



**HAL**  
open science

# Exploration d'un réseau de contacts entre chiens de compagnie en Ile-de-France

Léa-Marie Ravaux

► **To cite this version:**

Léa-Marie Ravaux. Exploration d'un réseau de contacts entre chiens de compagnie en Ile-de-France. Médecine vétérinaire et santé animale. 2024. dumas-04808729

**HAL Id: dumas-04808729**

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04808729v1>

Submitted on 28 Nov 2024

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

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



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

Année 2024

# EXPLORATION D'UN RÉSEAU DE CONTACTS ENTRE CHIENS DE COMPAGNIE EN ÎLE-DE-FRANCE

## THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de  
**DOCTEUR VÉTÉRINAIRE**  
présentée et soutenue publiquement devant  
la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)  
le 4 septembre 2024

par

**Léa-Marie Jocelyne Marcelle RAVAUX**

sous la direction de

**Guillaume CROZET**

### JURY

<b>Président du jury :</b>	<b>M. Loïc DESQUILBET</b>	Professeur à l'EnvA
<b>Directeur de thèse :</b>	<b>M. Guillaume CROZET</b>	Maître de Conférences à l'EnvA
<b>Examinatrice :</b>	<b>Mme Caroline GILBERT</b>	Professeure à l'EnvA



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

version mai 2024



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

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

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

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



# Remerciements

**Au Président du Jury de cette thèse, M. Loïc DESQUILBET, Professeur à l'EnvA,**

Je vous remercie d'avoir accepté de présider cette thèse. Je vous remercie également pour votre réactivité et pour le temps que vous m'avez accordé.

**À M. Guillaume CROZET, Maître de conférences à l'EnvA,**

Je vous remercie pour l'encadrement et la disponibilité que vous m'avez donné tout au long de ce travail. Merci également pour votre aide très précieuse pour toute l'analyse des données.

**À Mme Caroline GILBERT, Professeur à l'EnvA, Examinatrice de cette thèse,**

Je vous remercie d'avoir accepté d'être examinatrice de cette thèse. Merci pour tout le temps que vous y avez accordé.

**À mes parents et mes frères,**

Merci de m'avoir soutenue dans les moments difficiles, tout ceci est aussi grâce à vous.

**À Anitha, Camille, Luna, Mê-Linh et Pauline,**

Merci à vous toutes, pour votre soutien indéfectible pendant toutes ces années.



# Table des matières

---

<b>Table des matières</b> .....	<b>1</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>3</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>5</b>
<b>Liste des annexes</b> .....	<b>7</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>9</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>11</b>
<b>Première partie – Revue de la littérature : description des populations canines et des interactions entre chiens dans les pays développés – Approches méthodologiques pour l'étude des réseaux de contacts entre chiens</b> .....	<b>13</b>
1. Éléments descriptifs des populations canines dans les pays développés.....	13
A. <i>Comparaison des tailles des populations canines en France et dans le monde</i> .....	13
B. <i>Profil des chiens de compagnie et de leurs propriétaires</i> .....	18
a. Profil des propriétaires de chiens de compagnie .....	18
b. Profil des chiens de compagnie .....	24
c. Habitudes de vie et gestion des chiens de compagnie par leurs propriétaires.....	28
C. <i>Aspects sanitaires associés aux chiens de compagnie</i> .....	37
2. Approches méthodologiques pour l'étude des réseaux de contacts entre chiens .....	40
A. <i>Intérêt de l'étude des réseaux de contacts entre chiens</i> .....	40
B. <i>Différentes méthodes d'étude des réseaux de contacts entre chiens</i> .....	43
a. Étude par observations de terrain .....	43
b. Étude par colliers équipés d'un Global Positioning System (GPS) .....	45
c. Étude par questionnaires .....	49
C. <i>Comparaison des méthodes, des résultats et des données recueillies</i> .....	51
<b>Deuxième partie : Exploration d'un réseau de contacts entre chiens en Île-de-France</b> .....	<b>57</b>
1. Contexte et objectifs.....	57
2. Matériel et méthodes.....	58
A. <i>Choix de la zone et de la population d'étude</i> .....	58
a. Délimitation de la zone d'étude .....	58
b. Choix de la population d'étude.....	59
c. Protocole d'observation pour l'estimation de la taille de la population d'étude.....	60
B. <i>Conception et administration du questionnaire d'enquête, observations de terrain</i> .....	60
C. <i>Analyses</i> .....	63
a. Estimation de la taille de la population cible.....	63
b. Description de l'échantillon .....	63
c. Description du réseau de contacts.....	64
3. Résultats .....	69
A. <i>Estimation de la taille de la population cible</i> .....	69
B. <i>Données descriptives sur l'échantillon</i> .....	70
a. Profil des propriétaires interrogés .....	70
b. Profil des chiens rencontrés.....	73
c. Analyse descriptive des promenades.....	79
C. <i>Reconstruction des réseaux de contacts</i> .....	84
a. Réseau d'affiliation.....	84
b. Réseau « direct ».....	88
c. Comparaison des résultats obtenus par les deux méthodes.....	91
4. Discussion.....	96



<i>A. Sur le matériel et les méthodes</i> .....	96
<i>B. Sur les résultats</i> .....	100
a. Analyse descriptive .....	100
b. Reconstruction des réseaux de contacts .....	103
<i>C. Perspectives</i> .....	106
<b>Conclusion</b> .....	<b>107</b>
<b>Liste des références bibliographiques</b> .....	<b>109</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>117</b>

# Liste des figures

---

Figure 1 : Répartition des foyers en fonction du nombre de chiens possédés au sein des foyers propriétaires de chiens d'après plusieurs études menées en Europe et en Nouvelle-Zélande.....	20
Figure 2 : Diagramme de Venn des cinq races de chiens les plus populaires en France selon différentes sources .....	25
Figure 3 : Diagramme de Venn des cinq races de chiens les plus populaires au Royaume-Uni selon différentes sources .....	26
Figure 4 : Probabilité de survenue d'une épizootie et sa taille selon les types de vaccination mis en place, d'après les données de réseau empirique d'une étude menée au Tchad.....	42
Figure 5 : Graphes montrant les interactions sociales entre chiens et humains dans deux zones différentes en Inde.....	44
Figure 6 : Réseaux de contacts et localisations des chiens dans un quartier de N'Djaména au Tchad .....	47
Figure 7 : Réseaux de contacts entre chiens non orientés et non pondérés de différentes zones d'étude au Tchad, Guatemala, en Indonésie et en Ouganda.....	48
Figure 8 : Plan de la zone d'étude .....	59
Figure 9 : Découpage en différentes aires de la zone d'étude .....	65
Figure 10 : Extrait du fichier Excel de mise en forme des données du réseau d'affiliation .....	66
Figure 11 : Photographies des chiens des propriétaires interrogés et leur numérotation associée	76
Figure 12 : Représentation graphique du réseau d'affiliation issu de l'ensemble des aires de la zone d'étude .....	84
Figure 13 : Représentation graphique du réseau d'affiliation issu des lieux de regroupement canin .....	86
Figure 14 : Graphique de corrélation de la pondération des liens des deux réseaux d'affiliation....	87
Figure 15 : Représentation graphique du réseau direct .....	88
Figure 16 : Représentation graphique du réseau direct limité aux 29 chiens des questionnaires...	90
Figure 17 : Comparaison des chiens les plus centraux dans les différents réseaux étudiés .....	93
Figure 18 : Graphique de corrélation de la pondération des liens du réseau direct limité aux 29 chiens des questionnaires et du réseau d'affiliation dans les lieux de regroupement.....	94
Figure 19 : Graphique de corrélation de la pondération des liens du réseau direct limité aux 29 chiens des questionnaires et du réseau d'affiliation total .....	95
Figure 20 : Comparaison des données des réseaux de contacts obtenus par affiliation et par méthode directe.....	105



# Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Comparaison des données recueillies en fonction des études sur la démographie canine en Europe.....	16
Tableau 2 : Comparaison de la moyenne du nombre de chiens par foyer en fonction des études menées en Europe .....	19
Tableau 3 : Comparaison des facteurs favorisant et des facteurs défavorisant la possession de chiens en Europe .....	23
Tableau 4 : Comparaison des couvertures vaccinales contre la rage en fonction des pays.....	30
Tableau 5 : Comparaison des pourcentages de propriétaires promenant leurs chiens selon les études .....	33
Tableau 6 : Comparaison des temps de promenade quotidiens et du nombre de promenades hebdomadaires selon les études .....	35
Tableau 7 : Comparaison des différentes méthodes d'études des réseaux de contacts entre chiens .....	54
Tableau 8 : Estimation de la taille de la population cible par « capture – recapture » .....	70
Tableau 9 : Analyse descriptive des foyers des propriétaires de chiens interrogés.....	71
Tableau 10 : Analyse descriptive des propriétaires de chiens interrogés.....	72
Tableau 11 : Analyse descriptive des propriétaires de chiens interrogés (suite) .....	73
Tableau 12 : Analyse descriptive des chiens appartenant aux propriétaires interrogés .....	75
Tableau 13 : Analyse descriptive de la médicalisation des chiens des propriétaires interrogés .....	77
Tableau 14 : Analyse descriptive du comportement des chiens des propriétaires interrogés.....	78
Tableau 15 : Données descriptives sur les promenades des propriétaires interrogés.....	80
Tableau 16 : Données descriptives sur les interactions entre chiens au cours des promenades ...	81
Tableau 17 : Données descriptives sur les lieux de regroupement canin fréquentés au cours des promenades .....	82
Tableau 18 : Données descriptives sur les promenades en dehors de la zone d'étude .....	83
Tableau 19 : Comparaison des indicateurs inter-réseaux .....	92



# Liste des annexes

---

Annexe 1 : Consentement éclairé.....	117
Annexe 2 : Questionnaire complet.....	118
Annexe 3 : Impact d'une éventuelle affection aiguë sur la promenade .....	133
Annexe 4 : Données du modèle « capture – recapture ».....	134
Annexe 5 : Caractéristiques intra-réseau de centralité du réseau d'affiliation total.....	135
Annexe 6 : Caractéristiques intra-réseau de centralité du réseau d'affiliation limité aux lieux de regroupement.....	136
Annexe 7 : Caractéristiques intra-réseaux de centralité du réseau direct .....	137
Annexe 8 : Caractéristiques intra-réseau de centralité du réseau direct limité à 29 chiens .....	138



# Liste des abréviations

---

ASV : Auxiliaire Spécialisée Vétérinaire

CIV : *Canine influenza virus*

CSV : *Comma-Separated Values*

COVID-19 : *Coronavirus Disease 2019*

ESCCAP : *European Scientific Counsel Companion Animal Parasites*

FACCO : Fédération des fabricants d'aliments pour chiens, chats, oiseaux et autres familiers

FCI : Fédération Cynologique Internationale

FEDIAF : Fédération européenne de l'industrie des aliments pour animaux familiers

GCS : *Geolocated Contact Sensor*

GPS : *Global Positioning System*

I-CAD : Fichier National d'Identification des Carnivores Domestiques

Ifop : Institut français d'opinion publique

Insee : Institut national de la statistique et des études économiques

ISTAT : *Istituto Nazionale di Statistica*

LOF : Livre des Origines Françaises

LOS : Livre des Origines Suisse

NA : Non applicable

NE : Non estimé

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PDSA : *People's Dispensary for Sick Animals*

SCC : Société centrale canine

SIMV : Syndicat de l'Industrie du médicament et diagnostic vétérinaires





# Introduction

---

Dans un contexte d'augmentation de la population canine en France et en Europe, l'étude des interactions entre chiens de compagnie et chiens errants constitue un vaste sujet de recherche, primordial dans la lutte contre la propagation des maladies infectieuses. Les chiens sont des animaux sociaux par nature, et l'Homme demeure au cœur de ces interactions entre chiens. Le partage des espaces, que ce soit des espaces publics ou privés, occasionne des interactions interspécifiques et intraspécifiques, pouvant créer des réseaux complexes d'interactions.

Or, les chiens peuvent être porteurs d'agents pathogènes divers, dont certains ont un pouvoir zoonotique important, comme le virus de la rage. La circulation de ces agents pathogènes demeure un enjeu de santé publique majeur, et divers outils permettent de mesurer l'impact des contacts entre chiens dans la diffusion des maladies infectieuses au sein des populations canines et humaines.

Ainsi, l'étude des réseaux de contacts entre chiens constitue un outil de choix dans la compréhension de la structure des populations canines, la quantification et la qualification des contacts entre chiens et permet l'utilisation des données dans des simulations d'épizooties, notamment de rage. Plusieurs études se sont intéressées aux réseaux de contacts entre chiens errants (Bhattacharjee et Bhadra, 2020 ; Brookes *et al.*, 2020 ; Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019) mais peu d'études se sont centrées sur les réseaux de contacts dans les pays développés.

La promenade des chiens est le mode de circulation principal de l'espèce canine au sein des espaces, dans les pays développés, et représente donc un enjeu majeur. Une étude au Royaume-Uni s'est intéressée au réseau de contacts créé au cours des promenades en utilisant une méthode par questionnaire, dans une communauté semi-rurale du Cheshire (Westgarth *et al.*, 2009). Aucune autre étude ne s'est intéressée de cette manière aux réseaux de chiens de compagnie en Europe, et notamment dans des milieux de densité de population plus importante, à l'image du milieu urbain.

L'objectif de cette étude était donc de proposer deux méthodes afin de décrire un réseau de contacts entre chiens de compagnie, dans une zone urbaine, en Île-de-France. Pour aboutir à la reconstruction de ces réseaux, le support choisi consistait en un questionnaire, comme cela a pu être réalisé au Royaume-Uni.

La première partie de ce travail correspond à une revue de la littérature, en matière de description des populations canines et des interactions entre chiens dans les pays développés, ainsi que des approches méthodologiques pour l'étude des réseaux de contacts et des interactions entre chiens. La seconde partie décrit l'exploration d'un réseau de contacts entre chiens de compagnie en Île-de-France, en apportant une comparaison des méthodes utilisées et des résultats obtenus.



# **Première partie – Revue de la littérature : description des populations canines et des interactions entre chiens dans les pays développés – Approches méthodologiques pour l'étude des réseaux de contacts entre chiens**

---

## **1. Éléments descriptifs des populations canines dans les pays développés**

L'étude des réseaux de contacts entre chiens nécessite en premier lieu de connaître la répartition et la densité des populations canines dans les zones d'intérêt ainsi que de mettre en évidence les facteurs qui influencent le fait, pour une ou des personnes, de posséder un ou des chiens. Elle nécessite aussi de décrire la population canine, afin notamment de connaître le type d'individus composant les réseaux et la façon dont ils sont gérés par les populations humaines. En effet, l'Homme est au cœur des réseaux de contacts entre chiens et influence nettement ceux-ci, surtout dans les pays développés, notamment au cours des promenades. Dans ce contexte d'interconnexion potentiellement élevée, la gestion sanitaire des chiens de compagnie est donc primordiale pour éviter la diffusion des maladies infectieuses, que ce soit entre chiens, comme entre les chiens et l'Homme.

### **A. Comparaison des tailles des populations canines en France et dans le monde**

En France, la population de chiens de compagnie est en augmentation : d'après la Fédération des fabricants d'aliments pour chiens, chats, oiseaux et autres familiers (FACCO), la France avait une population canine qui s'élevait à 7,6 millions d'individus en 2022, soit une augmentation de 1,3 % depuis 2020 (FACCO, 2022). Ainsi, en 2022, un foyer sur cinq possédait un chien. D'après la Fédération européenne de l'industrie des aliments pour animaux familiers (FEDIAF), l'Europe comptait 104 millions de chiens, classant la France à la septième place des pays européens possédant le plus de chiens (FEDIAF, 2022). Par ailleurs, 25 % des foyers européens possédaient au moins un chien, ce qui est plus que la moyenne française. Ce chiffre est inférieur à la moyenne du Royaume-Uni, qui comptait entre 10,2 et 13 millions de chiens avec 27 à 34 % des foyers qui possédaient au moins un chien d'après le *People's Dispensary for Sick Animals* (PDSA) et les chiffres de l'industrie agro-alimentaire britannique (PDSA, 2022 ; UK PetFood, 2022).

