.3. Autres programmes de lutte contre la rage

2.3.1. Programmes d'élimination de la rage canine et humaine en Amérique latine

Les programmes de lutte contre la rage canine et la rage humaine d'origine canine en Amérique latine ont été lancés à l'initiative de la PAHO dès 1983. Des plans ont alors été conçus pour tenter d'éliminer la rage canine et humaine d'origine canine d'ici 2005.

Ces plans étaient fondés sur un engagement politique fort à l'échelle nationale et internationale, pour promouvoir la vaccination canine de masse, l'application appropriée et à grande échelle des protocoles de prophylaxie pré- et post-exposition, l'amélioration de la capacité diagnostique et des systèmes de surveillance, et des programmes d'éducation et de sensibilisation à l'échelle des communautés.

Les pays ont donc pris un engagement politique et financier fort et durable dans la lutte avec une coopération interministérielle, et un support technique et une aide à la coordination par la PAHO, l'OMS, l'OIE, la FAO, des associations de bien-être animal, et des partenariats avec des structures privées. La PAHO a par exemple aidé à la mise en place d'un système de surveillance plus performant au niveau régional et national, le SIRVERA. Des réunions régulières, les REDIPRA (rencontre des directeurs des programmes animaux de contrôle et de prévention de la rage) ont lieu également entre plusieurs pays tous les ans à tous les deux ans (le dernier ayant eu lieu en septembre 2015 au Brésil), pour faire le point sur la situation et identifier les limites des programmes pour les améliorer. Ils sont pour cela aidés également par des experts de l'OMS ou du GARC.

La composante la plus importante des programmes de lutte en Amérique latine est représentée par des campagnes de vaccination canines de masse, annuelles ou bisannuelles selon les pays. Pour que ces campagnes soient efficaces, la promotion dans les médias est capitale, plusieurs jours ou semaines à l'avance, à la radio, dans les centres communautaires, dans les écoles...

Il faut donc pour cela une approche intersectorielle pour mobiliser le ministère de l'éducation et les médias par exemple.

Le but affiché dès le démarrage était d'atteindre une couverture vaccinale de 80%. Des études ont montré, entre 2001 et 2003, que la couverture vaccinale moyenne sur le continent était de 81% des chiens. En approfondissant cependant, on peut constater que les écarts sont élevés : dans certaines zones du Mexique ou du Brésil, une couverture de quasiment 100% a été observée, mais en revanche, la couverture vaccinale d'autres zones souvent rurales plus isolées n'était que de 23 à 40% lors des enquêtes.

D'autres aspects de la lutte en Amérique latine sont l'accès à la PEP pour les victimes de morsures de chiens, la surveillance de la rage canine et humaine d'origine canine, et la sensibilisation des populations.

La lutte s'est montrée très efficace dans une grande partie de l'Amérique latine et les Caraïbes, avec une chute de plus de 90% depuis 1983 des cas de rage canine et de rage

humaine d'origine canine. Le chien n'est plus la première source de virus rabique pour l'Homme depuis 2004, remplacé en cela par les chauves-souris.

Cependant, il reste encore des défis dans la lutte régionale contre la rage canine, qui consistent à uniformiser la couverture vaccinale et les dispositifs de surveillance au sein des populations canines. En effet, certaines zones rurales plus pauvres ne sont pas suffisamment atteintes par les programmes de lutte, et souffrent d'un niveau de couverture vaccinale, un accès à la PEP et d'une sensibilisation insuffisants (Vigilato *et al.*, 2013).

2.3.2. Lancement de programmes de lutte en Turquie

Des programmes de lutte ont déjà été mis en place en Turquie depuis 1998. Ils sont détaillés en étude de cas sur le site internet du *Blueprint for Rabies Control* (site internet lancé par le GARC). Les mesures mises en place sont cependant décrites comme des initiatives isolées, avec peu d'intégration et de coopération intersectorielle au sein du gouvernement et à l'échelle nationale sur l'ensemble du territoire. Les études préliminaires et les résultats obtenus sont très peu développés.

Les mesures décrites comprennent:

- Une aide au diagnostic de la rage par le biais d'un jumelage entre le laboratoire de référence pour la rage en Allemagne et l'institut vétérinaire central de contrôle et de recherche Etlik, à Ankara. L'objectif est d'abord d'améliorer l'expertise et la capacité diagnostique de l'institut turc, de former suffisamment de techniciens et d'intervenants pour le diagnostic de la rage, et de mettre en avant le rôle du Centre d'Ankara comme laboratoire de référence pour le diagnostic de la rage.
- Des campagnes de vaccination au porte à porte à Istanbul. Selon les éléments disponibles, des enfants fréquentant l'école primaire de la communauté se sont portés volontaires pour accompagner les volontaires chargés de la vaccination parentérale des animaux, ce qui présente de nombreux avantages : la connaissance de la communauté des propriétaires de chiens, du statut divagant ou errant des chiens rencontrés, mais permet aussi de rassurer les propriétaires de chiens qui n'osaient pas présenter leur(s) chien(s) aux professionnels pour la vaccination, de peur que l'animal soit euthanasié.
- Des campagnes de vaccination de la population canine, ciblant à la fois les chiens errants et divagants, et menées par des étudiants vétérinaires dans d'autres zones urbaines de Turquie, à Kusadasi. Des études écologiques avaient montré une couverture vaccinale d'environ 40%, et les équipes de volontaires choisissaient donc au cas par cas la vaccination parentérale ou orale selon le niveau d'agressivité de l'animal rencontré. Cependant, les limites de cette campagne ont rapidement été identifiées, comme le manque de disponibilité des étudiants, et leur manque d'expérience pratique dans la vaccination et la contention, en particulier d'animaux agressifs.

Les résultats semblent donc assez variables selon les initiatives locales, mais certains aspects des programmes comme le jumelage entre laboratoires et les propositions d'aide par les enfants appartenant à la communauté semblent avoir des impacts positifs et pourraient être applicables dans d'autres contextes (Canine Blueprint for Rabies Control, 2014).

2.3.3. Suivi d'un programme de lutte en Tunisie

Un programme national de lutte contre la rage en Tunisie a été lancé dès 1981 avec l'aval et le soutien de l'OMS, et poursuivi jusqu'en 1988. Les mesures mises en place étaient principalement basées sur la vaccination canine massive grâce à plusieurs vaccins, dont un vaccin produit à partir d'encéphale d'agneau (Rabirabta). Des études écologiques réalisées au préalable ont montré un ratio Homme /chien de 1/10.9, soit une population canine totale de 716 000 animaux, dont 80% étaient accessibles à une vaccination parentérale. Le ministère de l'Agriculture était chargé de la vaccination qui devait se dérouler en trois temps : une phase initiale en 1982 avec une injection unique des chiens de la région, une phase d'extension consistant en une série de trois interventions sur trois années consécutives, et une phase de maintenance après 1987 qui visait à inscrire ce programme dans la durée avec l'établissement d'un réseau de surveillance épidémiologique et la poursuite de la prophylaxie et de la vaccination.