Les instituts de sondage ne sont pas les seules sources disponibles pour estimer la taille des populations canines. Ainsi, les données apportées par les fichiers nationaux d'identification, à

l'image du fichier national d'Identification des Carnivores Domestiques (I-CAD) en France, sont aussi des ressources utiles pour évaluer la démographie canine dans les pays développés. En effet, l'identification des animaux de compagnie est obligatoire en France depuis 2006 (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2006), et est nécessaire pour circuler au sein de l'Union européenne. En 2022, près de 9,8 millions de chiens identifiés et considérés vivants étaient inscrits dans le fichier national en France (I-CAD, 2023). Dans cette estimation étaient pris en compte les animaux enregistrés dans le fichier national d'identification d'âge inférieur ou égal à 13,5 ans et non déclarés décédés au 31 décembre 2022. Cependant, cela peut amener à une surestimation de la population totale, étant donné que les animaux décédés peuvent ne pas avoir été retirés du fichier national (Asher *et al.*, 2011).

D'autres ressources comme les fédérations cynologiques à l'image de la Société centrale canine (SCC) en France, membre de la Fédération Cynologique Internationale (FCI) peuvent aussi fournir des données intéressantes. Le Livre des Origines Françaises (LOF) a comptabilisé 258 110 nouvelles inscriptions en 2022 (SCC, 2023), mais ce chiffre n'incluait pas les chiens croisés, les chiens non-inscrits et les races non reconnues par le LOF. Ainsi, au Royaume-Uni, Asher *et al.* (2011) avaient obtenu un total de 29 % des chiens inscrits au *Kennel Club*, en 2009, ce qui montrait que les chiens inscrits dans les livres des origines (les chiens reconnus comme étant « de race ») ne représentaient qu'une petite partie des chiens possédés, ce qui est probablement le cas aussi en France.

Différentes études ont cherché à estimer la taille des populations canines dans plusieurs pays d'Europe. Les principaux résultats et une comparaison des différentes études figurent dans le Tableau 1. Les principales méthodes utilisées dans ces études consistaient en la réalisation de sondages téléphoniques (Asher *et al.*, 2011 ; Caminiti *et al.*, 2014 ; Capello *et al.*, 2015 ; Downes *et al.*, 2009 ; Murray *et al.*, 2010 ; Slater *et al.*, 2008), avec des numéros sélectionnés aléatoirement ou de sondages en face à face, dans des lieux recevant du public (Caminiti *et al.*, 2014 ; Carvelli *et al.*, 2020) ou au porte à porte (Westgarth *et al.*, 2007). Plusieurs indicateurs pouvaient être mesurés : tout d'abord la taille de la population canine dans une région donnée, chiffres difficilement comparables selon la superficie et la densité de population de la région concernée, le ratio humain/chien, qui a pu être calculé grâce aux données de populations humaines concernées et le pourcentage de foyers possédant un chien. Ces deux derniers indicateurs permettaient notamment de comparer les zones géographiques entre elles. Ainsi, Asher *et al.* (2011) ont montré que le nombre de foyers possédant au moins un chien s'élevait à 23,92 %, proche des 24 % d'une autre étude de 2005, conduite auprès de 1 278 foyers du Cheshire au Royaume-Uni (Westgarth *et al.*, 2007). Cependant, d'autres études apportent des résultats différents selon les régions étudiées. Ainsi, une autre étude menée en Italie, dans la région de Vénétie, au Nord-Est de l'Italie, s'est appuyée sur un modèle de « capture – recapture » proposé par Petersen (Capello *et al.*, 2015 ; Chao *et al.*, 2001) : de tous les foyers interrogés, 25 % déclaraient posséder au moins un chien. Dans la province de Teramo en Italie, en 2004, le nombre de foyers possédant au moins un chien s'élevait à 33 % (Slater *et al.*, 2008), alors que dans la province de Rome, en 2013, ce chiffre était de 47 % (Carvelli *et al.*, 2020). Concernant les ratios humain/chien, les chiffres allaient de 5,71 à 27 humains par chien selon les pays et les régions (Asher *et al.*, 2011 ; Caminiti *et al.*, 2014 ; Capello *et al.*, 2015 ; Carvelli *et al.*, 2020 ; Murray *et al.*, 2010). Divers facteurs peuvent expliquer ces disparités. À titre d'exemple, dans la ville de Rome, le ratio humain/chien a été estimé à 27 humains par chien (Caminiti *et al.*, 2014), ce qui était quatre fois le ratio de l'époque rapporté en Italie d'après la FEDIAF, et trois fois le ratio en Irlande et au Royaume-Uni (Downes *et al.*, 2009 ; Asher *et al.*,

2011). Ce ratio très élevé pourrait être expliqué par le fait que la zone étudiée était densément peuplée, avec des quartiers résidentiels, une population âgée et des petits foyers avec peu de petits jardins privés : or, ces facteurs influenceraient négativement le fait de posséder un chien (Murray *et al.*, 2010 ; Westgarth *et al.*, 2007).

Dans le cadre de sondages téléphoniques, certains biais d'échantillonnage pouvaient être présents, notamment du fait que les personnes interrogées pouvaient être plus enclines à répondre si elles possédaient un chien, affectant ainsi la représentativité des échantillons étudiés. De même, une autre limite du sondage téléphonique reste que seules les personnes possédant un téléphone et dont le numéro est correctement enregistré peuvent être incluses dans l'étude : cela peut entraîner des biais de sélection, notamment du fait de l'augmentation du nombre de personnes possédant un téléphone portable (Capello *et al.*, 2015). L'approche par questionnaire en face à face, même si elle reste plus coûteuse et chronophage, permet d'augmenter la représentativité et donc l'exactitude de l'estimation en limitant les biais liés à des problèmes d'échantillonnage et à l'absence de réponse (Carvelli *et al.*, 2020).

Les sources de données peuvent aussi fournir des informations contradictoires. Ainsi, au Royaume-Uni, Asher *et al.* (2011) ont mené une étude comparant différentes sources : les compagnies d'assurance, les cliniques vétérinaires, et les inscriptions au *Kennel Club*. Ces données montraient une possible surestimation du nombre de chiens dans le cadre du sondage auprès des vétérinaires, sans doute dû au fait qu'un chien pouvait être enregistré dans plusieurs cliniques. Au contraire, l'estimation était revue à la baisse dans le cas où les chiffres étaient issus de compagnies d'assurance : en effet, les données recueillies n'étaient pas représentatives de tous les animaux assurés, ni de la population générale des chiens et des chats, étant donné qu'une seule compagnie d'assurance avait été en mesure de délivrer ses informations. Ainsi, les différentes sources ne donnaient pas toutes des estimations semblables mais permettaient néanmoins de comprendre différents aspects de la démographie canine.

**Tableau 1 : Comparaison des données recueillies en fonction des études sur la démographie canine en Europe**

Études	Année étudiée	Nombre de foyers interrogés	Méthode de sondage utilisée	Zone géographique	Taille de la population canine dans la zone (intervalle de confiance à 95 %)	Ratio humain/chien	Pourcentage de foyers possédant au moins un chien (en %)	Critique de la qualité de l'étude
<b>Slater <i>et al.</i> (2008)</b>	2004	397	Sondage téléphonique	Province de Teramo, Italie	NE***	NE***	33	Taux de réponse de 74 %, biais d'échantillonnage possible
<b>Westgarth <i>et al.</i> (2007)</b>	2005	1278	Sondage en face à face	Cheshire, Royaume-Uni	NE***	NE***	24	Taux de réponse de 89 %, sondage au porte à porte
<b>Downes <i>et al.</i> (2009)</b>	2007	1250	Sondage téléphonique	Irlande	NE***	NE***	35,6	Utilisation de quotas, échantillon représentatif de la population irlandaise
<b>Murray <i>et al.</i> (2010)</b>	2006	2975	Sondage téléphonique	Royaume-Uni	10 522 186 (9 623 618 – 11 420 755)	5,8*/1	31	Taux de réponse de 33,3 % Modèle de régression linéaire, biais d'échantillonnage possible
<b>Asher <i>et al.</i> (2011)</b>	2009	510	Sondage téléphonique	Royaume-Uni	9 400 000 (8 100 000 – 11 500 000)	6,6*/1	23,2	Taux de réponse de 37 %, biais d'échantillonnage possible
<b>Caminiti <i>et al.</i> (2014)</b>	2011	405	Sondage téléphonique et sondage en face à face	Rome, Italie	26 244 (24 110 – 28 383)	27/1	NE***	Sondage téléphonique : taux de réponse de 74,8 % Modèle « capture – recapture » en lien avec le registre d'identification
<b>Capello <i>et al.</i> (2015)</b>	2011	2465	Sondage téléphonique	Région de Vénétie, Italie	849 229 (814 747 – 889 394)	5,71**/1	25	Modèle « capture – recapture » en lien avec le registre d'identification : surestimation possible Biais d'échantillonnage possible
<b>Carvelli <i>et al.</i> (2020)</b>	2013	630	Sondage en face à face	Province de Rome, Italie	481 294 (470 860 – 491 978)	9/1	47	Taux de réponse de 76 % Approche Bayésienne à partir du registre national d'identification

\* Calculé d'après *The World Bank (2024)*

\*\* Calculé d'après *l'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT, 2024)*

\*\*\*NE : Non estimé

D'autres études se sont intéressées aux populations canines en dehors de l'Europe. Ainsi, en Australie, plus précisément dans l'état de la Nouvelle-Galles du Sud, le nombre de foyers possédant un chien s'élevait à 46 % en 1998 (Bauman *et al.*, 2001), tandis que dans un sondage de 2003 à 2005 mené auprès de 1 813 participants dans la ville de Perth, 44 % des participants déclaraient posséder un chien (Cutt *et al.*, 2008). Aux États-Unis, d'après un sondage téléphonique administré en 2005 auprès de 441 foyers d'une petite communauté rurale texane, 48 % des foyers possédaient au moins un chien (Ramón *et al.*, 2010). Ces chiffres sont supérieurs aux moyennes européennes. Au contraire, à Taïwan, en 2016, un sondage téléphonique mené auprès de 1 074 personnes avait révélé que seuls 12 % des personnes possédaient un chien, bien en-dessous des chiffres européens. En Nouvelle Zélande, 28,2 % (443/1 572) des foyers interrogés possédaient au moins un chien en 2015, d'après un questionnaire administré en ligne (Gates *et al.*, 2019). Cependant, ce type de données peut s'avérer biaisé car les personnes intéressées par le sujet peuvent avoir davantage tendance à répondre au questionnaire diffusé librement.

Dans les pays émergents et les pays en développement, la population canine est plus importante qu'en Europe. Au Brésil, les ratios humain/chien allaient de 2,9 à 13,05 humains par chien selon les régions (Alves *et al.*, 2005 ; Dias Costa *et al.*, 2017 ; Serafini *et al.*, 2008) et le pourcentage de foyers possédant au moins un chien allait de 53 à 75,4 % des foyers (Alves *et al.*, 2005 ; Dias Costa *et al.*, 2017 ; Martins *et al.*, 2013). Dans les autres pays d'Amérique Latine, cette tendance se vérifie. Ainsi, au Guatemala, en 2008, le ratio humain/chien était de 6,4 humains par chien et 50,8 % (240/472) des foyers possédaient au moins un chien (Pulczer *et al.*, 2013). Au Mexique, en 2015, 65,2 (intervalle de confiance à 95 % : 60 – 70,2) % des foyers possédaient au moins un chien, ce qui équivaut à un ratio humain/chien de 3,4 humains par chien (Kisiel *et al.*, 2016). Cependant, cette dernière étude n'incluait pas les chiens sans propriétaires, ce qui peut amener à une sous-estimation du nombre de chiens, les chiens errants étant une population non négligeable dans les pays en développement. En Thaïlande, dans le quartier de Thungsong, 54 % des foyers possédaient au moins un chien, et le ratio humain/chien était de 4,6 humains par chien en 2002 (Kongkaew *et al.*, 2004), des chiffres proches de ce qui a été observé en Amérique Latine. Au sein du continent Africain, un net contraste a pu être observé, avec des zones rurales comportant beaucoup de chiens par personne, au contraire des zones urbaines. Ainsi, au Zinbabwe, en 1994, d'après un sondage mené en face à face, les terres communales comptaient un ratio humain/chien de 4,7 humains par chien (Butler et Bingham, 2000) : les chiens y vivaient en semi-liberté et la reproduction était peu contrôlée. Au Kenya, en 1992, 53 à 81 % des foyers possédaient un chien dans les six zones rurales du comté de Machakos (Kitala *et al.*, 2001). À Tananarive, capitale de Madagascar, le nombre de foyers possédant au moins un chien variait de 79,6 à 94,1 % dans les six arrondissements sondés (Ratsitorahina *et al.*, 2009) : le ratio humain/chien était de 4,5 humains par chien et différait selon les arrondissements. Au contraire, dans des zones plutôt urbaines comme en Tanzanie, plus particulièrement à Iringa, seuls 13 % des foyers possédaient au moins un chien en 2005, ce qui équivaut à un ratio humain/chien de 14 humains par chien (Gsell *et al.*, 2012), des chiffres similaires à ceux rapportés par Knobel *et al.* (2008) dans l'ensemble de la Tanzanie. De même, à N'Djaména, capitale du Tchad et autre zone urbaine, le ratio humain/chien était de 33,3 humains par chien en 2001 (Mindekem *et al.*, 2005). Ainsi, le ratio humain/chien ainsi que le pourcentage de foyers possédant au moins un chien étaient globalement plus élevés dans les zones urbaines que dans les zones rurales au sein du continent Africain, cependant la densité canine restait plus élevée dans les villes (Gsell *et al.*, 2012).



En résumé, les **différentes méthodes** utilisées ont montré leur intérêt dans **l'estimation de la taille de la population canine** mais nécessitent la prise en compte des **biais** associés à chacune. Par ailleurs, selon les **régions d'étude**, que ce soit en milieu **urbain** ou **rural**, ou encore selon les **pays** et le **niveau de développement**, les **résultats** peuvent nettement **différer**. Ainsi, la population canine est **plus importante** dans les **pays en développement** et **émergents**, et comporte nettement **plus de chiens errants**, comprenant des chiens laissés en semi-liberté par leurs propriétaires et des chiens féroces, c'est-à-dire des chiens sans propriétaires, semi-dépendants des humains, que dans les pays développés. De même, les disparités dans la démographie canine observées au sein des pays développés pourraient s'expliquer par des **différences culturelles**, et dans les **modes de vie**. Ainsi, dans les pays où les zones urbaines prédominent, comme à Taïwan, la fréquence de possession de chiens pourrait avoir tendance à être moins élevée, notamment par manque d'espace dans les lieux d'habitation et au sein des villes. Des **facteurs économiques** peuvent aussi rentrer en ligne de compte, les pays ayant des foyers avec des niveaux de vie plus élevés pouvant être plus enclins à posséder des chiens. D'autres aspects tels que **l'accès aux soins vétérinaires** ainsi que la **démocratisation des élevages de chiens**, pourraient aussi entrer en ligne de compte. De même, dans les **pays en développement**, la **possession de chiens** était globalement **plus importante en milieu rural**. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les foyers ruraux seraient davantage **demandeurs de chiens**, notamment pour le **travail** ou la **garde de la maison**, et par des **espaces plus importants** qu'en milieu urbain. Ainsi, différents critères démographiques pourraient favoriser la possession de chiens, et les propriétaires peuvent avoir des profils variés.