Le contrôle de la population canine non vaccinable (car non accessible) était simultanément effectué sous la responsabilité du ministère de l'Intérieur qui se devait se charger du contrôle des populations errantes par euthanasie de 10% de la population totale, soit 70 000 chiens, la première année de la mise en place du programme. Une vaccination orale avec appâts en complément de la vaccination parentérale a également été testée pour les chiens difficilement accessibles dans une étude de Matter *et al.* (1995) en 1988 (Ben Osman et Haddad, 1988, Matter *et al.*, 1995).

Ce programme s'est révélé être un succès mais de façon temporaire. La diminution brève du nombre de cas de rage humaine et canine rapportée aux structures officielles a conduit à un arrêt des programmes en 1988 par manque de mobilisation et manque de financements de la part des différents acteurs. Malheureusement, les programmes n'ont pas été assez efficaces pour que l'effet soit suffisant pour interrompre la circulation virale au sein du réservoir. Il en est résulté une réaugmentation rapide du nombre de cas de rage humaine ayant pour origine le chien. Les campagnes de vaccination parentérale ont donc repris en 1992 après un pic important d'incidence de rage humaine confirmée par diagnostic de laboratoire (25 cas en un an contre 0 à 8 les autres années). Depuis la remise en place des programmes de vaccination canine, 330 000 chiens sont vaccinés chaque année, et 170 cas de rage canine ont été confirmés et rapportés aux autorités pendant le premier semestre 2014. Les coûts sont pris en charge par le ministère de l'agriculture. Des campagnes de prophylaxie pré exposition chez les personnes exposés ont également été mises en place et sont à la charge du gouvernement. Cependant, la couverture vaccinale est encore insuffisante pour éliminer véritablement la rage canine (et humaine) (Base de données de l'OIE, 2014 et Dodet et Africa Rabies Bureau (AfroREB), 2009).

D'autres programmes ont été mis en place au niveau national au Maroc et en Algérie, mais il n'y a pas encore d'initiative commune aux différents pays du Maghreb. Un typage des souches virales présentes dans les différents pays du Maghreb a cependant montré que les types viraux d'un pays donné sont majoritairement différents de ceux des pays voisins, indiquant ainsi que la présence d'un réservoir autochtone est la principale cause du maintien de la rage dans chacun de ces pays, même si le passage des frontières (plus dans le contexte des mouvements de populations humaines accompagnant les chiens que du fait de déplacements d'animaux eux-mêmes) peut se produire (Talbi *et al.*, 2010). Cela tend à

confirmer que les principaux obstacles à l'éradication de la rage canine sont d'ordre organisationnel et humain, à différentes échelles.

3. Synthèse et préconisations

Les programmes de lutte contre la rage canine et humaine existants montrent la faisabilité de l'élimination de la maladie, même dans les pays à faibles revenus et en voie de développement, avec des populations canines errantes et divagantes qui sont les sources majeures de la rage pour l'Homme.

La vaccination massive de toutes les populations canines semble être le pilier central des programmes. Cela implique donc la nécessité d'effectuer des études préliminaires, ayant pour but d'étudier l'écologie canine, d'obtenir une estimation de la taille de la population et des relations entre le chien et l'homme spécifiques à la communauté en question. Des études visant à estimer l'efficacité des systèmes de surveillance sont tout aussi nécessaires pour juger de la fiabilité des estimations initiales de l'incidence de la rage humaine et canine. Une fois ces études effectuées, il faut donc organiser la logistique de la mise en place des programmes. Plusieurs facteurs doivent alors conduire à une adaptation des programmes, et notamment :

- la disponibilité et la formation du personnel: cela conditionnera la mise en place pratique des campagnes de vaccinations (leur durée, leur organisation, leur fréquence) et la gestion pratique des animaux dangereux et suspects.
- les infrastructures existantes: cela permettra de juger de la nécessité d'augmenter les capacités diagnostiques ou de surveillance, la formation des personnels, l'installation de refuges, de systèmes de quarantaine, de centres de CNR, et de la collaboration avec des organismes privés possédant leurs propres infrastructures.
- l'accessibilité des populations canines: c'est ce qui conduira à la mise en place de campagnes de vaccination orale, parentérale, ou les deux en même temps.
- l'implication et l'éducation de la communauté: cela permettra de juger par exemple de la nécessité de la mise en place de programmes de sensibilisation et d'éducation dans les écoles, ou encore de la faisabilité de campagnes de vaccination en un point central, ou la nécessité d'un programme spécifique de CNR ou de vaccination au porte à porte.

Il est visible au travers des quelques exemples étudiés qu'un des problèmes majeurs ralentissant l'élimination de la maladie est le manque de durabilité des programmes, en raison principalement d'un désintéressement des institutions gouvernementales dès qu'un programme conduit à une diminution des cas de rage humaine et canine. Les financements et la mobilisation des acteurs sont alors diminués, et la maladie connaît une recrudescence.

Il est clair, au vu des programmes existants et des facteurs propres à chaque communauté, qu'il est impossible d'espérer appliquer un modèle unique à toutes les régions touchées.

Ce qui conditionne cependant le succès à long terme de ces campagnes est l'application des principes généraux du concept "One Health" ("Une seule santé"). Ce concept est particulièrement applicable dans le cas de zoonoses comme la rage. Le concept préconise des stratégies intégrant une approche et une implication transversale de plusieurs disciplines et de plusieurs départements à tous les niveaux de la société.

Les principes généraux applicables sont donc:

- une communication et un partenariat intersectoriels efficaces: dans le cas de la rage, les aides au financement de la part des départements de santé humaine et de santé animale (ministère de l'Agriculture), une participation des secteurs de l'Education et des législateurs pour aider à publier des mesures que le ministère de l'Intérieur peut aider à mettre en place.
- Un haut niveau de participation de la communauté: des responsables locaux et religieux sont souvent impliqués pour aider à l'éducation des communautés, pour convaincre la population de la nécessité de leur participation aux différentes mesures (stérilisation, vaccination, confinement).
- Un support politique au niveau local et national, qui permet la mise en place d'une législation. Compte tenu du risque toujours possible de l'instauration d'un manque de concertation à l'échelle interministérielle, une implication au plus haut niveau de l'Etat (Premier ministre, voire président ou monarque), est indispensable, de façon à préciser ou repréciser le rôle de chacun des acteurs, ainsi qu'une planification sur le long terme, notamment sur le plan financier.