## **B. Profil des chiens de compagnie et de leurs propriétaires**

### **a. Profil des propriétaires de chiens de compagnie**

Dans les foyers européens, les moyennes de chiens par foyers propriétaires de chiens sont relativement proches (Tableau 2). En France, Crozet *et al.* (2022) ont réalisé une étude portant sur les habitudes de vie des propriétaires de chiens et de chats à l'aide d'un questionnaire diffusé en ligne : les données ainsi récoltées ont mis en évidence une moyenne de 1,5 (intervalle de confiance à 95 % : 1,4 – 1,7) chiens par foyer en 2020, un chiffre proche de ce qui avait été observé en 2019 avec une moyenne de 1,2 chiens par foyer (Ipsos/SantéVet, 2019). De même, la moyenne des chiens par foyer variait de 1,3 à 1,54 chiens dans les autres pays d'Europe (Anderson *et al.*, 2023 ; Asher *et al.*, 2011 ; Capello *et al.*, 2015 ; Carvelli *et al.*, 2020 ; Downes *et al.*, 2009 ; Westgarth *et al.*, 2007).

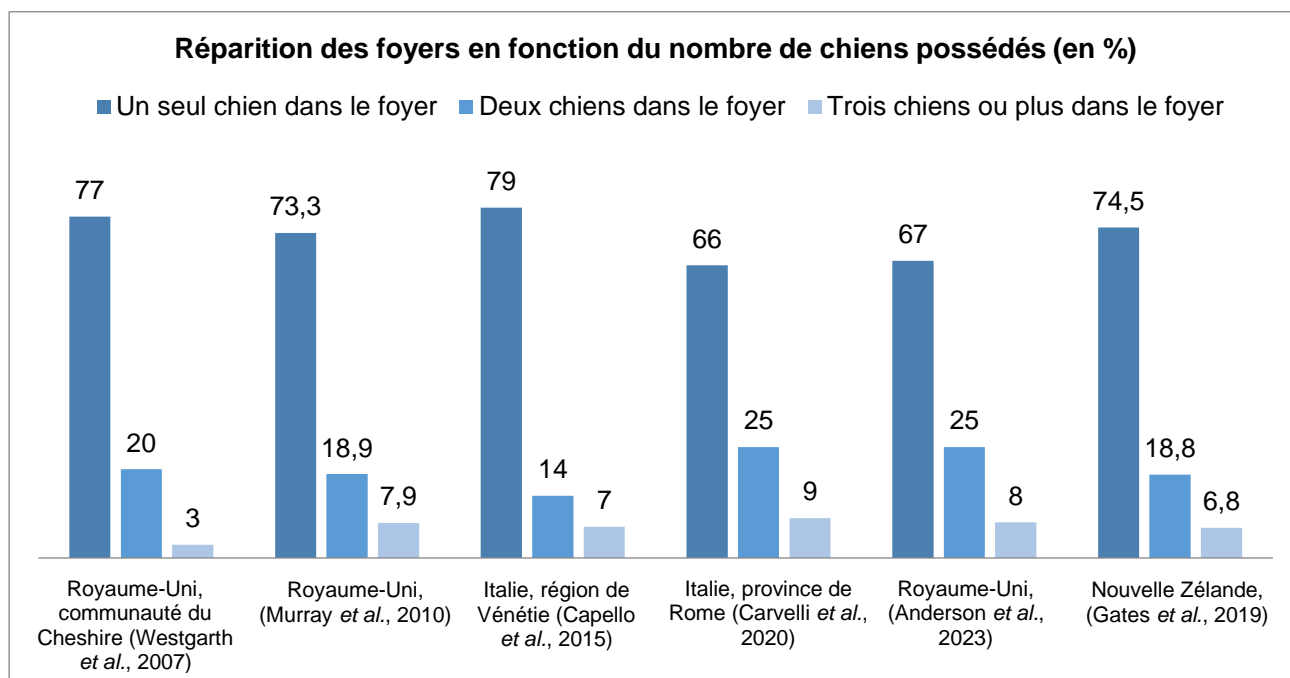
D'autres pays en dehors de l'Europe montraient des résultats similaires. Au Brésil, une étude menée entre 2010 et 2013 dans la région métropolitaine de Curitiba, à São José dos Pinhais, avait montré que la moyenne des chiens par foyer était de 1,3 chiens par foyer en 2010 et 1,6 chiens par foyer en 2013 (Dias Costa *et al.*, 2017). Ces chiffres sont semblables à ceux observés en Europe (Tableau 2) et d'autres études conduites au Brésil : en effet, dans l'état de São Paulo, la moyenne des chiens par foyer s'élevait à 1,6 (Alves *et al.*, 2005).

De plus, dans les pays développés, la répartition des chiens dans les foyers propriétaires de chiens est relativement similaire selon les études menées en Europe et en Nouvelle-Zélande (Figure 1). Ainsi, la majorité des foyers possédait un chien, pour 67 à 77 % des foyers, 14 à 25 % des foyers possédaient deux chiens et 3 à 9 % des foyers possédaient trois chiens ou plus (Anderson *et al.*, 2023 ; Capello *et al.*, 2015 ; Carvelli *et al.*, 2020 ; Cutt *et al.*, 2008 ; Murray *et al.*, 2010 ; Westgarth *et al.*, 2007).

**Tableau 2 : Comparaison de la moyenne du nombre de chiens par foyer en fonction des études menées en Europe**

<b>Étude</b>	<b>Année étudiée</b>	<b>Zone géographique</b>	<b>Moyenne du nombre de chiens par foyer (intervalle de confiance à 95 %)</b>
<b>Crozet <i>et al.</i> (2022)</b>	2020	France	1,5 (1,4 – 1,7)
<b>Ipsos/SantéVet (2019)</b>	2019	France	1,2
<b>Anderson <i>et al.</i> (2023)</b>	2021	Royaume-Uni	1,38
<b>Asher <i>et al.</i> (2011)</b>	2009	Royaume-Uni	1,47
<b>Westgarth <i>et al.</i> (2007)</b>	2005	Royaume-Uni, communauté du Cheshire	1,3
<b>Carvelli <i>et al.</i> (2020)</b>	2013	Italie, province de Rome	1,5
<b>Capello <i>et al.</i> (2015)</b>	2011	Italie, région de Vénétie	1,3
<b>Downes <i>et al.</i> (2009)</b>	2007	Irlande	1,54

**Figure 1 : Répartition des foyers en fonction du nombre de chiens possédés au sein des foyers propriétaires de chiens d'après plusieurs études menées en Europe et en Nouvelle-Zélande**



Parmi les foyers propriétaires de chiens, la part des foyers possédant aussi d'autres animaux de compagnie varie selon les études. Ainsi, en France, d'après une étude de l'Institut français d'opinion publique (Ifop) pour Woopets, réalisée par questionnaire auto administré en ligne du 29 au 30 juin 2020 auprès d'un échantillon de 3 018 personnes, représentatif de la population âgée de 18 ans et plus résidant en France métropolitaine, 30 % des personnes interrogées propriétaires de chiens possédaient aussi un chat (Ifop/Woopets, 2020). Or, dans un sondage de 2004 mené dans la province de Teramo, ce chiffre descendait à 21 % (27/130) des foyers propriétaires de chiens possédant aussi un chat (Slater *et al.*, 2008), alors qu'en 2013, dans la province de Rome, il était de 31 % (Carvelli *et al.*, 2020). D'autres animaux sont aussi détenus par les propriétaires de chiens : ainsi, en France, en 2020, 34 % des propriétaires de chiens possédaient des animaux domestiques autres que les chats (Ifop/Woopets, 2020). Or, dans la province de Rome, en Italie, en 2013, seuls 9 % des propriétaires de chiens possédaient aussi un animal de compagnie autre qu'un chat, à l'image des oiseaux, poissons ou tortues.

Le propriétaire d'un chien correspond en général à la personne dont le nom est précisé dans les documents d'identification de l'animal. Cependant, il est aussi possible que la notion de propriétaire de chien soit associée à la personne qui prend soin de l'animal au quotidien, de même que, dans un couple, les deux personnes peuvent se considérer toutes deux comme propriétaire du chien. Ainsi, la notion de propriétaire serait donc à prendre au sens large. L'analyse descriptive de plusieurs études montraient que les femmes semblaient posséder plus souvent un chien que les hommes : en France, en 2020, 23 % des hommes possédaient un chien, contre 26 % des femmes (Ifop/Woopets, 2020). Au Royaume-Uni, d'après un sondage en ligne mené en 2021, 73,6 % des propriétaires de chiens interrogés étaient des femmes (Anderson *et al.*, 2023). En Italie, en 2013, les propriétaires de chiens étaient aussi majoritairement des femmes (Carvelli *et al.*, 2020), et au Portugal, dans l'étude menée par Prata (2020) en 2018, une majorité de femmes avait répondu au questionnaire diffusé en ligne.

En ce qui concerne les facteurs qui influencent le fait d'avoir un chien, plusieurs éléments ressortaient nettement des études en Europe (Tableau 3). Pour ce qui est du nombre de personnes par foyer, il ressortait que plus le nombre de personnes augmentait et plus il y avait de chances qu'un chien soit présent dans le foyer (Downes *et al.*, 2009 ; Murray *et al.*, 2010 ; Westgarth *et al.*, 2007). Cet effet peut être mis en relation avec le fait qu'avoir des enfants semblait aussi être un facteur favorisant la possession de chien (Carvelli *et al.*, 2020 ; Downes *et al.*, 2009) et notamment lorsque des enfants scolarisés ou âgés entre six et 19 ans étaient présents dans le foyer (Cutt *et al.*, 2008 ; Downes *et al.*, 2009 ; Westgarth *et al.*, 2007). Cela peut s'expliquer par le fait que le chien peut être vu comme bénéfique au développement de l'enfant, mais peut aussi être une demande de celui-ci, voire être le fait d'une pression des pairs. En revanche, la présence d'enfants en bas âge semblait au contraire diminuer la probabilité de posséder un chien, notamment lorsque des enfants de moins de cinq ans étaient présents dans le foyer (Murray *et al.*, 2010 ; Westgarth *et al.*, 2007). En effet, ce résultat pourrait être expliqué par le fait que les chiens peuvent aussi être vus comme vecteurs de maladie ou comme potentiellement dangereux (danger lié aux morsures notamment) pour de jeunes enfants.

Pour ce qui est de l'âge des propriétaires, il ressortait que les propriétaires étaient plutôt des personnes jeunes et que la probabilité de posséder un chien était diminuée chez les personnes de plus de 55 ans (Murray *et al.*, 2010 ; Westgarth *et al.*, 2007), ce qui peut s'expliquer par le fait qu'il devient plus difficile de s'occuper d'un animal quand l'âge du propriétaire augmente. De même, les foyers avec au moins une femme adulte dans le foyer, ou les foyers avec une propriétaire de genre féminin, possédaient plus fréquemment un chien (Murray *et al.*, 2010 ; Westgarth *et al.*, 2007). Cela corrobore avec une autre étude menée en Australie qui montrait que les propriétaires de chiens avaient davantage tendance à être des femmes (Cutt *et al.*, 2008).

Pour ce qui est du niveau d'étude et de la classe sociale des foyers, les études étaient moins unanimes : ainsi, il ressortait que les foyers avec un haut niveau d'étude étaient moins à même de posséder un chien (Murray *et al.*, 2010), alors que c'était le contraire pour les foyers de petits agriculteurs dans une autre étude (Downes *et al.*, 2009). Cependant, cela pouvait être corrélé au fait que les foyers situés en milieu rural étaient plus à même d'être propriétaires de chiens (Carvelli *et al.*, 2020 ; Murray *et al.*, 2010), alors que les foyers situés en milieu urbain avaient moins de chances de l'être (Downes *et al.*, 2009). De même, en Australie, Cutt *et al.* (2008) avaient montré que les propriétaires de chiens avaient davantage tendance à être des personnes qui travaillent dans un bureau, dans la vente ou dans un métier de services. Par ailleurs, la présence d'un jardin était plus favorable à la possession d'un chien (Murray *et al.*, 2010), alors que le fait d'être en appartement était au contraire plutôt défavorable (Downes *et al.*, 2009). Cela corrobore les données trouvées en Australie, qui montraient que les propriétaires de chiens avaient davantage tendance à vivre en maison individuelle (Cutt *et al.*, 2008). Toutes ces données s'expliqueraient notamment par le fait que les propriétaires peuvent penser qu'avoir un chien nécessite de grands espaces, et seront donc plus à même d'adopter un chien s'ils ont un accès à l'extérieur et assez d'espace pour pouvoir lui permettre de se dépenser et de s'épanouir. Cependant, ce type de raisonnement est une idée reçue relativement répandue, les chiens pouvant aussi s'épanouir dans des espaces restreints comme un appartement. En effet, l'environnement social est nettement plus important pour leur bien-être que l'environnement physique (Heath et Wilson, 2014).

Enfin, la présence d'un chat dans le foyer avait un effet ambigu sur le fait de posséder aussi un chien ou non, et certaines études se contredisaient : d'après Downes *et al.* (2009), les foyers où

un chat de compagnie était présent avaient moins tendance à posséder un chien que les foyers sans chat de compagnie. Ceci semble contredire les données récoltées au Royaume-Uni par Murray *et al.* (2010), qui trouvaient au contraire que la possession d'un chat baissait significativement la probabilité de posséder aussi un chien : ceci pourrait s'expliquer par une différence dans les préférences des foyers entre les deux espèces, ou par une certaine inquiétude vis-à-vis des interactions interspécifiques. En Irlande, cet effet ne semblait pas se vérifier : une explication serait que les foyers qui possèdent un chat de compagnie pourraient être décrits comme des foyers tolérants vis-à-vis des animaux, et donc plus à même de posséder un chien. En effet, en Irlande, la possession de chiens de compagnie était très supérieure à celle des chats (35,6 % et 10,4 % des foyers possèdent des chiens et des chats respectivement d'après l'étude), probablement dû au fait que l'Irlande est un pays plutôt rural, ce qui n'est pas nécessairement le cas du Royaume-Uni.

**Tableau 3 : Comparaison des facteurs favorisant et des facteurs défavorisant la possession de chiens en Europe**

Étude	Zone géographique	Facteur favorisant	Facteur défavorisant
<b>Murray <i>et al.</i> (2010)</b>	Royaume-Uni	Présence d'un jardin, foyer rural, foyer de plus d'une personne, propriétaire de sexe féminin	Haut niveau d'étude, présence d'un chat dans le foyer, enfants de moins de 10 ans dans le foyer, propriétaire de plus de 55 ans
<b>Westgarth <i>et al.</i> (2007)</b>	Royaume-Uni, communauté du Cheshire	Foyers de plus de cinq personnes, présence d'une femme adulte dans le foyer, possession d'un cheval, enfants entre six et 19 ans dans le foyer, propriétaires entre 20 et 29 ans	Enfants de moins de cinq ans dans le foyer
<b>Carvelli <i>et al.</i> (2020)</b>	Italie, province de Rome	Foyer rural, présence d'enfants dans le foyer	
<b>Downes <i>et al.</i> (2009)</b>	Irlande	Petits agriculteurs, couples avec enfants et/ou autres personnes, enfants scolarisés dans le foyer, présence d'un chat dans le foyer	Foyer urbain, appartement

Par ailleurs, au Brésil, Dias Costa *et al.* (2017) n'avaient pu montrer aucune association entre le fait de posséder un chien et le fait d'avoir des enfants, contrairement aux autres études menées en Europe (Downes *et al.*, 2009 ; Westgarth *et al.*, 2007). De même, Martins *et al.* (2013) avaient cherché à mettre en évidence les facteurs influençant le fait d'avoir un chien. Après un sondage réalisé au porte à porte, en 2007 au Brésil, ils ont trouvé que les foyers appartenant aux catégories les plus aisées étaient les plus à même de posséder un chien, ce qui n'avait pas été démontré en Europe.