Une implication des institutions internationales pour leur expertise, leur aide à la logistique et au financement de ces programmes de façon durable conditionne également le succès des programmes (Cleaveland *et al.*, 2014).

CONCLUSION

La rage est une zoonose présente dans la plupart des pays du monde. Beaucoup de pays développés ont réussi à éliminer la maladie au sein des populations animales domestiques et des populations humaines, par la mise en place de mesures spécifiques sanitaires et médicales, le renforcement de la législation, et le suivi des recommandations des institutions internationales. L'éradication de la rage au sein des populations de réservoirs animaux, par des moyens médicaux et sanitaires, qu'il s'agisse du chien ou de la faune sauvage non volante, a joué un rôle majeur dans ce succès. En revanche, la rage est toujours enzootique et endémique dans la plupart des pays en voie de développement, et cause environ 100 morts par jour (Cleaveland *et al.*, 2014). Dans la quasi-totalité de ces pays, le chien y constitue le réservoir de virus rabique et la source de contamination principale, souvent particulièrement concernés par des populations canines errantes et divagantes majoritaires.

La rage a le statut de zoonose négligée en raison du niveau élevé de sous-déclaration du nombre de victimes animales et humaines, à cause de l'isolement des communautés les plus touchées et d'une carence des structures de santé et des systèmes de notification. Cela ne facilite donc pas la mise en place de programmes de lutte par les gouvernements, y compris lorsqu'ils sont subventionnés.

Ces programmes de lutte nécessitent en effet des ressources et une organisation particulières. Une connaissance de l'écologie et de la démographie canine, du contexte socio-culturel, et de la place du chien dans la société, font partie des prérequis à la mise en place des programmes, pour qu'ils soient efficaces. Les situations propres à chaque pays sont donc souvent très différentes, mais le principe de "One Health" ("Une seule santé") doit être le fondement de tout programme de lutte pour que celui-ci soit une réussite.

De nombreux programmes existants, basés essentiellement sur la vaccination de la population canine errante et divagante ne sont encore pas financés de façon durable, ou impliquent chaque acteur de façon isolée sans coopération et sans offrir de vision globale de la situation à l'échelle locale et nationale.

L'élimination globale de la rage est pourtant concrètement possible et de nombreux pays en voie de développement, particulièrement en Amérique latine, sont déjà sur la voie, grâce au maintien des programmes et des financements depuis plusieurs années, même après le début de la diminution de l'incidence de la maladie.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBERTINI AAV., BAQUERO E., FERLIN A., GAUDIN Y. Molecular and Cellular Aspects of Rhabdovirus Entry. *Viruses*. 2012, **4**, 117-139.
- ALDEEB ABU-SAHLIEH, Le chien en droit musulman, 2015
- Association of Southeast Asian Nations The South-East Asia dog rabies elimination strategy. 2013,.
- BELO VS., WERNECK GL., DA SILVA ES., BARBOSA DS., STRUCHINER CJ. Population Estimation Methods for Free-Ranging Dogs: A Systematic Review. *PLOS ONE*. 2015, **10**, e0144830.
- BEN OSMAN F. et HADDAD N., Experience in field rabies programs, *Reviews of Infectious Diseases*, vol 10, suppl 4, 1988.
- BERAN GW. Ecology of dogs in the Central Philippines in relation to rabies control efforts. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 1982, **5**, 265-270.
- BLANCOU J. ARTOIS M. BROCHIER B. THOMAS I. PASTORET P.P. DESMETTRE P. LANGUET B. KIENY M.P., Innocuité et efficacité d'un vaccin antirabique recombinant des virus de la vaccine et de la rage administré par voie orale au renard, au chien et au chat, *Annales de Recherches Vétérinaires*, 1989, 20, 195-204.
- BOITANI L., CIUCCI P. Comparative social ecology of feral dogs and wolves. *Ethol. Ecol. Evol.* 1995, **7**, 49–72.
- BOYKO AR., BOYKO RH., BOYKO CM., PARKER HG., CASTELHANO M., COREY L., *et al.* Complex population structure in African village dogs and its implications for inferring dog domestication history. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2009, **106**, 13903–13908.
- CDC - Diagnosis: Direct Fluorescent Antibody Test - Rabies [En ligne] . s.d., [http://www.cdc.gov/rabies/diagnosis/direct_fluorescent_antibody.html] (consulté le 6/2/16).
- CEBALLOS NA., KARUNARATNA D., SETIÉN AA. Control of canine rabies in developing countries: key features and animal welfare implications. *Rev Sci Tech Int Epiz.* 2014, **33**, 311–321.
- CLEAVELAND S., LANKESTER F., TOWNSEND S., LEMBO T., HAMPSON K. Rabies control and elimination: a test case for One Health. *Vet. Rec.* 2014, **175**, 188-193.
- CLEAVELAND S., KAARE M., TIRINGA P., MLENGEYA T., BARRAT J., A dog rabies campaign in rural Africa: impact on the incidence of dog rabies and human bites injuries, 2003, *Vaccine* vol 21,17-18, 1965-1973.
- CLIQUET F., GURBUXANI JP., PRADHAN HK., PATTNAIK B., PATIL SS., REGNAULT A., *et al.* The safety and efficacy of the oral rabies vaccine SAG2 in Indian stray dogs. *Vaccine*. 2007, **25**, 3409-3418.
- CODE RURAL ET DE LA PECHE MARITIME - Article L211-23 , *Code Rural Pêche Marit.* s. d.,.
- CODE RURAL ET DE LA PECHE MARITIME - Article R223-26, *Code Rural Pêche Marit.* s. d.,.
- CODE RURAL ET DE LA PECHE MARITIME - Article R223-9 , *Code Rural Pêche Marit.* s. d.,.
- CODE RURAL ET DE LA PECHE MARITIME - Article R232-10 , *Code Rural Pêche Marit.* s. d.,.
- CODE RURAL ET DE LA PECHE MARITIME - Article R223-32 , *Code Rural Pêche Marit.* s. d.,.
- CODE RURAL ET DE LA PECHE MARITIME - Article R223-25 , *Code Rural Pêche Marit.* s. d.,.
- CODE RURAL ET DE LA PECHE MARITIME - Article R213-4, *Code Rural Pêche Marit.* s. d.,.
- CODE RURAL ET DE LA PECHE MARITIME - Article 213-4 , *Code Rural Pêche Marit.* s. d.,.
- CODE RURAL ET DE LA PECHE MARITIME - Article 276-2 , *Code Rural Pêche Marit.* s. d.,.