D'autres facteurs favorisant la possession d'un chien avaient pu être mis en évidence dans certaines études menées sur le continent africain. En Tanzanie, Knobel *et al.* (2008) ont réalisé un sondage entre octobre 2004 et juillet 2005 auprès de 1 471 foyers : ils avaient ainsi montré que les foyers qui possédaient un troupeau de moutons ou de chèvres étaient plus à même de posséder un chien que ceux qui n'en possédaient pas. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que ce type de foyer était davantage présent en milieu rural, où les foyers avaient davantage tendance à posséder un chien. L'utilité du chien comme chien de travail n'avait pas pu être démontré dans cette étude comme favorisant la possession d'un chien, la première raison d'adoption étant toujours la surveillance du

domicile, à l'image des foyers ne possédant pas de troupeau. De même, les foyers musulmans étaient moins à même de posséder un chien que les foyers chrétiens, même si cet effet ne se retrouvait pas chez les foyers propriétaires de troupeau. Le fait de posséder un chien était aussi associé avec le fait de posséder un chat ou des volailles et concernait davantage les foyers avec le plus grand nombre de personnes et les plus aisés. De plus, les foyers avaient plus tendance à posséder un chien si le « chef de famille » était un homme. Cependant, cela pourrait s'expliquer par le fait que les foyers avec une femme à leur tête auraient tendance à être moins aisés et à avoir plus d'enfants en bas âge, ce qui correspondrait à des facteurs protecteurs vis-à-vis de la possession de chiens.

En résumé, de **nombreux facteurs** peuvent **influencer** le fait de **posséder un chien** : malgré le fait que les études ne sont pas toutes unanimes, il semblerait que la **vie en milieu rural**, le fait de **posséder d'autres animaux de compagnie** ou encore le fait d'**avoir des enfants d'âge avancé présents dans le foyer** influenceraient **positivement** le fait de posséder un chien. Par ailleurs, il semblerait aussi que certaines études plus récentes posent la question du **changement dans les mœurs d'acquisition des chiens**, notamment suite à la pandémie de *Coronavirus Disease 2019* (COVID-19) : dans l'étude d'Anderson *et al.* (2023) les foyers propriétaires de chiens étaient plus petits, avec notamment une prédominance des couples et étaient moins à même d'avoir des enfants dans le foyer. Cela pourrait s'expliquer par une tendance à l'adoption chez des personnes plus jeunes, avec des foyers plus petits. De plus, l'animal serait de plus en plus vu comme un membre à part entière de la famille et pourrait donc même se substituer à l'enfant dans certains foyers. Dans cette étude, une autre explication au fait que les enfants étaient moins présents dans les foyers propriétaires de chiens pourrait être aussi qu'ils auraient depuis quitté le foyer. Les conclusions à tirer restent donc limitées et d'autres études pourraient s'intéresser aux nouvelles motivations quant à l'acquisition d'un chien au sein des foyers.

### ***b. Profil des chiens de compagnie***

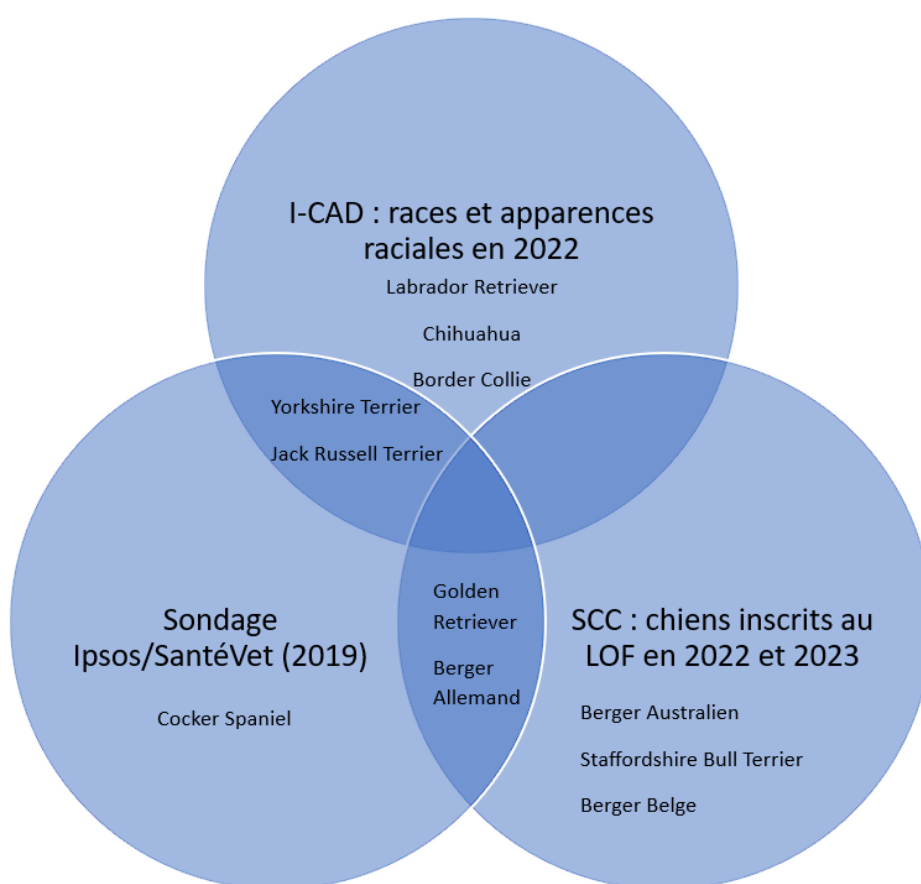
En ce qui concerne les profils des chiens possédés, une grande partie des chiens n'appartiennent pas nécessairement à une race définie. En France, en 2019, 40 % des propriétaires de chiens ne possédaient pas un animal de pure race (Ipsos/SantéVet, 2019), ce qui était similaire à une étude de 2021 au Royaume-Uni, où 42 % des chiens n'étaient pas de race pure (Anderson *et al.*, 2023). En 2009, au Royaume-Uni, 23,37 % des chiens identifiés n'étaient pas associés à une race spécifique, tandis que 12,60 % des chiens étaient enregistrés comme des chiens croisés (Asher *et al.*, 2011). Ce chiffre excluait néanmoins les chiens qui n'étaient pas identifiés. Ce phénomène était encore plus marqué en Italie, dans la province de Teramo en 2004, où 60 % des chiens n'étaient pas de race pure (Slater *et al.*, 2008) ou dans la région de Vénétie en 2011, où 54 % des chiens étaient des chiens croisés (Capello *et al.*, 2015). En Suisse, la part de chiens de race différait selon le Livre des Origines Suisses (LOS) et les cliniques vétérinaires : 24 % et 75 % respectivement (Horisberger *et al.*, 2004), ce qui peut interroger sur la notion de race en elle-même.

Les races les plus populaires parmi les propriétaires de chiens varient selon les pays et les sources, même si certaines races étaient davantage citées dans les études. En France, les cinq premières races les plus populaires selon plusieurs sources sont résumées dans la Figure 2. Ainsi, certaines races étaient populaires d'après plusieurs sources, à l'image du Yorkshire Terrier et du Jack Russel Terrier (I-CAD, 2023 ; Ipsos/SantéVet, 2019), et du Golden Retriever et du Berger

Allemand (Ipsos/SantéVet, 2019 ; SCC, 2023), même si aucune race ne faisait l'unanimité. Ceci peut être lié au fait que les informations fournies par les différentes sources pourraient être incomplètes et/ou inexactes. En effet, dans le cadre d'I-CAD ou de la SCC, n'étaient comptabilisés que les chiens correctement identifiés ou inscrits au LOF, alors que les chiens recensés lors du sondage Ipsos/SantéVet (2019) ou inscrits sous I-CAD pouvaient ne pas être des animaux de pure race, même si déclarés comme tels.

**Figure 2 : Diagramme de Venn des cinq races de chiens les plus populaires en France selon différentes sources**

Figure établie d'après les données issues du fichier national d'Identification des Carnivores Domestiques (ICAD), de la Société Centrale Canine (SCC) sur les données du Livre des Origines Françaises (LOF) et d'un sondage de l'Ipsos pour la compagnie d'assurance SantéVet (I-CAD, 2023 ; Ipsos/SantéVet, 2019 ; SCC, 2023)



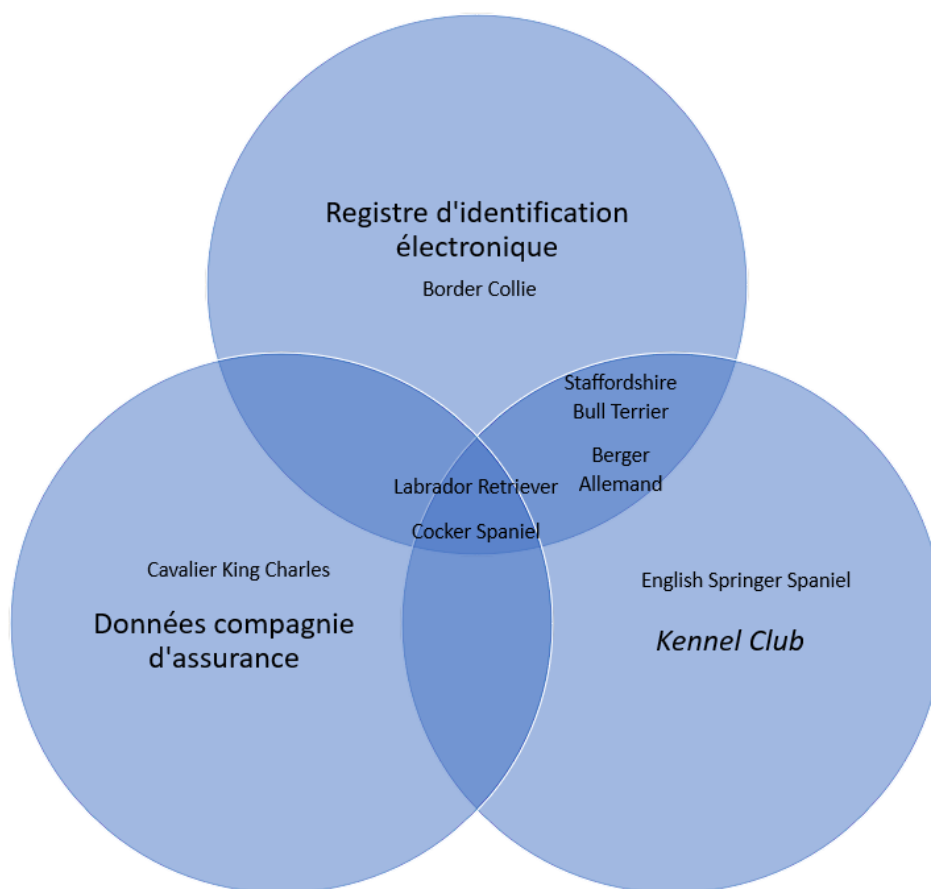
Au Royaume-Uni, en 2009, les données fournies par le registre d'identification électronique, le registre du *Kennel Club* et les données d'une compagnie d'assurance britannique donnaient des informations moins éloignées en ce qui concerne la popularité des races (Asher *et al.*, 2011) comme le montre la Figure 3. Le Labrador Retriever se révélait être la première race la plus populaire d'après les trois sources, ce qui rejoint les données apportées par l'étude d'Anderson *et al.* (2023). De même, le Cocker Spaniel figurait aussi dans les cinq premières races les plus populaires d'après les trois sources (Asher *et al.*, 2011) et l'étude d'Anderson *et al.* (2023). Comme en France, le Berger Allemand et le Staffordshire Bull Terrier étaient aussi populaires en 2009 (Asher *et al.*, 2011), tandis



qu'en 2021, les autres races citées étaient le Border Collie et le Jack Russell Terrier (Anderson *et al.*, 2023). De nouvelles races faisaient aussi parfois leur apparition, à l'image du Cockerpool (croisement d'un Cocker Spaniel et d'un Caniche) qui figurait parmi les races populaires au Royaume-Uni en 2021 (Anderson *et al.*, 2023). En Italie, dans la région de Vénétie en 2015, le Berger Allemand et le Labrador Retriever figuraient aussi parmi les races les plus populaires avec le Pinscher (Capello *et al.*, 2015).

**Figure 3 : Diagramme de Venn des cinq races de chiens les plus populaires au Royaume-Uni selon différentes sources**

*Figure établie d'après les données issues d'Asher et al. (2011)*



En France, l'âge médian des chiens identifiés était de 6,6 ans, sachant que la population prise en compte était uniquement les chiens enregistrés dans le fichier national d'identification d'âge inférieur ou égal à 13,5 ans et non déclarés décédés au 31 décembre 2022 (I-CAD, 2023). Cela peut amener à une surestimation de l'âge médian dans la population des chiens en France, ou à une sous-estimation si de nombreux chiens vivent plus de 13,5 ans. De même, au Royaume-Uni, l'âge médian était de cinq ans et cinq mois en 2021 (Anderson *et al.*, 2023), alors qu'en Italie il était de cinq ans en 2013 (Carvelli *et al.*, 2020), des chiffres relativement proches. Concernant la moyenne d'âge des chiens, elle était de cinq ans et 11 mois au Royaume-Uni en 2021 (Anderson *et al.*, 2023) et de 6,7 ans en Italie dans la région de Vénétie en 2011 (Capello *et al.*, 2015). Dans cette dernière étude, une légère différence entre mâles et femelles avait été observée, avec une moyenne d'âge

de sept ans pour les mâles et de 6,4 ans pour les femelles (Capello *et al.*, 2015), alors que la médiane d'âge était similaire entre mâles et femelles dans l'étude menée en 2013 dans la province de Rome (Carvelli *et al.*, 2020). De plus, dans l'étude d'Anderson *et al.* (2023), la pyramide des âges montrait une population importante de jeunes chiens de moins de deux ans, ce qui pouvait s'expliquer notamment par une augmentation des adoptions pendant la pandémie de COVID-19. En effet, près d'un quart des adoptions (26 %) ont été réalisées après 2020, même si ce chiffre peut être biaisé par le fait que les réponses devaient se fonder sur le chien acquis le plus récemment.

Concernant la proportion de mâles et de femelles, la répartition était similaire en Italie et en Suisse, avec environ 50 % de mâles et de femelles (Capello *et al.*, 2015 ; Carvelli *et al.*, 2020 ; Horisberger *et al.*, 2004). Au Royaume-Uni, dans l'étude d'Anderson *et al.* (2023), la population canine comptait par contre légèrement plus de mâles que de femelles (54 % contre 46 % respectivement).

En France, en 2019, les chiens stérilisés représentaient 50 % des animaux recensés, une hausse comparé à 2016, où 44 % des chiens étaient stérilisés (Ipsos/SantéVet, 2019). Ces chiffres étaient similaires à ceux observés en Irlande en 2009, où 47,3 % des chiens étaient stérilisés (Downes *et al.*, 2009). Au Royaume-Uni, la proportion de chiens stérilisés était nettement plus élevée, à hauteur de 72 % (Anderson *et al.*, 2023). En Italie, en 2004, elle était plus faible en comparaison à la France, avec seulement 20 % des chiens stérilisés (Slater *et al.*, 2008). Par ailleurs, la stérilisation était significativement plus importante pour les femelles que pour les mâles dans plusieurs études (Anderson *et al.*, 2023 ; Downes *et al.*, 2009 ; Horisberger *et al.*, 2004 ; Slater *et al.*, 2008). De même, Downes *et al.* (2009) ont montré qu'en Irlande, en 2009, le taux de stérilisation était plus bas dans les foyers possédant plusieurs chiens par rapport aux foyers qui ne comptaient qu'un seul chien (43,0 % et 50,3 % respectivement). Au contraire, la stérilisation était significativement plus élevée chez les chiens issus de fourrières ou de refuges, ce qui peut s'expliquer par le fait que ces organisations encouragent voire imposent en général très largement la stérilisation.

En ce qui concerne les raisons d'adoption, en Italie, en 2004, 82 % des chiens étaient considérés comme des chiens de compagnie plus que des chiens de travail (Slater *et al.*, 2008). De même, pour ce qui est des sources d'acquisition, l'élevage était majoritaire aux États-Unis en 2011, avec 47 % des adoptions, puis les refuges avec 39 %, la famille, les amis ou des voisins à 28 % ou les animaleries à 15 % (Freiwald *et al.*, 2014). Il est à noter que de nouvelles pratiques d'adoption semblent se développer avec notamment la vente en ligne : au Royaume-Uni, en 2021, les sources les plus courantes étaient les sites de vente en ligne d'animaux de compagnie (20,6 %), la famille ou les amis (18,2 %) ou *via* un site caritatif britannique dédié aux adoptions (12,1 %) (Anderson *et al.*, 2023).