- DACHEUX L., WACHARAPLUESADEE S., HEMACHUDHA T., MESLIN F-X., BUCHY P., REYNES J-M., *et al.* More Accurate Insight into the Incidence of Human Rabies in Developing Countries through Validated Laboratory Techniques. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2010, **4**, e765.
- DALLA VILLA P., KAHN S., STUARDO L., IANNETTI L., DI NARDO A., SERPELL JA. Free-roaming dog control among OIE-member countries. *Prev. Vet. Med.* 2010, **97**, 58-63.
- DARKAOUI S., BOUÉ F., DEMERSON JM., FASSI FHIRI O., YAHIA KIS., CLIQUET F. First trials of oral vaccination with rabies SAG2 dog baits in Morocco. *Clin. Exp. Vaccine Res.* 2014, **3**, 220.
- DAVLIN SL., VONVILLE HM. Canine rabies vaccination and domestic dog population characteristics in the developing world: A systematic review. *Vaccine*. 2012, **30**, 3492-3502.
- DECOSTER A., LEMAHIEU J.-C. *et al.* Rhabdoviridae [En ligne]. s. d.,. [<http://www.microbes-edu.org/etudiant/rhabdoviridae.html>] (consulté le 5/2/16).
- DODET B., Africa Rabies Bureau (AfroREB) The fight against rabies in Africa: From recognition to action. *Vaccine*. 2009, **27**, 5027-5032.
- Expert Consultation on Rabies, World Health Organisation (Éd.) *WHO Expert Consultation on Rabies: second report ; [Geneva from 18 to 20 September 2012], WHO technical report series*. 2013, WHO, Geneva, 139 p.
- FAO Subregional Office for North Africa, 2015; Rabies in Africa and the Middle East, Conference on rabies, décembre 2015, Global elimination of dog mediated human rabies, The time is now, [<http://www.oie.int/eng/RABIES2015/presentation.html>]
- FLORES-IBARRA M., ESTRELLA-VALENZUELA G. Canine ecology and socioeconomic factors associated with dogs unvaccinated against rabies in a Mexican city across the US–Mexico border. *Prev. Vet. Med.* 2004, **62**, 79-87.
- FONT E. Spacing and social organization: Urban stray dogs revisited. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1987, **17**, 319-328.
- FONTAINE J.J. Anatomie Pathologique Spéciale: Lésions du Système Nerveux. 2014,.
- FOOKS AR., BANYARD AC., HORTON DL., JOHNSON N., MCELHINNEY LM., JACKSON AC. Current status of rabies and prospects for elimination. *The Lancet*. 2014, **384**, 1389–1399.
- FOX M.W., BECK A.M., et BLACKMAN E. Behavior and ecology of a small group of urban dogs (*Canis familiaris*), *Applied animal ethology* 1(1975), 119-137.
- GLOBAL ALLIANCE FOR RABIES CONTROL, Progress in Africa, Conference on rabies, décembre 2015, Global elimination of dog-mediated human rabies, the time is now [<http://www.oie.int/eng/RABIES2015/presentation.html>]
- Global Elimination of dog-mediated human rabies, The time is now 2015 [En ligne] . s. d.,. [<http://www.oie.int/eng/RABIES2015/index.html>] (consulté le 5/2/16).
- GRIMM D. Dawn of the dog. *Science*. 2015, **348**, 274–279.
- GSELL AS., KNOBEL DL., CLEAVELAND S., KAZWALA RR., VOUNATSOU P., ZINSSTAG J. Domestic dog demographic structure and dynamics relevant to rabies control planning in urban areas in Africa: the case of Iringa, Tanzania. *BMC Vet. Res.* 2012, **8**, 236.
- HADDAD N., Evaluation par la sérologie de l'efficacité d'un vaccin antirabique chez les chiens de terrain de Tunisie, *Annales de Recherche Vétérinaires*, 1987, 18:63-67.

- HADDAD N. *et al.*, Les zoonoses infectieuses, *Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles Vétérinaires Françaises Merial (Lyon), juillet 2013, 200p.*
- HADDAD N., BOURHY H. La rage animale : risques autochtones et d'importation, mesures à prendre. *Rev. Francoph. Lab., Animaux réservoirs de pathogènes pour l'homme.* 2015, **2015**, 35-49.
- HAMBOLU SE., DZIKWI AA., KWAGA JK., KAZEEM HM., UMOH JU., HAMBOLU DA. Dog Ecology and Population Studies in Lagos State, Nigeria. *Glob. J. Health Sci.* 2014, **6**.
- HAMPSON K., COUDEVILLE L., LEMBO T., SAMBO M., KIEFFER A., ATTLAN M., *et al.* Estimating the Global Burden of Endemic Canine Rabies. 2015,.
- HAMPSON K., DUSHOFF J., CLEVELAND S., HAYDON DT., KAARE M., PACKER C., *et al.* Transmission Dynamics and Prospects for the Elimination of Canine Rabies. *PLoS Biol.* 2009, **7**, e1000053.
- HEMACHUDHA T., UGOLINI G., WACHARAPLUESADEE S., SUNGKARAT W., SHUANGSHOTI S., LAOTHAMATAS J. Human rabies: neuropathogenesis, diagnosis, and management. *Lancet Neurol.* 2013, **12**, 498–513.
- HØGÅSEN HR., ER C., DI NARDO A., DALLA VILLA P. Free-roaming dog populations: A cost-benefit model for different management options, applied to Abruzzo, Italy. *Prev. Vet. Med.* 2013, **112**, 401-413.
- International Companion Animal Management Coalition Humane Dog Population Management Guidance. 2007,.
- JACKSON AC. (Éd.) *Rabies: Scientific Basis of the Disease and Its Management*, 3 edition. ed. 2013, Academic Press, 704 p.
- JIBAT T., HOGEVEEN H., MOURITS MCM. Review on Dog Rabies Vaccination Coverage in Africa: A Question of Dog Accessibility or Cost Recovery?. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2015, **9**, e0003447.
- KAARE M., LEMBO T., HAMPSON K., ERNEST E., ESTES A., MENTZEL C., *et al.* Rabies control in rural Africa: Evaluating strategies for effective domestic dog vaccination. *Vaccine.* 2009, **27**, 152-160.
- KANG B., OH J., LEE C., PARK B-K., PARK Y., HONG K., *et al.* Evaluation of a rapid immunodiagnostic test kit for rabies virus. *J. Virol. Methods.* 2007, **145**, 30-36.
- KING AA., OIE - World Organisation for Animal Health (Éd.) *Historical perspective of rabies in Europe and the mediterranean basin: a testament to rabies by Dr. Arthur A. King.* 2004, OIE, Paris, 361 p.
- KITALA P., MCDERMOTT J., KYULE M., GATHUMA J., PERRY B., WANDELER A. Dog ecology and demography information to support the planning of rabies control in Machakos District, Kenya. *Acta Trop.* 2001, **78**, 217–230.
- LANKAU EW., COHEN NJ., JENTES ES., ADAMS LE., BELL TR., BLANTON JD., *et al.* Prevention and Control of Rabies in an Age of Global Travel: A Review of Travel- and Trade-Associated Rabies Events - United States, 1986-2012. *Zoonoses Public Health.* 2014, **61**, 305-316.
- MACPHERSON CNL., MESLIN FX., WANDELER AI. (Éd.) *Dogs, zoonoses and public health*, 2^e ed. 2013, CABI, Wallingford.
- MASSEI G., MILLER LA. Nonsurgical fertility control for managing free-roaming dog populations: A review of products and criteria for field applications. *Theriogenology.* 2013, **80**, 829-838.
- MATTER H.C., KHARMACHI H., HADDAD N., BEN YOUSSEF S., SCHAIER C. ,BEN KHELIFA R., JEMLI J., MRABET L., MESLIN F.X., WANDELER A.I., Test of three bait types for oral

- immunization of dogs against rabies in Tunisia, *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 52 (6) 1995, 489-495.
- MATTER HC, SCHUMACHER CL, KHARMACHI H, HAMMAMI S, TLATI A, JEMLI J, MRABET L, MESLIN FX, AUBERT MFA, NEUENSCHWANDER BE, et EL HICHERI K, Field evaluation of two bait delivery systems for the oral immunization of dogs against rabies in Tunisia, *Vaccine*, vol 16 n. 7, 657-665, 1998.
- MESLIN F-X., BRIGGS DJ. Eliminating canine rabies, the principal source of human infection: What will it take?. *Antiviral Res.* 2013, **98**, 291-296.
- MESLIN F-X., KAPLAN MM., KOPROWSKI H., ORGANIZATION WH., others *Laboratory techniques in rabies*. 1996, World Health Organization Geneva.
- OBOEGBULEM S.I. et NWAKONOBI I.E. Population density and ecology of dogs in Nigeria: a pilot study. *Rev. sci. tech. Off. int. epiz.*, 1989, 8 (3), 733-745.
- Office International des Epizooties Manuel des tests de diagnostic et des vaccins pour les animaux terrestres. 2013,.
- OIE TERRESTRIAL ANIMAL HEALTH STANDARDS COMMISSION X. GUIDELINES ON STRAY DOG POPULATION CONTROL. 2009,.
- OIE World Animal Health Information System [En ligne] . s. d., [http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/Diseasedistributionmap] (consulté le 5/2/16).
- ORCIARI LA., NIEZGODA M., HANLON CA., SHADDOCK JH., SANDERLIN DW., YAGER PA., *et al.* Rapid clearance of SAG-2 rabies virus from dogs after oral vaccination. *Vaccine*. 2001, **19**, 4511–4518.
- Organisation Mondiale de la Santé Vaccins antirabiques, note d'information de l'OMS [En ligne]. 2010,. [http://www.who.int/wer/2010/wer8532.pdf?ua=1] (consulté le 5/9/16).
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE, Bulletin épidémiologique hebdomadaire, janvier 2016, 2016, 91, 13-20.
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE, Report of the WHO Consultation of Dog ecology studies related to rabies control, 1988.
- PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, The long and tortuous way to rabies elimination: experiences from the Americas countries, 2015, Conference on rabies, décembre 2015, Global elimination of dog-mediated human rabies: the time is now. [http://www.oie.int/eng/RABIES2015/presentation.html]
- PERRY BD. Dog ecology in eastern and southern Africa: implications for rabies control. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 1993, **60**, 429–429.
- Rabies - Bulletin - Europe [En ligne] . s. d.,. [http://www.who-rabies-bulletin.org/] (consulté le 5/2/16).
- RATSITORAHINA M., RASAMBAINARIVO JH., RAHARIMANANA S., RAKOTONANDRASANA H., ANDRIAMIARISOA M-P., RAKALOMANANA FA., *et al.* Dog ecology and demography in Antananarivo-2007. *BMC Vet. Res.* 2009, **5**, 21.
- REECE J.F. et CHAWLA S.K. Control of rabies in Jaipur, India, by the sterilization and vaccination of neighbourhood dogs, 2006, *The Veterinary Record*, 159, 379-383.
- RUBIN HD., BECK AM. Ecological behavior of free-ranging urban pet dogs. *Appl. Anim. Ethol.* 1982, **8**, 161-168.
- SHWIFF S., HAMPSON K., ANDERSON A. Potential economic benefits of eliminating canine rabies. *Antiviral Res.* 2013, **98**, 352-356.

- TALBI C. LEMEY P. SUCHARD MA ABDELATIF E ELHARRAK M *et al*, 2010, Phylodynamics and human-mediated dispersal of a zoonotic virus. *PLoS Pathog* 6(10)
- TAYLOR L. Eliminating canine rabies: The role of public–private partnerships. *Antiviral Res.* 2013, **98**, 314-318.
- TAYLOR L., NEL L. Global epidemiology of canine rabies: past, present, and future prospects. *Vet. Med. Res. Rep.* 2015, 361.
- TENZIN T., MCKENZIE JS., VANDERSTICHEL R., RAI BD., RINZIN K., TSHERING Y., *et al*. Comparison of mark-resight methods to estimate abundance and rabies vaccination coverage of free-roaming dogs in two urban areas of south Bhutan. *Prev. Vet. Med.* 2015, **118**, 436-448.
- Toma *et al*. La rage, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des écoles vétérinaires françaises. 2014,.
- TOTTON SC., WANDELER AI., GARTLEY CJ., KACHHAWAHA S., SUMAN M., RIBBLE CS., *et al*. Assessing reproductive patterns and disorders in free-ranging dogs in Jodhpur, India to optimize a population control program. *Theriogenology*. 2010, **74**, 1115-1120.
- TOWNSEND SE., SUMANTRA IP., PUDJIATMOKO., BAGUS GN., BRUM E., CLEVELAND S., *et al*. Designing Programs for Eliminating Canine Rabies from Islands: Bali, Indonesia as a Case Study. *PLOS Negl Trop Dis*. 2013, **7**, e2372.
- TREVES A., BONACIC C. Humanity’s Dual Response to Dogs and Wolves. *Trends Ecol. Evol.* 2016,.
- VIGILATO MAN., CLAVIJO A., KNOBL T., SILVA HMT., COSIVI O., SCHNEIDER MC., *et al*. Progress towards eliminating canine rabies: policies and perspectives from Latin America and the Caribbean. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 2013, **368**, 20120143-20120143.
- WANDELER AI., BUDDÉ A., CAPT S., KAPPELER A., MATTER H. Dog ecology and dog rabies control. *Rev. Infect. Dis.* 1988, **10 Suppl 4**, S684-688.
- WANDELER AI., MATTER HC., KAPPELER A., BUDDÉ A. The ecology of dogs and canine rabies: a selective review. *Rev. Sci. Tech. Int. Off. Epizoot.* 1993, **12**, 51-71.
- WANG G-D., ZHAI W., YANG H-C., WANG L., ZHONG L., LIU Y-H., *et al*. Out of southern East Asia: the natural history of domestic dogs across the world. *Cell Res.* 2016, **26**, 21–33.
- WASNIEWSKI M., GUIOT A.L., SCHEREFFER J.L., TRIBOUT L., MAHAR K., CLIQUET F. Evaluation of an ELISA to detect rabies antibodies in orally vaccinated foxes and raccoon dogs sampled in the field, *Journal of Virological Methods* 187 (2013) 264-270.
- WHO | Rabies [En ligne] . WHO. s. d., [http://www.who.int/rabies/en/] (consulté le 5/2/16).
- YOAK AJ., REECE JF., GEHRT SD., HAMILTON IM. Disease control through fertility control: Secondary benefits of animal birth control in Indian street dogs. *Prev. Vet. Med.* 2014, **113**, 152-156.