Dans les pays en voie de développement, les caractéristiques des populations canines sont différentes. Ainsi, elles comportent en général davantage de mâles que de femelles, comme cela a été démontré au Mexique, en Tanzanie, à Madagascar ou en Thaïlande (Czupryna *et al.*, 2016 ; Kisiel *et al.*, 2016 ; Kongkaew *et al.*, 2004 ; Ratsitorahina *et al.*, 2009). La stérilisation est par ailleurs nettement moins importante. Au Mexique, en 2015, 14,1 % des mâles étaient stérilisés, contre 36,9 % des femelles et les femelles étaient significativement plus stérilisées que les mâles (Kisiel *et al.*, 2016). Ce chiffre tombait à 9,7 % des chiens mâles et aucune des femelles qui étaient stérilisés au Guatemala en 2008 (Pulczer *et al.*, 2013). De même, l'espérance de vie des chiens est nettement moins élevée dans les pays en développement que dans les pays développés, dû notamment à une

mortalité élevée. Ainsi, au Mexique en 2015, la médiane de l'âge des chiens était de deux ans et la moyenne d'âge de 2,9 ans (Kisiel *et al.*, 2016). De même, en Tanzanie entre 2010 et 2013, la médiane d'âge des chiens était d'un an et huit mois et la moyenne d'âge était de 28,3 mois, soit environ deux ans et quatre mois (Czupryna *et al.*, 2016), alors qu'elle était de 2,2 ans à Iringa en 2005 (Gsell *et al.*, 2012), ce qui était nettement inférieur aux chiffres européens. Quant aux raisons d'adoption, elles sont davantage liées au travail que dans les pays développés. Au Mexique, la majorité des chiens étaient adoptés comme animaux de compagnie, pour environ les deux tiers des propriétaires, 30,1 % étaient adoptés comme chiens de garde, 2,1 % étaient des chiens destinés à l'élevage et 1,4 % étaient destinés au troupeau et à la protection du bétail (Kisiel *et al.*, 2016). En Tanzanie, les raisons d'adoption étaient en majorité la protection de la maison et la garde du bétail, pour 98,7 % des propriétaires (Czupryna *et al.*, 2016). Ainsi, dans les pays en développement comme la Tanzanie, les chiens sont davantage perçus comme des chiens de travail, et non comme des animaux de compagnie.

En résumé, les populations canines dans les pays développés se caractérisent davantage par des **chiens n'appartenant pas nécessairement à une race définie** ou à un certain **panel de races populaires**. L'**âge médian** des populations tourne en général autour de **cinq à sept ans**, et les **mâles et les femelles** sont le plus souvent **équitablement représentés**. La **proportion de chiens stérilisés** reste **importante**, bien que **variable selon les pays**, et en général **plus importante chez les femelles** que chez les mâles. Les **raisons d'adoption** sont majoritairement la **compagnie**, cependant les **sources d'acquisition** sont **variables** selon les pays, avec notamment l'arrivée de nouvelles pratiques comme la vente par internet.

### ***c. Habitudes de vie et gestion des chiens de compagnie par leurs propriétaires***

Les habitudes de vie et de gestion des chiens de compagnie par leurs propriétaires sont au cœur des problématiques de santé animale. Les propriétaires sont en effet les garants du bien-être et de la bonne santé de leur chien, et certaines pratiques demeurent plus à risque de diffusion de maladies infectieuses.

- ***Alimentation***

L'alimentation joue un rôle clé en matière de santé animale. L'alimentation majoritairement choisie par les propriétaires de chiens reste l'alimentation industrielle, à l'image des croquettes. En effet, en France, en 2019, d'après Ipsos/SantéVet (2019) dans un échantillon aléatoire ( $n = 1\ 002$ ), représentatif de la population des propriétaires d'animaux de compagnie, le pourcentage de propriétaires de chiens nourrissant leur chien avec des croquettes était de 82 % suivie de la nourriture en boîte pour 21 %, et de la nourriture préparée par le propriétaire à 21 %. De même, en France, en 2022, d'après un sondage de la FACCO (2022) mené par Kantar auprès de 14 000 foyers représentatifs des foyers français, 95,1 % des propriétaires donnaient des croquettes à leur chien. D'après ce même sondage, les propriétaires donnaient aussi à leur chien des aliments en boîtes ou barquettes pour 26,4 % d'entre eux, des restes de table (34,3 %), des aliments cuisinés par les propriétaires (16,4 %), ou des aliments personnalisés (4,5 %). Par ailleurs, 62,5 % des propriétaires donnaient aussi des friandises et 7,6 % des compléments alimentaires. Au Royaume-Uni, en 2005, dans un sondage réalisé dans une communauté semi-rurale du Cheshire, l'alimentation la plus populaire était aussi l'alimentation industrielle sèche (Westgarth *et al.*, 2008). Dans cette même

étude, 85 % des propriétaires donnaient souvent ou parfois des friandises à leur chien, ce qui montre que cette pratique, comme en France, reste largement répandue.

- *Médicalisation des chiens de compagnie*

La médicalisation des chiens de compagnie est essentielle pour la prévention des maladies infectieuses transmissibles, notamment grâce à la vaccination. La médicalisation des chiens en France est importante : en 2019, le nombre de visites annuelles chez le vétérinaire dans les 12 derniers mois était de 1,7 en moyenne et seuls 8 % des propriétaires n'étaient pas allés chez le vétérinaire au cours de l'année précédente (Ipsos/SantéVet, 2019). Ces chiffres sont cependant inférieurs à la Belgique où les propriétaires de chiens présentaient leur animal à un vétérinaire en moyenne deux fois par an. Par ailleurs, Crozet *et al.* (2022) ont montré dans leur étude que 4,1 (intervalle de confiance à 95 % : 2,7 – 6,3) % des propriétaires de chiens amenaient leur chien chez le vétérinaire moins d'une fois par an, 56,7 (intervalle de confiance à 95 % : 51,7 – 61,5) % une à deux fois par an et 39,2 (intervalle de confiance à 95 % : 34,4 – 44,2) % plus de deux fois par an. Ainsi, une majorité des propriétaires amenaient leur chien au moins une fois par an chez le vétérinaire (pour près de 96 % d'entre eux). En Italie, d'après un sondage téléphonique mené en 2004 dans la province de Teramo, Slater *et al.* (2008) ont aussi montré qu'une majorité des chiens allaient chez le vétérinaire au moins une fois par an. De même, au Royaume-Uni, la médicalisation des chiens est importante : en 2005, dans une communauté semi-rurale du Cheshire, 84 % des chiens avaient vu un vétérinaire l'année qui précédait le sondage (Westgarth *et al.*, 2008). Dans une autre étude, en 2009, sur tous les chiens sondés, 71,82 (intervalle de confiance à 95 % : 55 – 100) % étaient enregistrés dans une clinique vétérinaire, amenant à penser que la majorité des chiens de compagnie était enregistrée dans une clinique vétérinaire et était donc médicalisée, sans toutefois préciser la fréquence des visites (Asher *et al.*, 2011). Anderson *et al.* (2023), dans une étude menée en 2021 au Royaume-Uni, ont mis en évidence un résultat similaire : 98 % des chiens de leur étude étaient enregistrés dans une clinique vétérinaire. De plus, parmi les propriétaires n'amenant pas leur chien chez le vétérinaire, 41 % déclaraient vouloir le faire et 41 % déclaraient avoir l'intention de le faire si leur animal était malade. Cependant, le fait d'avoir un chien enregistré dans une clinique vétérinaire n'induisait pas nécessairement que ce dernier recevait effectivement des soins réguliers. En Nouvelle-Zélande, en 2015, 17,8 % des propriétaires de chiens n'amenaient pas leur chien chez le vétérinaire (Gates *et al.*, 2019), un chiffre nettement plus important que ceux retrouvés en Europe. Par ailleurs, les raisons les plus fréquemment citées pour ne pas amener leur chien chez le vétérinaire était le fait qu'ils considéraient que ce n'était pas nécessaire et que le coût des soins était perçu comme trop élevé.

En France, la vaccination des chiens a été en augmentation ces dernières années : d'après Ipsos/SantéVet (2019), 84 % des maîtres déclaraient faire vacciner leur chien annuellement en 2019, contre 80 % en Belgique. Au Royaume-Uni, en 2005, un sondage mené dans une communauté rurale du Cheshire avait montré que 62 % des chiens avaient été vaccinés l'année qui précédait le sondage, sans toutefois préciser les vaccins concernés (Westgarth *et al.*, 2008). De même, d'après les estimations du Syndicat de l'Industrie du médicament et diagnostic vétérinaires (SIMV) qui a dévoilé les données de l'Observatoire national de la vaccination entre 2017 et 2022, 93 % des chiens en France seraient protégés avec les vaccins contre la maladie de Carré, le virus de l'hépatite de Rubarth, la parvovirose et la leptospirose, vaccins considérés comme essentiels, avec une progression de 11 points entre 2017 et 2022 (Igoho-Moradel, 2023). Concernant la toux de chenil, la couverture vaccinale serait plutôt estimée à 31 % des chiens médicalisés. La couverture vaccinale contre les maladies à tique a elle aussi subi une diminution, au contraire de la vaccination

contre la leishmaniose qui a augmenté. Une diminution de la couverture vaccinale a été observée durant le confinement, et une diminution de la vaccination contre la rage, en lien avec la limitation des voyages à l'étranger. D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (World Health Organization, 2018), la couverture vaccinale optimale contre la rage dans les pays où cette maladie est enzootique serait de 70 % des chiens, de façon à enrayer la circulation du virus. Or, la couverture vaccinale des chiens est inégale selon les zones géographiques (Tableau 4), et les pays enzootiques de rage ont souvent une couverture vaccinale plus faible que les pays indemnes de rage, notamment par manque de moyens financiers et humains (Hampson *et al.*, 2015). Ainsi, le pourcentage de chiens vaccinés contre la rage variait de 19 à 93,2 % selon les pays, montrant une très grande disparité. En France, entre octobre 2019 et avril 2020, Crozet *et al.* (2022) ont obtenu une proportion de 73,7 (intervalle de confiance à 95 % : 69,0 – 77,8) % de chiens vaccinés (avec une vaccination à jour) contre la rage. Au Japon, en 2017, un sondage en ligne a montré que 93,2 % des répondants vaccinaient leur chien contre la rage chaque année (Kwan *et al.*, 2019), ce chiffre pouvant être légèrement surestimé par le fait que les personnes interrogées étaient des propriétaires ayant souscrit à une assurance pour animaux, et avaient donc probablement des chiens plus médicalisés qu'au sein de la population générale. Au Mexique, les mâles étaient significativement plus vaccinés que les femelles (Kisiel *et al.*, 2016), un résultat similaire à ce qui avait pu être observé au Kenya (Kitala *et al.*, 2001).

**Tableau 4 : Comparaison des couvertures vaccinales contre la rage en fonction des pays**

Étude	Année	Pays	Méthode de sondage utilisée	Chiens vaccinés contre la rage (intervalle de confiance à 95 %)
<b>Crozet <i>et al.</i> (2022)</b>	2020	France	Sondage en ligne	73,7 (69,0 – 77,8) %
<b>Kwan <i>et al.</i> (2019)</b>	2017	Japon	Sondage en ligne auprès de propriétaires de chiens assurés	93,2 %
<b>Kisiel <i>et al.</i> (2016)</b>	2015	Mexique	Sondage au porte à porte	84,4 %
<b>Ratsitorahina <i>et al.</i> (2009)</b>	2008	Madagascar	Sondage au porte à porte, pourcentage de chiens qui ont déjà été vaccinés	35,6 (33,5 – 37,6) %
<b>Pulczer <i>et al.</i> (2013)</b>	2008	Guatemala	Sondage au porte à porte	72 %
<b>Kongkaew <i>et al.</i> (2004)</b>	2002	Thaïlande	Sondage au porte à porte, pourcentage de chiens vaccinés dans les six derniers mois	70 (62,1 – 78) %
<b>Mindekem <i>et al.</i> (2005)</b>	2001	Tchad	Sondage au porte à porte	19 %
<b>Kitala <i>et al.</i> (2001)</b>	1992	Kenya	Sondage au porte à porte	29 %

Par ailleurs, la vermifugation des chiens est une pratique relativement répandue en France : en effet, en 2019, 85 % des propriétaires de chiens déclaraient vermifuger leur animal, contre seulement 52 % en Belgique (Ipsos/SantéVet, 2019). Au Portugal, cette pratique est encore plus largement répandue avec 95,5 % des chiens traités contre les endoparasites en 2015, d'après un sondage en ligne mené entre octobre et décembre 2015 auprès de 294 propriétaires de chiens (Pereira *et al.*, 2016). Au Royaume-Uni, en 2005, dans une communauté semi-rurale du Cheshire, 58 % des chiens avaient reçu un traitement contre les parasites internes dans les trois mois précédant le sondage (Westgarth *et al.*, 2008). Cependant, la fréquence de vermifugation des chiens de compagnie reste généralement inférieure aux recommandations. En effet, les recommandations du Conseil Scientifique Européen des Parasites des Animaux de compagnie (ESCCAP) étaient de vermifuger les chiens une à deux fois par an pour les chiens peu exposés et de quatre à 12 fois par an pour les chiens très exposés (ESCCAP France, 2023). Or, en France métropolitaine, il ressortait que les chiens étaient vermifugés entre 1,5 et trois fois par an, avec une moyenne de 2,28 fois par an. De plus, le pourcentage de propriétaires appliquant les recommandations de l'ESCCAP était de 6 % en moyenne (Roussel *et al.*, 2019). La moyenne de la fréquence de vermifugation française restait néanmoins semblable à la moyenne européenne (McNamara *et al.*, 2018). Au Portugal, 33,7 % des chiens étaient vermifugés tous les trois mois, 27,6 % des chiens étaient vermifugés tous les quatre mois et seuls 6,4 % des chiens étaient vermifugés tous les mois (Pereira *et al.*, 2016). Ainsi dans cette étude, 67,7 % des chiens étaient vermifugés selon les recommandations minimales de l'ESCCAP.

En ce qui concerne les parasites externes, le pourcentage d'animaux traités diffère selon les pays. En France, en 2019, 89 % des propriétaires déclaraient déparasiter leur animal, sans toutefois préciser la fréquence des traitements (Ipsos/SantéVet, 2019). En Belgique, ce chiffre n'était que de 76 %. Au Portugal, 98,2 % des chiens étaient traités contre les parasites externes en 2015 (Pereira *et al.*, 2016) : 29,2 % des propriétaires traitaient leur chien tous les trois mois, 28,8 % traitaient leur chien tous les mois et 7 % des propriétaires traitaient leur chien une fois par an. Au Royaume-Uni, en 2005, dans une communauté semi-rurale du Cheshire, 53 % des chiens avaient reçu un traitement contre les puces dans les trois mois qui précédaient le sondage (Westgarth *et al.*, 2008).

- Voyages

Les déplacements d'animaux sont un enjeu sanitaire important dans la dynamique des maladies infectieuses. En effet, qu'il s'agisse de voyages ou d'importations, ce type de mouvement favorise la transmission de maladies infectieuses, en permettant l'arrivée d'animaux potentiellement porteurs d'agents pathogènes sur les territoires. En France, les propriétaires voyageant avec leur chien privilégient nettement les voyages en Europe. Crozet *et al.* (2022) ont montré que les proportions de propriétaires de chiens ayant voyagé au moins une fois au sein de l'Union Européenne ou en dehors de l'Union Européenne dans les cinq dernières années étaient respectivement de 21,2 (intervalle de confiance à 95 % : 17,3 – 25,7) % et 0,5 (intervalle de confiance à 95 % : 0,2 – 1,2) %.

Les importations de chiens sont en nette augmentation en France ces dernières années. Ainsi, d'après les données de l'I-CAD, les importations de chiens ont augmenté de 63 % entre 2017 et 2022, avec une majorité importée par des particuliers (I-CAD, 2023). Or, dans une étude menée aux États-Unis, entre 2015 et 2022, l'incidence des cas de rage était 16 fois supérieure dans la population des chiens importés de pays enzootiques de rage, que dans la population des chiens de

compagnie américaine (Pieracci *et al.*, 2024). Ainsi, au-delà des voyages, qui semblent être une pratique plus limitée, l'importation représente un enjeu sanitaire prenant de l'ampleur ces dernières années. Cependant, peu de données sont disponibles sur le sujet.