Annexes

Annexe I: Affiche et dépliant de campagne "Gare à la rage" du ministère de l'agriculture et de la santé en juin 2015

Source: Site officiel du ministère de l'agriculture

GARE À LA RAGE

ABSENTE EN FRANCE, LA RAGE EXISTE ENCORE DANS DE NOMBREUX PAYS

LES CAS DE RAGE EN FRANCE PROVIENNENT TOUS D'ANIMAUX CONTAMINÉS À L'ÉTRANGER

UNE FOIS LES SYMPTÔMES APPARUS, LA RAGE EST TOUJOURS MORTELLE

VOYAGEURS, NE RAMENEZ PAS UN ANIMAL D'UN PAYS TOUCHÉ PAR LA RAGE. PENSEZ À FAIRE VACCINER VOTRE ANIMAL LORSQUE VOUS PARTEZ À L'ÉTRANGER

CONSULTEZ LA RÉGLEMENTATION SUR LE TRANSPORT DES ANIMAUX DE COMPAGNIE [HTTP://AGRICULTURE.GOUV.FR/TRANSPORT](http://agriculture.gouv.fr/transport)

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE LA PÊCHE ET DE LA MER

LA RAGE, UN RISQUE TOUJOURS D'ACTUALITÉ

LA RAGE TUE UNE PERSONNE TOUTES LES 10 MINUTES DANS LE MONDE

ABSENTE EN FRANCE, LA RAGE EXISTE ENCORE DANS DE NOMBREUX PAYS

LES CAS DE RAGE EN FRANCE PROVIENNENT TOUS D'ANIMAUX CONTAMINÉS À L'ÉTRANGER

UNE FOIS LES SYMPTÔMES APPARUS, LA RAGE EST TOUJOURS MORTELLE

Annexe II: modèles de certificats de mise sous surveillance d'un animal ayant mordu ou griffé

(Source: Toma et al., 2012)

C.E.R.F.A. N° 90 - 4111 MISE SOUS SURVEILLANCE VÉTÉRINAIRE D'UN ANIMAL AYANT MORDU OU GRIFFÉ PV 246480	C.E.R.F.A. N° 90 - 4101 MISE SOUS SURVEILLANCE VÉTÉRINAIRE D'UN ANIMAL AYANT MORDU OU GRIFFÉ PV 246480	C.E.R.F.A. N° 90 - 4101 MISE SOUS SURVEILLANCE VÉTÉRINAIRE D'UN ANIMAL AYANT MORDU OU GRIFFÉ PV 246480
Code rural article 220-1, décret n° 2002 du 13 septembre 1975 Article 159 du règlement n° 1768 du 12 septembre 1975	Code rural article 220-1, décret n° 2002 du 13 septembre 1975 Article 159 du règlement n° 1768 du 12 septembre 1975	Code rural article 220-1, décret n° 2002 du 13 septembre 1975 Article 159 du règlement n° 1768 du 12 septembre 1975
FIN DE LA QUINZAINE D'OBSERVATION	DEUXIÈME EXAMEN	PREMIER EXAMEN
Je soussigné _____	Je soussigné _____	Je soussigné _____
Vétérinaire sanitaire à _____	Vétérinaire sanitaire à _____	Vétérinaire sanitaire à _____
certifié que le (1) _____	certifié que le (1) _____	certifié que le (1) _____
N° de certification demographique N° 1 et 1 bis / _____	N° de certification demographique N° 1 et 1 bis / _____	N° de certification demographique N° 1 et 1 bis / _____
Appartenance ou dénom par M. (2) _____	Appartenance ou dénom par M. (2) _____	Appartenance ou dénom par M. (2) _____
_____ , Tél. n° _____	_____ , Tél. n° _____	_____ , Tél. n° _____
Requiert avoir mordu ou griffé le _____ , 19 _____	Requiert avoir mordu ou griffé le _____ , 19 _____	Requiert avoir mordu ou griffé le _____ , 19 _____
M. (2) _____ , Tél. n° _____	M. (2) _____ , Tél. n° _____	M. (2) _____ , Tél. n° _____
a été examiné par moi, ce jour, pour la troisième fois.		
Le premier examen a eu lieu le _____ , 19 _____		
Le second examen a eu lieu le _____ , 19 _____		
AU TÉRME DE CETTE OBSERVATION CET ANIMAL PRÉSENTE LES APPARENANCES DE LA BOURNE SANTE ET NE PRÉSENTE AUCUN SYMPTÔME DE RAAGE.	CET ANIMAL NE PRÉSENTE ACTUELLEMENT AUCUN SYMPTÔME DE RAAGE.	CET ANIMAL NE PRÉSENTE ACTUELLEMENT AUCUN SYMPTÔME DE RAAGE.
En tel de quel le présent certificat a été rédigé pour servir et valoir ce que de droit.	Pendant ce délai, il sera soigné ou tenu à l'abri et muselé. La manifestation d'un signe quelconque de maladie ou la mort, quelle qu'en soit la cause, doit entraîner la présentation sans délai de l'animal ou de son cadavre à mes soins.	Pendant ce délai, il sera soigné ou tenu à l'abri et muselé. La manifestation d'un signe quelconque de maladie ou la mort, quelle qu'en soit la cause, doit entraîner la présentation sans délai de l'animal ou de son cadavre à mes soins.
_____ , le _____	_____ , le _____	_____ , le _____
Signature et cachet.	Signature et cachet.	Signature et cachet.
<small>(1) Signataire pour le vétérinaire sanitaire en griffé. (2) N° de la commune, de l'arrondissement ou du département.</small>	<small>Le certificat affiché sera éliminé à l'issue de l'unique examen. (1) Signataire pour le vétérinaire sanitaire en griffé. (2) N° de la commune, de l'arrondissement ou du département.</small>	<small>Le certificat affiché sera éliminé à l'issue de l'unique examen. (1) Signataire pour le vétérinaire sanitaire en griffé. (2) N° de la commune, de l'arrondissement ou du département.</small>