- *Habitudes de vie, de promenades et interactions entre chiens*

Les habitudes de vie et de circulation des chiens de compagnie au sein des différents espaces sont un enjeu sanitaire important. En effet, les chiens sont des animaux sociaux par nature, et de nombreuses interactions, avec les chiens comme les humains, peuvent donc avoir lieu au cours de leurs promenades avec leurs propriétaires. Ces contacts entre chiens peuvent favoriser la propagation de maladies infectieuses, d'où l'importance de pouvoir les étudier en détail.

Contrairement à de nombreux pays en voie de développement comme la Thaïlande, la Tanzanie, le Tchad, le Kenya ou encore Madagascar, où la majeure partie des chiens peuvent circuler librement et sont rarement restreints (Czupryna *et al.*, 2016 ; Kitala *et al.*, 2001 ; Kongkaew *et al.*, 2004 ; Mindekem *et al.*, 2005 ; Ratsitorahina *et al.*, 2009), la plupart des chiens de compagnie dans les pays développés ne peuvent pas circuler seuls. En France, dans une étude de 2022, le nombre de chiens qui avaient la possibilité de circuler seuls sans surveillance était très limité (1,4 %) (Crozet *et al.*, 2022). Ce chiffre était similaire à celui observé au Royaume-Uni en 2005, où seulement 1 % des chiens pouvaient circuler seuls sans surveillance, dans une communauté semi-rurale du Cheshire (Westgarth *et al.*, 2008). Ainsi, la circulation des chiens au sein des pays développés se fait majoritairement sous la surveillance plus ou moins constante du propriétaire, en laisse ou en liberté, mais la plupart du temps dans le champ de vision du propriétaire.

Dans les études datant du début des années 2000, la promenade des chiens de compagnie semblait moins répandue que dans les études plus récentes. À titre d'exemple, entre 1998 et 2002, en Australie, deux études montraient que moins de la moitié des propriétaires promenait leur chien (Bauman *et al.*, 2001 ; Schofield *et al.*, 2005). Plus tard, entre 2003 et 2005, un autre sondage mené en Australie avait montré que seuls 22 % des propriétaires ne promenaient jamais leur chien (Cutt *et al.*, 2008). Cependant, des différences de méthode, de zones d'étude ou encore de biais, peuvent aussi expliquer une telle différence. À Taïwan, d'après un sondage téléphonique mené en novembre 2016, ce chiffre montait à 69 % des propriétaires de chiens (Liao *et al.*, 2018), ce qui montre une certaine variabilité selon les pays, pouvant être liée à des différences culturelles, et probablement un changement des habitudes de promenade canines avec le temps (Tableau 5). Dans les autres études résumées dans le Tableau 5, la part des propriétaires promenant leur chien allait de 77 à 99 % des propriétaires (Crozet *et al.*, 2022 ; Kwan *et al.*, 2019 ; PDSA, 2019). Cependant, dans l'étude menée par Kwan *et al.* (2019), le questionnaire avait été distribué à des propriétaires de chiens inscrits à une compagnie d'assurance, ce qui peut induire un biais de sélection, les chiens inscrits dans une compagnie d'assurance ayant plus de chances d'être davantage médicalisés, et donc par extension pouvant être davantage promenés.

De plus, certains critères ont été étudiés afin de comparer les populations promenant leur chien : ainsi, à Taïwan, en 2016, il a été mis en évidence que les personnes âgées vivant dans les zones non métropolitaines promenaient moins fréquemment leur chien que ceux vivant dans les zones métropolitaines (10,9 % contre 5,5 % des personnes interrogées respectivement, avec résultat significatif au test de comparaison de ces proportions) (Liao *et al.*, 2018).

**Tableau 5 : Comparaison des pourcentages de propriétaires promenant leurs chiens selon les études**

Étude	Année étudiée	Pays	Méthode de sondage	Pourcentage de propriétaires qui promènent leur chien (intervalle de confiance à 95 %)
<b>Crozet <i>et al.</i> (2022)</b>	2020	France	Sondage en ligne	77,1 (72,7 – 80,9) %
<b>People's Dispensary for Sick Animals (PDSA) (2019)</b>	2019	Royaume-Uni	Sondage en ligne	99 %
<b>Kwan <i>et al.</i> (2019)</b>	2017	Japon	Sondage en ligne auprès de propriétaires de chiens assurés	96,4 %
<b>Liao <i>et al.</i> (2018)</b>	2016	Taiïwan	Sondage téléphonique	31 %
<b>Cutt <i>et al.</i> (2008)</b>	2003 – 2005	Australie	Sondage en face à face	78 %
<b>Schofield <i>et al.</i> (2005)</b>	2002	Australie	Sondage téléphonique	60 % pour la semaine précédant le sondage
<b>Bauman <i>et al.</i> (2001)</b>	1998	Australie	Sondage téléphonique	41 %

Les habitudes de promenade des chiens restent cependant très variées. Le temps de promenade a augmenté au fil des années et varie selon les pays (Tableau 6). Ainsi, le temps de promenade était nettement plus élevé en France, où il était de 659 minutes de promenade par semaine (Crozet *et al.*, 2022), que dans d'autres études menées au Japon (Kwan *et al.*, 2019) et à Taiïwan (Liao *et al.*, 2018), où il était respectivement de 453 et 232,13 minutes par semaine. Ces chiffres sont supérieurs à d'autres données apportées par des études plus anciennes menées en Australie, qui évaluaient le temps de promenade hebdomadaire entre 57 et 210 minutes (Bauman *et al.*, 2001 ; Schofield *et al.*, 2005). De même, Kwan *et al.* (2019) ont montré qu'au Japon, parmi les propriétaires de chiens, 83,1 % d'entre eux promenaient leur chien pendant 30 minutes à une heure par promenade. Or, dans une étude de 2006 menée aux États-Unis, seuls 42,3 % des propriétaires promenaient leur chien plus de 30 minutes par jour (Ham et Epping, 2006), soulignant un temps de promenade canine sans doute moins important qu'au Japon. Par ailleurs, au Royaume-Uni, en 2005, la majeure partie des propriétaires promenait leur chien entre 16 minutes et une heure à chaque promenade (Westgarth *et al.*, 2008).

Le nombre de promenades par semaine moyen est très variable selon les études et les pays (Tableau 6). Dans plusieurs études, entre 1998 et 2005, la fréquence hebdomadaire des promenades oscillait entre trois et sept promenades par semaine (Cutt *et al.*, 2008 ; Schofield *et al.*, 2005 ; Thorpe *et al.*, 2006). À Taiïwan, en 2016, le nombre de jours de promenade était de 5,9 jours



par semaine en moyenne, sans indiquer la fréquence journalière des promenades (Liao *et al.*, 2018). Dans d'autres pays, les promenades canines semblent plus fréquentes. Au Japon, Kwan *et al.* (2019) ont montré que les propriétaires promenaient leur chien entre une et deux fois par jour, pour 75,9 % d'entre eux. De même, au Royaume-Uni, dans une communauté semi-rurale du Cheshire, 62 % des chiens étaient promenés entre une et deux fois par jour et seuls 3 % des chiens n'étaient pas promenés ou promenés moins d'une fois par semaine (Westgarth *et al.*, 2008). Cependant, certaines données pouvaient être surestimées ou sous-estimées selon les méthodes de sondage utilisées. De même, différents critères ont permis de comparer le temps et la fréquence des promenades. Ainsi, dans leur étude, Westgarth *et al.* (2008) ont montré que les chiens de grande taille et de taille moyenne étaient promenés plus souvent que les chiens de petite taille. Dans cette même étude, un critère pris en compte pour comparer les temps de promenade était notamment l'âge du chien : les chiens plus jeunes avaient tendance à être promenés plus longtemps que les chiens plus vieux.

Concernant les modes de promenade, la marche en semi-liberté (avec des moments en laisse et d'autres sans laisse) semblait être la plus adoptée. Au Royaume-Uni, en 2005, Westgarth *et al.* (2008) ont montré que 6 % des chiens n'étaient jamais promenés en laisse et que 14 % des chiens étaient promenés en laisse uniquement. Parmi les chiens qui étaient autorisés à se promener en partie sans laisse, 67 % étaient toujours dans le champ de vision du propriétaire.

En lien avec les horaires de promenade, au Royaume-Uni, en 2005, Westgarth *et al.* (2008) ont montré qu'approximativement la moitié des chiens étaient promenés à des horaires réguliers chaque jour, le créneau horaire entre six heures et neuf heures étant le plus commun. D'autres créneaux horaires étaient fréquemment dédiés à la promenade du chien, notamment ceux de neuf heures à midi, de quinze heures à dix-huit heures et de dix-huit heures à vingt-et-une heures. Dans la communauté semi-rurale du Cheshire où avait eu lieu cette étude, les lieux de promenade fréquentés correspondaient à la campagne pour 67 % des propriétaires de chien et la plage pour 64 % d'entre eux. Par ailleurs, 69 % des propriétaires promenaient leur chien régulièrement au même endroit. De plus, 27 % des propriétaires ne promenaient jamais leur chien en dehors de la zone locale (par exemple en prenant les transports en commun ou la voiture), alors que 6 % le faisaient tous les jours et 21 % moins d'une fois par mois. Ainsi, le fait de promener leur chien régulièrement aux mêmes horaires et aux mêmes endroits pouvait amener les propriétaires à croiser souvent les mêmes personnes et leurs chiens : dans cette étude, 92 % des propriétaires remarquaient croiser tous les jours, souvent ou quelques fois, les mêmes chiens et leurs propriétaires, au cours de leurs balades quotidiennes avec leur chien.

Ainsi, de grandes disparités peuvent être observées dans les habitudes de promenade canine entre les pays, mais aussi selon les zones et les différentes études. Les facteurs influençant les habitudes de promenade sont cependant encore mal caractérisés. Or la manière dont les chiens sont promenés influence nettement les contacts entre chiens et leur étude est donc primordiale pour comprendre les dynamiques de propagation des maladies infectieuses transmissibles.

**Tableau 6 : Comparaison des temps de promenade quotidiens et du nombre de promenades hebdomadaires selon les études**

Étude	Année étudiée	Pays	Méthode de sondage	Temps de promenade hebdomadaire moyen (en minutes)	Nombre moyen de promenades hebdomadaires
<b>Crozet et al. (2022)</b>	2020	France	Sondage en ligne	659	NE*
<b>Kwan et al. (2019)</b>	2017	Japon	Sondage en ligne auprès de propriétaires de chiens assurés	453	NE*
<b>Liao et al. (2018)</b>	2016	Taiïwan	Sondage téléphonique	232,13	NE*
<b>Cutt et al. (2008)</b>	2003 – 2005	Australie	Sondage en face à face	NE*	2,6
<b>Schofield et al. (2005)</b>	2002	Australie	Sondage téléphonique	210	7
<b>Bauman et al. (2001)</b>	1998	Australie	Sondage téléphonique	57	NE*
<b>Thorpe et al. (2006)</b>	1998	États-Unis	Sondage en face à face auprès de personnes âgées entre 71 et 82 ans	NE*	3

\*NE : Non estimé

Au cours des promenades, les chiens peuvent être amenés à des interactions physiques ou à une certaine proximité, propices à la transmission d'agents pathogènes, qui peuvent être qualifiés de contacts entre chiens. Ainsi, l'étude des contacts entre chiens représente un enjeu sanitaire important : en effet, leur fréquence, leur intensité ou leur nature peuvent influencer les dynamiques de propagation des maladies infectieuses. Au Royaume-Uni, en 2005, Westgarth *et al.* (2008) ont montré que 76 % des chiens sondés interagissaient avec d'autres chiens à l'extérieur du foyer. Au Japon, en 2017, une étude s'est également intéressée aux contacts entre chiens au cours des promenades (Kwan *et al.*, 2019). Le nombre de contacts entre chiens était estimé en considérant la fréquence à laquelle le chien était promené chaque jour, la fréquence à laquelle au moins un chien pouvait être rencontré sur dix promenades, et combien de chiens en moyenne étaient rencontrés sur une promenade. La définition de contact utilisée correspondait à la situation où un chien approchait à moins d'un mètre d'un congénère et avait la possibilité de toucher et interagir avec ce congénère. À partir de ces données, les chercheurs ont estimé qu'un chien de compagnie au Japon avait 83 (intervalle de confiance à 95 % : 81 – 85) % de chances d'entrer en contact avec un congénère pendant une promenade et que la moyenne des chiens rencontrés ainsi était de 2,73 (intervalle de confiance à 95 % : 2,42 – 3,11) chiens par jour, pour les chiens ayant des contacts réguliers. En France, en 2020, Crozet *et al.* (2022) ont montré que les chiens sondés avaient une moyenne de 1,4 (intervalle de confiance à 95 % : 1,1 – 1,6) contacts quotidiens avec les autres chiens extérieurs au foyer : ainsi, les contacts quotidiens avec d'autres chiens extérieurs au foyer

semblent importants en France. Cependant la méthode mise en place étant différente de celle utilisée par Kwan *et al.* (2019), les résultats ne sont pas directement comparables. Par ailleurs, une comparaison du nombre de contacts avec d'autres chiens en fonction de différents facteurs a été réalisée par Kwan *et al.* (2019). Dans cette étude, le modèle de régression utilisé avait montré une différence du nombre de contacts entre chiens en fonction de la nature de la promenade, le nombre de contacts étant plus important si la promenade était réalisée en groupe. Le nombre de contacts entre chiens était aussi augmenté, dans une moindre mesure, en fonction de la densité de chiens dans le quartier où résidait le propriétaire et par la taille du chien, les chiens de race moyenne ou grande ayant plus de contacts avec d'autres chiens que les chiens de petite race. Ainsi, bien que variables, les contacts avec des chiens extérieurs au foyer, restent néanmoins très fréquents.

Lors des interactions avec d'autres chiens au cours des promenades, différents comportements peuvent être observés. Au Royaume-Uni, Westgarth *et al.* (2008) ont recensé les comportements qui arrivaient souvent ou parfois lors d'interaction avec d'autres chiens : 59 % des chiens se montraient joueurs, 81 % reniflaient l'autre chien, 42 % l'ignoraient, et 24 % se montraient agressifs. Les comportements neutres ou amicaux semblaient donc plutôt majoritaires. Par ailleurs, les chiens plus jeunes étaient plus à même de jouer avec d'autres chiens et moins à même de les ignorer. De plus, les propriétaires peuvent avoir tendance à laisser les chiens interagir entre eux. Ainsi, Bradshaw et Lea (1992) ont observé, dans une étude menée en 1988 au Royaume-Uni, que seules 13 % des interactions entre chiens étaient interrompues par les propriétaires. Les contacts entre chiens semblent donc favorisés par les propriétaires, et les interactions neutres et amicales semblent majoritaires. Ce type de contact peut néanmoins être suffisant dans le cadre de la transmission d'agents pathogènes.

Par ailleurs, la pandémie de COVID-19 a pu aussi avoir un rôle délétère dans la socialisation canine. Dans une étude menée au Royaume-Uni en 2023 (Anderson *et al.*, 2023), les chercheurs avaient noté une augmentation des adoptions de chiens au cours du confinement. Or, une autre étude de 2020 s'était intéressée aux conséquences du confinement notamment en termes de promenade canine (Christley *et al.*, 2020) : une diminution de la fréquence et de la durée des promenades avaient été observée, ainsi qu'une tendance à éviter les lieux où les chiens se promenaient habituellement et ce notamment afin d'éviter les contacts avec d'autres chiens ou d'autres personnes. Cela a pu avoir un impact sur la sociabilisation des chiens, et notamment des chiots adoptés pendant le confinement, en les amenant à interagir avec moins de congénères ou de personnes extérieures au foyer. Ainsi, des problèmes de comportement pourraient intervenir suite à ces déficits d'interactions.