*Annexe III: Nombre de décès dus à la rage chez l'homme selon différentes sources
(entre 2010 et 2014)*

(Source: Extrait du Bulletin épidémiologique hebdomadaire de l'OMS, janvier 2016)

Table 1 Human rabies deaths from different data sources. Most recent (2010–2014) available data point (all data from 2014 are indicated in bold)¹

Tableau 1 Nombre de décès dus à la rage chez l'homme, selon différentes sources de données. Données les plus récentes (2010-2014) (toutes les données datant de 2014 sont indiquées en caractères gras)¹

- A) official national reporting to WHO – Notification nationale officielle à l'OMS
1. Validated through request to Regional Offices (RO) or sent via data collection template from national focal point – Validée suite à une demande faite aux bureaux régionaux ou envoyée par un responsable de la coordination nationale au moyen d'un document type de collecte de données
 2. Reported to WHO through vital statistics (mortality database) or regional databases – Notifiée à l'OMS à partir des statistiques de l'état civil (registres de mortalité) ou des bases de données régionales
- B) National data officially displayed or reported elsewhere – Données nationales officiellement présentées ou notifiées ailleurs
1. National or regional surveillance database, health statistics, or control strategy – Base de données nationale ou régionale de surveillance, statistiques sanitaires ou stratégie de lutte antirabique
 2. OIE WAHID database² – Base de données WAHID de l'OIE²
 3. National data displayed or presented at meeting or conference – Données nationales communiquées ou présentées lors de réunions ou conférences
 4. National data shown in country profiles or through oral communication by national expert – Données nationales indiquées dans le profil de pays ou dans une communication orale par un expert national
- C) Estimates from burden of disease modelling – Estimations dérivées de la modélisation de la charge de morbidité
1. Hampson et al., 2015³ – Hampson et al., 2015³
 2. WHO, 2012⁴ – OMS, 2012⁴

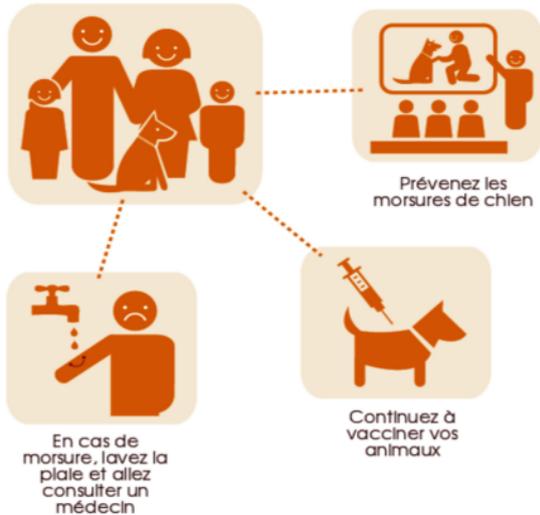
African Region – Région africaine	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1	C2	National strategy – Stratégie nationale
Algeria – Algérie	7			7			22	67	
Angola				91		151	185	458	x*
Benin – Bénin				Unknown – Inconnu	7		178	47	x*
Botswana				Unknown – Inconnu	0		3	2	✓*
Burkina Faso				21	8		880	305	x*
Burundi				Unknown – Inconnu			550	278	
Cameroon – Cameroun					4		196	203	x*
Central African Republic – République centrafricaine				Unknown – Inconnu	8		227	48	✓*
Chad – Tchad				Unknown – Inconnu			64	861	x*
Congo						5	20	18	x*
Côte d'Ivoire				Unknown – Inconnu	15		569	412	x*
Democratic Republic of the Congo – République démocratique du Congo				22	230		5 579	752	✓*
Equatorial Guinea – Guinée équatoriale				Unknown – Inconnu			4	12	
Eritrea – Érythrée				0			366	66	
Ethiopia – Éthiopie				Unknown – Inconnu	24		2 771	4 169	✓*
Gabon				Unknown – Inconnu	1		1	3	x*
Gambia – Gambie							37	7	x*
Ghana				21	36		112	100	x*
Guinea – Guinée				Unknown – Inconnu			515	283	
Guinea-Bissau – Guinée-Bissau	6			4			72	19	

Eastern Mediterranean Region – Région de la Méditerranée orientale	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1	C2	National strategy – Stratégie nationale
Afghanistan			2000–3000	Unknown – Inconnu	104	7	1 768	557	✘‡
Djibouti				Unknown – Inconnu			25	1	
Egypt – Égypte		34		52			113	25	
Iran (Islamic Republic of) – Iran (République islamique d')	4			4			37	18	✓ ^a
Iraq				0			24	43	
Jordan – Jordanie				1			1	1	
Lebanon – Liban				0			1	0	
Libya – Libye							2	1	
Morocco – Maroc		5		20		19	80	51	✓‡
Oman		0		0			1	8	
Pakistan			2000–5000	Unknown – Inconnu	7	2000–	448	1 623	✘ ^a ‡
Pan American Health Organization (PAHO) – Organisation panaméricaine de la Santé (OPS)	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1	C2	National strategy – Stratégie nationale
Bolivia – Bolivie				2		4	1	35	✓‡
Brazil – Brésil	0	5		0			16	15	✓ ^a
Dominican Republic – République dominicaine	0	0		Unknown – Inconnu			7	4	✓ ^a
Guatemala	2	3		0			4	4	✓ ^a
Haiti – Haïti				Unknown – Inconnu		4	130	229	✓ ^a
Peru – Pérou	0	0		0			7	7	✓ ^a
South-East Asia Region – Région de l'Asie du Sud-Est	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1	C2	National strategy – Stratégie nationale
Bangladesh			88	Unknown – Inconnu	96	1500–2000	933	1 192	✓‡ ✘ ^a
Bhutan – Bhoutan			1	Unknown – Inconnu	0	<5	13	5	✓‡ ✘ ^a
Democratic People's Republic of Korea – République populaire démocratique de Corée							26	8	
India – Inde				Unknown – Inconnu	20 000	18 000–20 000	20 847	7 437	✘ ^a ‡
Indonesia – Indonésie			78	119		100–150	197	1 113	✓ ^a ‡
Myanmar				126		1000	4 552	681	✘ ^a
Nepal – Népal				Unknown – Inconnu	11	100–150	1 044	357	✘ / ^a