En résumé, la **médicalisation** des chiens de compagnie est **importante** dans les **pays développés**, avec une **couverture vaccinale élevée**, que ce soit pour la rage ou les principaux vaccins usuels, et des **traitements antiparasitaires** nettement **démocratisés**. Cela peut ainsi permettre une **diminution du risque infectieux**. Au-delà des **voyages**, qui semblent être une pratique plus **limitée**, l'**importation** des chiens représente un **enjeu sanitaire** prenant de l'ampleur ces dernières années (bien que peu de données soient disponibles sur le sujet). Par ailleurs, malgré une certaine variabilité dans la **nature** et la **fréquence des contacts entre chiens**, les contacts demeurent **nombreux au cours des promenades**. Or, leur rôle reste **déterminant** dans la **circulation d'agents pathogènes**, que ce soit les **contacts directs** ou **indirects** (avec la fréquentation régulière des mêmes espaces). L'étude des promenades et des interactions entre chiens est donc primordiale pour comprendre les **dynamiques des maladies infectieuses canines**, dont certaines ont un **aspect zoonotique** important en santé humaine.

### C. Aspects sanitaires associés aux chiens de compagnie

Les chiens peuvent être affectés par de nombreuses maladies infectieuses dont certaines peuvent avoir un impact sanitaire très important, voire en santé publique. Du fait de la nature contagieuse de certaines de ces maladies, les contacts directs et indirects entre chiens, ainsi que les mouvements d'animaux, peuvent nettement favoriser leur propagation.

Certaines pratiques de voyage peuvent favoriser l'introduction et la diffusion de maladies sur un territoire. Ainsi, en France, Crozet *et al.*, (2022) ont montré que certains profils de propriétaires de chiens étaient plus à risque d'introduction et de diffusion de maladies infectieuses. Ces profils à risque se caractérisaient par la réalisation de voyages fréquents, notamment en dehors de l'Europe, des contacts fréquents sur le territoire français, et potentiellement peu contrôlés avec d'autres chiens, et une sensibilisation aux questions de santé des chiens moins importante. Bien que peu nombreux, ce type de propriétaire de chiens était plus à risque de diffuser des agents infectieux dont certains peuvent avoir des conséquences importantes, comme par exemple la rage, même au sein de pays indemnes. De plus, la transmission de maladies infectieuses peut-être favorisée avant, pendant et après le transport des chiens. En effet, le transport génère un stress favorisant la déclaration de maladies infectieuses et le mélange de chiens venant de différentes sources peut aussi favoriser la transmission de maladies infectieuses (Anderson *et al.*, 2019).

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des contacts entre chiens et avec d'autres espèces domestiques ou sauvages peut favoriser la propagation de maladies infectieuses (Stull *et al.*, 2019). Or, l'émergence de nouvelles pratiques, comme les promenades en groupe, la fréquentation des parcs canins, des pensions, clubs canins, expositions ou encore des compétitions sportives, amène à une concentration d'individus dans des lieux plus ou moins restreints. La diffusion de maladies est aussi possible au sein même des cliniques vétérinaires. Ainsi, la concentration de chiens dans des lieux plus ou moins restreints, favorise les transmissions directes et indirectes d'agents pathogènes, que ce soit entre chiens ou avec les humains.

Plusieurs exemples de maladies infectieuses montrent que la diffusion d'agents pathogènes est nettement facilitée par les mouvements de chiens ainsi que les contacts directs et indirects entre chiens. La rage est une zoonose provoquée par un virus du genre *Lyssavirus* (Anses, 2013). Elle se transmet majoritairement par contact direct avec la salive d'un animal excréant le virus, donc le plus

souvent après morsure, griffure ou léchage sur une peau lésée ou une muqueuse (Ribadeau-Dumas *et al.*, 2013). La France est indemne de rage depuis 2001, cependant des cas de rage importés sont toujours recensés sur le territoire, et le risque de réintroduction de la rage reste non négligeable (Crozet *et al.*, 2023 ; Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2020). Ainsi, à titre d'exemple, en août 2004, un cas de rage a été détecté à Bordeaux, chez un chiot illégalement importé du Maroc (Servas *et al.*, 2005). Or, du fait du caractère zoonotique et contagieux de la rage, tous les animaux et humains entrés en contact avec le chiot ont dû être recensés : les humains ont ainsi pu recevoir une prophylaxie post-exposition. Au total, 57 animaux ont été confirmés comme ayant été en contact avec le chiot, mais aucun n'était porteur du virus. La rage reste cependant un enjeu sanitaire important étant donné son caractère mortel, hautement contagieux et zoonotique, d'où la nécessité d'une surveillance accrue des importations.

La brucellose canine est une zoonose provoquée par la bactérie *Brucella canis*. La transmission de cette bactérie se fait par voie vénérienne, mais aussi par contact avec des fluides corporels, que ce soit par ingestion ou à travers une peau lésée ou une muqueuse (Djokic *et al.*, 2023). Or, des cas de brucellose ont été détectés chez des chiens dans presque tous les pays d'Europe, avec une exposition humaine très importante. Des cas d'importations ont été mis en évidence, comme le cas d'une chienne gestante, infectée par la bactérie, et ayant avorté à bord d'un vol international, mettant à risque la santé de l'ensemble des passagers et du personnel (Williams *et al.*, 2024). En effet, la brucellose est à ce jour peu réglementée (Djokic *et al.*, 2023), d'où un risque accru de diffusion de la bactérie en l'absence de mesures sanitaires appropriées, notamment dans le cadre des mouvements transfrontaliers de chiens. Cette maladie représente donc un enjeu majeur de santé publique.

La leptospirose, causée par *Leptospira interrogans*, est une maladie infectieuse zoonotique se transmettant essentiellement par contact avec l'urine des animaux contaminés, notamment la faune sauvage (Stull *et al.*, 2016). Au Japon, en 2017, 11 chiens ont été suspectés d'être porteurs de leptospires et neuf chiens sont décédés en l'espace d'un mois (Saeki et Tanaka, 2021). Or, parmi les 11 chiens suspectés d'être infectés, sept fréquentaient régulièrement le même lit de rivière au cours de leurs promenades quotidiennes. Ainsi, les analyses épidémiologiques déclaraient ce site comme étant la source de l'infection. De plus, une augmentation de la population de rats laveurs, importés au Japon depuis l'Amérique du Nord, était aussi suspecté d'être une source de leptospires. Cet exemple montre que les habitudes de promenade, et donc les contacts directs ou indirects avec des chiens potentiellement malades, ainsi que les contacts avec la faune sauvage, peuvent favoriser la diffusion des maladies infectieuses.

Le virus de la grippe canine (*Canine influenza virus* ou CIV) est très contagieux, particulièrement chez les populations naïves et vivant en collectivité, comme les élevages ou les refuges, et cause des infections parfois fatales chez certains individus (Anderson *et al.*, 2019). Un cas unique, importé de Corée du Sud, avait été la cause d'une épidémie, en 2015, dans la région de Chicago, provoquant une dissémination du virus dans une partie des États-Unis (Voorhees *et al.*, 2017). En effet, l'excrétion virale du CIV précède les signes cliniques et peut persister jusqu'à 24 jours (Newbury *et al.*, 2016), ce qui peut favoriser l'importation de chiens infectés et la diffusion au sein des populations à risque. Cela montre que les regroupements de chiens favorisent la propagation d'agents pathogènes dans les collectivités, et que les cas importés peuvent être à l'origine d'épizooties importantes dans des populations indemnes.

Ainsi, les quelques exemples détaillés illustrent que des **maladies infectieuses** peuvent être **transmises entre chiens**, que ce soit par **contact direct** ou **indirect**, mais aussi par la **faune sauvage**. Or, certaines de ces maladies ont un **caractère zoonotique** très important et posent donc des **problèmes majeurs de santé publique**. Il est donc nécessaire de promouvoir une **bonne gestion sanitaire des chiens**, notamment auprès des propriétaires. La **gestion des mouvements** de courte et de longue distance est primordiale dans la lutte contre ces différents agents pathogènes. De plus, l'**augmentation de la fréquence des contacts** entre chiens et des **regroupements canins** joue un **rôle essentiel** dans les dynamiques de ces maladies infectieuses. Cela implique que l'**étude des contacts entre chiens**, et de la **structure de leurs réseaux**, représente un **enjeu sanitaire majeur** pour la **santé animale et humaine**.

## 2. Approches méthodologiques pour l'étude des réseaux de contacts entre chiens

### A. Intérêt de l'étude des réseaux de contacts entre chiens

Comme vu précédemment, les populations canines représentent un enjeu sanitaire important, notamment du fait de l'augmentation de taille, de l'importance des contacts entre chiens, mais aussi avec l'Homme, et de la circulation d'agents pathogènes au sein de ces communautés. Les chiens, au cours de leurs déplacements et mouvements (lors de promenades par exemple), développent des contacts réguliers avec d'autres individus, amenant à la création de réseaux de contacts. Ainsi, il apparaît nécessaire de chercher à comprendre la structure de ces réseaux, à quantifier les contacts entre individus, connaître leur nature, et leur potentiel dans la diffusion d'agents pathogènes. Cela peut ainsi permettre la mise en œuvre de méthodes efficaces pour lutter contre la diffusion de maladies infectieuses.

Un réseau, dans le cadre de la théorie des graphes, se compose d'entités, aussi appelées nœuds du réseau, et de leurs connexions entre elles (Wey *et al.*, 2008). Ainsi, dans le cadre d'un réseau de contacts entre chiens, un nœud représente souvent un individu canin. Une connexion entre deux individus est décrite comme un lien, ce lien pouvant être un contact réel ou supposé, et de nature variée. La visualisation de ces réseaux peut se faire à l'aide de graphes, de sociomatrices, aussi appelées matrices d'adjacences, ou à l'aide d'une représentation mathématique incluant une liste des différents liens entre individus (Martínez-López *et al.*, 2009 ; Wey *et al.*, 2008).

Des directions peuvent s'ajouter aux caractéristiques du réseau selon si les liens entre individus sont unidirectionnels ou bidirectionnels : les réseaux sont alors dits orientés ou non orientés respectivement (Martínez-López *et al.*, 2009). De même, il est possible d'ajouter des attributs aux liens entre nœuds, comme une pondération ou d'autres attributs (sur les liens comme sur les nœuds) tels que des types de contacts (par exemple des comportements amicaux, neutres ou agonistiques). Cela peut permettre de mieux appréhender les caractéristiques des réseaux et leur potentiel dans la diffusion de maladies infectieuses.

La transmission d'agents pathogènes peut être influencée par la fréquence des contacts entre individus du réseau, comme par la structure globale du réseau (Wey *et al.*, 2008). Ainsi, l'étude des caractéristiques intrinsèques d'un réseau, ou indicateurs intra-réseaux, peut par exemple permettre de repérer les individus les plus à risque de transmission ou d'introduction d'agents pathogènes au sein d'un groupe (Martínez-López *et al.*, 2009). De même, les indicateurs inter-réseaux, relatifs à l'ensemble du réseau, qui peuvent être notamment normalisés en divisant par la taille du réseau, sont des données intéressantes pour comparer les réseaux entre eux, et ainsi comparer le risque de diffusion d'agents pathogènes dans des groupes différents (Martínez-López *et al.*, 2009 ; Wey *et al.*, 2008). Cela peut permettre, par exemple, de repérer les populations ou les régions les plus intéressantes à mettre en quarantaine afin d'endiguer la progression d'une épidémie.

Plusieurs études ont porté sur les réseaux de contacts entre chiens et sur l'exploitation de ces données avec souvent pour application le contrôle de maladies infectieuses. La centralité d'un individu correspond à sa position au sein d'une population et plusieurs paramètres peuvent permettre de la mesurer : de cette manière, l'identification des individus les plus centraux au sein des réseaux peut contribuer à améliorer les stratégies de surveillance et de gestion des maladies infectieuses (Christley *et al.*, 2005). Ainsi, à titre d'exemple, Laager *et al.* (2018) ont utilisé un réseau

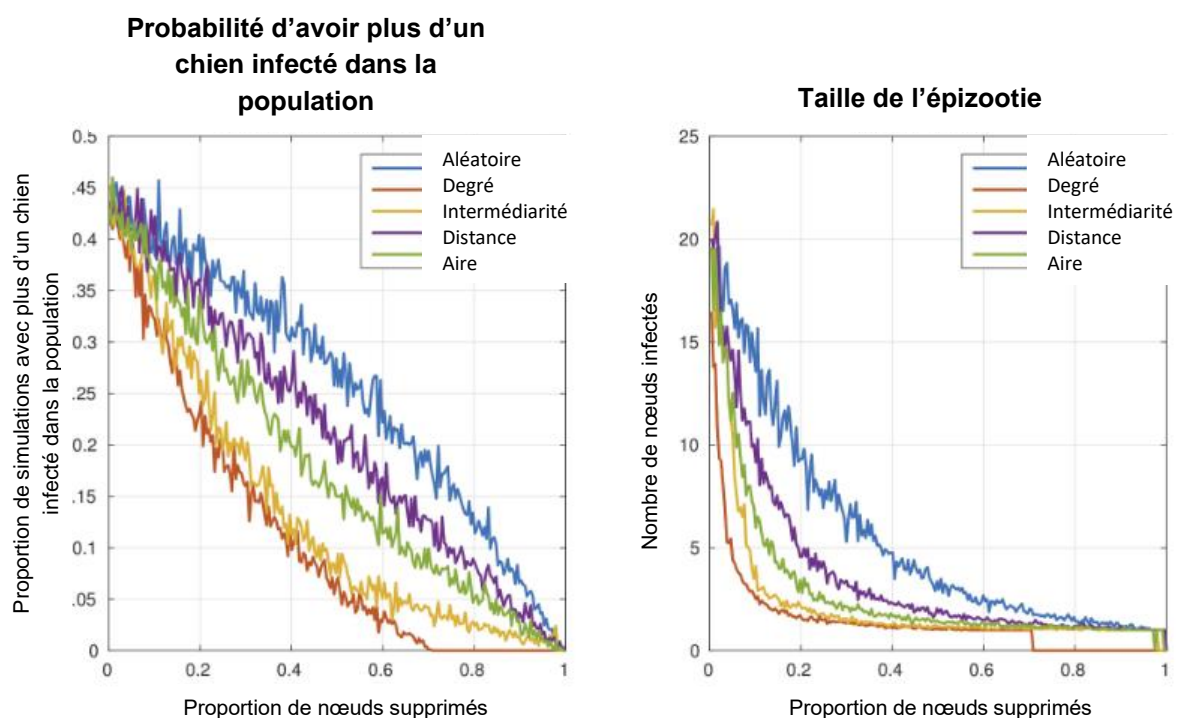
canin empirique décrit en 2016 à N'Djaména au Tchad, afin de réaliser plusieurs milliers de simulations de diffusion de la rage selon différentes stratégies de vaccination (Figure 4). Il ressortait de ces analyses que la vaccination ciblée était plus efficace que la vaccination aléatoire. De plus, la vaccination des individus avec une centralité de degré plus élevée (c'est-à-dire avec un nombre de contacts avec d'autres chiens plus élevé), était la stratégie la plus efficace pour diminuer la taille et la probabilité de propagation de l'épizootie au sein du réseau investigué. Dans le même ordre d'idée, la vaccination des individus avec une centralité d'intermédiarité plus élevée (c'est-à-dire les individus inclus dans le plus de chemins les plus courts pour aller d'un individu à l'autre) était une stratégie plus efficace que la vaccination aléatoire ou ciblée selon des critères de mouvement, mais moins efficace que la vaccination fondée sur la valeur de la centralité de degré. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le retrait (par la vaccination) des individus avec une centralité d'intermédiarité plus élevée affecte la structure globale du réseau et réduit la taille des plus grandes composantes (parties du réseau où tous les nœuds sont reliés entre eux directement ou indirectement). Au contraire, le retrait des individus avec une centralité de degré plus élevée agit localement en réduisant plus rapidement le nombre total de liens. Or, la structure du réseau étudiée se composait surtout de géodésiques (c'est-à-dire de chemins les plus courts) plutôt courtes : la structure locale du réseau était donc plus importante que la structure globale, d'où une meilleure efficacité de la vaccination par centralité de degré décroissante. Dans un autre réseau de chiens errants étudié en 2016 au Tchad, Wilson-Aggarwal *et al.* (2019) ont montré que les individus ayant le plus de contacts directs étaient plus à même d'initier une épizootie de rage au sein du réseau, ce qui corrobore avec les données de Laager *et al.* (2018). De plus, les individus ayant quelques contacts avec des individus très connectés, ou un grand nombre de contacts avec des individus moyennement connectés au réseau, étaient plus à même de propager d'importantes épizooties dans les simulations (Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). Cela montre la nécessité d'étudier la structure des réseaux, afin de pouvoir cibler les individus à privilégier dans la vaccination contre des maladies infectieuses contagieuses.