Annexe IV: Outils adaptés de sensibilisation du GARC (poster à gauche) et de l'OMS (couverture d'un livre pour enfant disponible gratuitement à droite, et animations pour la reconnaissance des comportements canins, en bas) pour la sensibilisation au risque posé par la rage canine

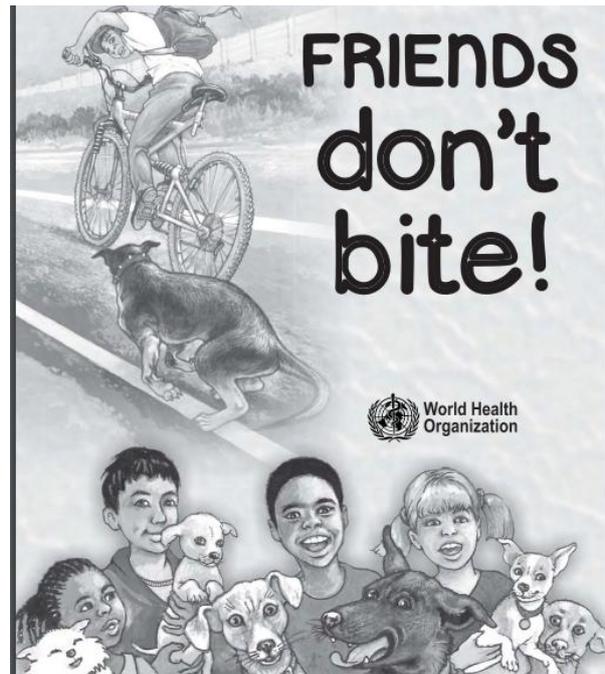
(Source: Site internet du GARC et de l'OMS)

Protégez votre famille contre la rage



www.rabiesalliance.org/world-rabies-day

#WorldRabiesDay



NO BITES = NO RABIES 

Learn dog body language

THREATENED



Design: AM Labouche, original drawings by © Lili Chin

GESTION DES CHIENS ERRANTS ET DIVAGANTS ET LUTTE CONTRE LA RAGE

VEZZOLI Aurélie

Résumé

La rage est une zoonose négligée ayant un impact majeur sur la santé publique dans la plupart des pays en voie de développement, qui cause, selon les déclarations à l'OMS, très sous-estimées au demeurant, la mort de plus de 70 000 personnes par an dans le monde, particulièrement au sein des communautés pauvres rurales isolées et dont les principales victimes sont les enfants de moins de 15 ans. Le chien en est le réservoir majeur et est à l'origine de la grande majorité des cas de contamination de l'Homme, particulièrement dans les pays où les populations canines errantes et divagantes sont présentes. Cette étude s'intéresse donc au rôle de ces populations dans l'enzootie de la rage canine et à leur impact sur la rage humaine, afin d'analyser les actions à mettre en place sur ces populations pour augmenter le succès de la lutte contre la rage, en se fondant sur certains programmes existants.

Les différentes catégories de populations canines, leur écologie et leurs interactions avec l'Homme et entre ces populations, conditionnent les méthodes de lutte à mettre en place pour interrompre la circulation du virus. C'est pourquoi il est capital d'inclure, parmi les composantes jouant un rôle majeur dans la lutte pour l'élimination de la rage canine, le suivi des populations canines, leur vaccination de façon efficace et suffisante, le contrôle de leur reproduction et de leur environnement, ou leur élimination. Chacun de ces aspects doit être adapté au contexte, et le succès de l'éradication de la maladie dépend fortement de la collaboration des différents acteurs de cette lutte, à l'échelle internationale par l'implication d'institutions comme l'OMS, à l'échelle nationale par la coopération entre les différents services gouvernementaux, et à l'échelle locale par l'implication de la communauté. Plusieurs programmes mis en place dans des pays en voie de développement suivant ces principes ont déjà permis une diminution significative de l'incidence de la rage canine et humaine mais il s'agit d'actions de longue haleine qui supposent leur maintien dans la durée, et doivent donc faire face à, voire anticiper, l'éventuelle lassitude des acteurs.

Mots clés: ZOONOSE / RAGE / ONE HEALTH / VACCINATION / GESTION DES POPULATIONS / POPULATION CANINE / ANIMAUX ERRANTS / CHIEN / CHIEN ERRANT

Jury:

Président: Pr.

Directeur: Pr. Nadia HADDAD/ HOANG-XUAN

Assesseur: Pr. Dominique GRANDJEAN

MANAGEMENT OF OWNED AND UNOWNED FREE-ROAMING DOGS IN THE FIGHT AGAINST RABIES

VEZZOLI Aurélie

Abstract

Rabies is a neglected zoonotic disease that has a major impact on public health in most developing countries. It causes the death of more than 70,000 people a year worldwide according to the WHO, and the number of victims is greatly under-estimated, particularly in low income, rural and isolated communities, and among children under 15 years old. The domestic dog is the major reservoir of rabies virus and is the source of most of the cases of transmission to humans, especially in countries where free-roaming dogs (owned or not) represent the majority of the canine population. The aim of this study is to assess the role of canine populations in maintaining this enzootic disease and their impact on human rabies. This would allow analyzing the measures to be put in place on these populations in order to improve the efficiency of rabies control measures, by building on certain already existing programs.

The knowledge of the different categories of canine population, of their ecology, and of their interactions with humans and between these populations conditions the methods to apply to stop the virus from spreading. That is why it is crucial to include in these components playing a major role in the fight to eradicate canine rabies, the monitoring of the canine populations, their adequate vaccination, the control of their reproductive capability, the control of their environment and their culling.

Each of these aspects must be adapted depending on the context, and the success of rabies elimination strongly depends on the collaboration of different stakeholders, at the international level with the involvement of institutions like the WHO, at the national level with the cooperation between various government departments, and at the local scale with the involvement of the community. Various programs in place in some developing countries that are following those principles already managed to decrease significantly the incidence of canine and human rabies. However, these are long term endeavors, which suppose a sustainable upholding, and which must face, and even anticipate, the possible weariness of the different actors.

Key words: ZONOSIS / RABIES / ONE HEALTH / VACCINATION / POPULATION MANAGEMENT / CANINE POPULATION / FREE-ROAMING ANIMALS / DOG / FREE-ROAMING DOG

Jury:

Président: Pr.

Directeur: Pr. Nadia HADDAD/ HOANG-XUAN

Assesseur: Pr. Dominique GRANDJEAN