**Figure 4 : Probabilité de survenue d'une épizootie et sa taille selon les types de vaccination mis en place, d'après les données de réseau empirique d'une étude menée au Tchad**

Figure modifiée d'après Laager et al. (2018).

Pour chaque vaccination, les nœuds sont considérés comme immunisés et donc retirés du réseau. Les individus vaccinés dans les simulations sont choisis aléatoirement (lignes bleues), selon un degré descendant (lignes rouges) ou selon une intermédiarité descendante (lignes jaunes). Pour simuler une vaccination orale, les individus sont aussi choisis pour avoir une probabilité d'être immunisés linéairement proportionnelle à la distance moyenne du foyer (lignes violettes) ou à la zone du polygone convexe minimal calculé d'après les données du Global Positioning System (lignes vertes). Les simulations où plus d'un chien et moins d'un pourcent de la population est infecté sont considérées comme des épizooties mineures, alors que les simulations où plus d'un pourcent de la population est infecté sont considérées comme des épizooties majeures.



Par ailleurs, plusieurs études portant sur des réseaux de chiens errants ont montré des structures de réseau similaires, de type « petit monde » (Brookes *et al.*, 2020 ; Kittisiam *et al.*, 2022 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019) : ce type de réseau se caractérise par des chemins courts et un coefficient de *clustering* (ou transitivité) important, c'est-à-dire une proportion importante de triangles fermés sur l'ensemble du réseau (Martínez-López *et al.*, 2009). Ainsi, la plupart des nœuds de tels réseaux ne sont pas connectés entre eux directement mais peuvent être atteints en quelques étapes. Cette structure de réseau tendrait notamment à une diffusion plus rapide d'une épidémie ou épizootie, et donc une nécessité de cibler les individus les plus centraux dans le réseau (Christley *et al.*, 2005).

Les données de réseau empiriques permettent aussi de choisir des paramètres afin de réaliser des simulations d'épidémies, par exemple de rage. Ainsi, à partir des données empiriques de réseaux observés à N'Djaména au Tchad, Laager *et al.* (2018) ont utilisé un algorithme afin de reconstituer un réseau comportant davantage de nœuds, plus réaliste pour une simulation de la transmission de la rage. Les simulations donnaient alors des résultats proches de l'épizootie de rage

de 2016 qui avait eu lieu à N'Djaména, montrant ainsi que le modèle utilisé était plutôt réaliste. Puis, différents niveaux de couverture vaccinale étaient utilisés, afin de mesurer les probabilités du déclenchement d'une épizootie de rage en fonction des différentes couvertures vaccinales. Pour certaines simulations avec une couverture vaccinale élevée, moins d'un pourcent de la population était infectée. Par ailleurs, une couverture vaccinale de 70 % prévenait bien les épizooties majeures, ce qui est un résultat concordant avec les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (World Health Organization, 2018).

De même, Brookes *et al.* (2019) ont utilisé les données empiriques d'un réseau observé dans les îles du détroit de Torrès en Australie, entre 2016 et 2017, montrant, à l'aide de modèles de simulations, que les changements comportementaux dus à la maladie sont nécessaires à la diffusion de la rage, et qu'ils doivent donc être pris en compte. De même, Wilson-Aggarwal *et al.* (2019) avaient émis l'hypothèse dans leurs simulations, que la mort d'un individu n'affectait pas la structure du réseau, or cela n'est pas nécessairement le cas. Ce type de modèle nécessite donc de prendre en compte de nombreux paramètres au sein des réseaux de contacts.

Ainsi, **l'étude des réseaux de contacts entre chiens** permet une analyse poussée de la **structure des groupes** de chiens, et leur **potentiel de diffusion des maladies infectieuses**. Des **réseaux empiriques** ont ainsi pu être pris comme **modèles** pour élaborer des **algorithmes**, notamment afin de simuler des **épizooties** au sein des populations. Afin d'obtenir ces données empiriques, plusieurs méthodes ont donc été développées pour récolter les données de réseaux sur le terrain.

## **B. Différentes méthodes d'étude des réseaux de contacts entre chiens**

### ***a. Étude par observations de terrain***

L'une des premières étapes de l'étude des réseaux de contacts entre chiens est l'observation directe de ces réseaux. Ainsi, Dias *et al.* (2013) ont mené une étude dans le campus de l'université de São Paulo en 2010, afin de connaître la taille et la distribution spatiale de la population de chiens errants. Ce type de données permet ainsi de repérer les zones d'intérêt, où les regroupements de chiens se concentrent.

Une fois les zones d'intérêt repérées, l'une des premières méthodes de reconstitution des réseaux de contacts consiste en leur observation directe. En 2020, en Inde, une étude a permis de mener des observations sur des groupes de chiens errants dans les villes de Bangalore et Raiganj, dans des zones avec des flux humains intermédiaires et importants (Bhattacharjee et Bhadra, 2020) : les activités de chaque groupe de chiens (définis comme un ensemble de chiens s'asseyant et bougeant à moins d'un mètre les uns des autres), en terme d'interactions interspécifiques et intraspécifiques, ont été enregistrées lors de 24 sessions de deux heures, entre juin 2018 et août 2019. Pour les interactions interspécifiques, il était noté si c'était le chien ou l'humain qui initiait l'interaction et ces dernières étaient divisées en interactions positives et négatives. Pour les interactions intraspécifiques en revanche, le type d'interaction n'était pas spécifié. Chaque groupe était observé à une distance de 15 mètres minimum, afin de ne pas gêner les interactions.

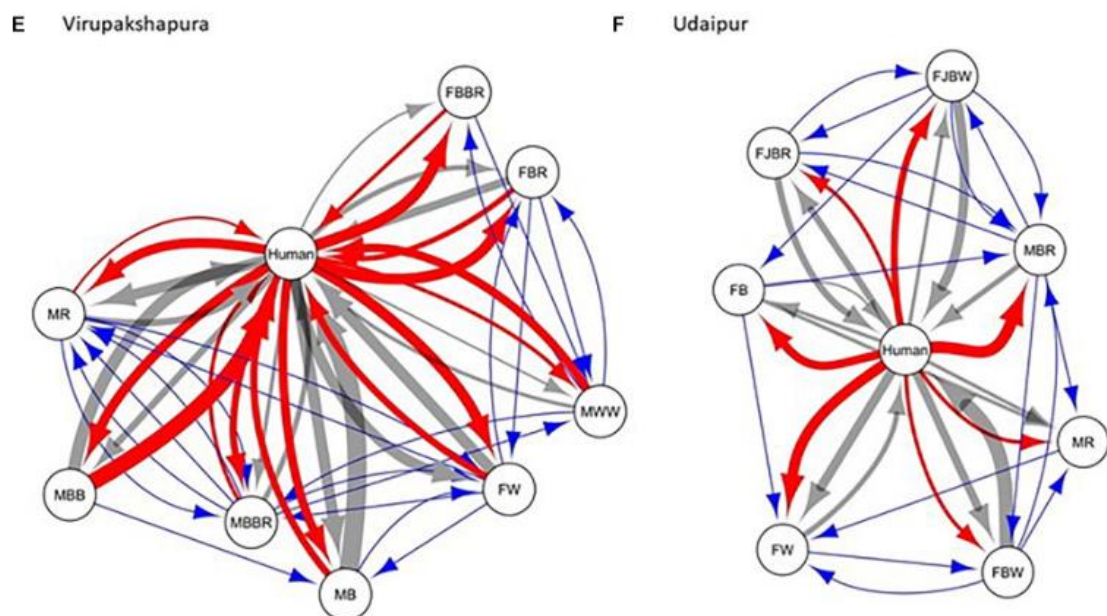
Ainsi, 12 réseaux ont pu être tirés de cette étude (Bhattacharjee et Bhadra, 2020) : dans chaque réseau chaque chien était représenté par un nœud et l'ensemble des humains avec lesquels ils interagissaient était représenté par un autre nœud unique. Toutes les interactions étaient

représentées par des liens plus ou moins forts entre les nœuds (Figure 5). À partir de ces réseaux, différents indicateurs intra-réseaux et inter-réseaux étaient calculés afin de les décrire individuellement, mais aussi de les comparer entre eux. De cette analyse, il ressortait que les réseaux avec des flux humains modérés avaient des nœuds davantage connectés, que ce soit en termes de relations intraspécifiques que de relations interspécifiques, que les réseaux avec des flux humains plus importants. Ceci pouvait s'expliquer par l'idée que des flux humains importants mettaient davantage les chiens face à des individus inconnus, contrairement aux zones avec des flux humains intermédiaires. Les interactions positives comme négatives étaient davantage initiées par les humains, et les comportements initiés envers les humains par les chiens étaient davantage positifs que négatifs. Les chercheurs ont aussi observé plus d'interactions interspécifiques qu'intraspécifiques. Ainsi, malgré une sociabilisation envers les humains moins importante chez les chiens errants que chez les chiens de compagnie, les humains avaient un rôle central dans les réseaux d'interactions sociales des chiens errants en Inde.

**Figure 5 : Graphes montrant les interactions sociales entre chiens et humains dans deux zones différentes en Inde**

*Figure modifiée d'après Bhattacharjee et Bhadra (2020).*

Les zones représentées sont celles de (E) Virupakshapura et (F) Udaipur. Les cercles représentent les nœuds, c'est-à-dire les chiens membres du groupe ainsi que les humains, représentés par un cercle unique. Chaque flèche représente une connexion, les interactions intraspécifiques sont représentées en bleu, les interactions interspécifiques en rouge pour les interactions négatives et en gris pour les interactions positives. Toutes les connexions sont pondérées, les traits fins représentent des interactions moins fortes que les traits épais, et orientées, selon l'individu qui initie l'interaction.



Dans une autre étude, par observations de terrain, menée par Kittisiam *et al.* (2022) dans l'université de Kasetsart en Thaïlande, le type de réseau qui avait pu être mis en évidence était un réseau de type « petit monde ». Les individus n'étaient pas connectés les uns aux autres directement mais avaient un petit nombre de voisins et le reste des individus plus lointains pouvaient être atteints en seulement quelques étapes (Martínez-López *et al.*, 2009).

Les **observations directes** ont ainsi permis la visualisation de **réseaux de petite taille**, sur **plusieurs sessions d'observations**, et avec des **limites surtout dues aux observateurs**. En effet des sessions d'**observation rigoureuses** sont nécessaires pour obtenir une **exhaustivité des contacts** entre individus, dans la limite du champ de vision des observateurs. Cette approche reste relativement **simple à mettre en place**, mais concerne surtout les **réseaux de chiens errants** et se concentre sur une **zone géographique restreinte**.

### ***b. Étude par colliers équipés d'un Global Positioning System (GPS)***

Une autre méthode d'étude des réseaux de contacts consiste en l'enregistrement spatial des positions des chiens, et à l'enregistrement des contacts à l'aide de capteurs. Les colliers équipés d'une technologie GPS ont notamment été utilisés pour estimer le domaine vital des chiens errants (Dürr *et al.*, 2017 ; Dürr et Ward, 2014 ; Maher *et al.*, 2019 ; Pérez *et al.*, 2018 ; Raynor *et al.*, 2020) ou pour quantifier des contacts entre chiens mais sans reconstituer le réseau de contacts (Bombara *et al.*, 2017 ; Hudson *et al.*, 2017). Cependant, ce type de matériel a aussi été utilisé pour évaluer les contacts entre chiens, dans le but de visualiser des réseaux de contacts.

En ce qui concerne le matériel utilisé, les chiens étaient en général équipés de colliers contenant deux dispositifs : un dispositif de géolocalisation et un capteur de contacts (Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). Dans les études de Laager *et al.* (2018) et de Warembourg *et al.* (2021), les dispositifs utilisés étaient similaires. Ils correspondaient à des colliers géolocalisables avec capteurs de contacts ou *geolocated contact sensor* (GCS), qui comprenaient un capteur GPS ainsi que des capteurs à ultra haute fréquence, afin de mesurer les rapprochements entre chiens. La localisation des chiens était enregistrée toutes les minutes et l'appareil diffusait aussi des balises à la même fréquence, tout en scannant l'environnement pour ne manquer aucun contact de plus d'une minute. Cependant, la durée de vie de la batterie était limitée avec cette méthode, et était seulement comprise entre trois et cinq jours (Warembourg *et al.*, 2021). Avec cette méthode, tous les individus s'approchant à moins de 25 centimètres les uns des autres étaient enregistrés. Cette distance était suffisante pour qu'un agent pathogène se diffuse, par contact direct ou par voie aérienne. Dans l'étude de Wilson-Aggarwal *et al.* (2019), le dispositif utilisé différait légèrement. Les colliers comprenaient aussi deux dispositifs, un dispositif GPS et un autre capteur de proximité, différent des deux études précédentes. Le GPS était configuré avec un intervalle fixe de dix minutes et un mode veille afin d'étendre la durée de vie de la batterie. Ainsi, la moyenne de durée de vie de la batterie était de huit jours, mais la localisation pouvait être moins précise. Le capteur de proximité permettait de détecter des contacts entre deux individus à un mètre ou un mètre et demi de distance. Cette distance est plus importante que dans les études précédentes, mais pourrait suffire à la transmission d'un agent pathogène.

Une autre étude a mis place un protocole légèrement différent : Brookes *et al.* (2020), ont utilisé des colliers avec des dispositifs GPS donnant des informations de position toutes les quinze

secondes. Puis, une cooccurrence spatio-temporelle entre deux chiens était définie si les chiens se trouvaient à moins de cinq mètres l'un de l'autre dans un laps de temps de 30 secondes. Cette méthode semblait cependant moins précise, étant donné que les contacts correspondaient à une cooccurrence spatio-temporelle dans un diamètre assez large, et non confirmée par un capteur de contact. La durée de vie médiane des batteries allait de 51,6 heures à 81,7 heures, ce qui reste limité.

Par ailleurs, l'utilisation des colliers GPS présente des limites au niveau matériel. Outre la durée de vie des batteries, l'une de ces limites était la possibilité que les dispositifs soient endommagés, notamment par l'eau (Brookes *et al.*, 2020). Ainsi, dans l'étude de Brookes *et al.* (2020), en moyenne, seules 51 à 62 % des données des colliers avaient pu être exploitées. De même, dans certaines études, il était difficile de différencier un chien n'ayant pas eu d'interactions avec d'autres chiens, d'une simple panne des capteurs (Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021).

Dans toutes les études, les populations étudiées correspondaient à un ensemble de chiens pouvant circuler librement, mais appartenant tout de même à des propriétaires, qui étaient volontaires pour placer un collier équipé du dispositif à leur chien (Brookes *et al.*, 2020 ; Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). La taille de ces populations ainsi que les zones étudiées étaient variables selon les études et les pays. Ainsi, Laager *et al.* (2018), ont équipé 300 chiens, dans trois quartiers de la ville de N'Djaména au Tchad en décembre 2016. Des zones urbaines et péri-urbaines, avec différentes densités de chiens, ont été incluses dans l'étude. Le réseau de la première zone comportait ainsi 237 chiens, comme représenté sur la Figure 6. Dans l'étude de Warembourg *et al.* (2021), des données de réseau ont été récoltées sur un total de 714 chiens, répartis en 11 sites dans quatre pays : le Tchad, le Guatemala, l'Indonésie et l'Ouganda. La taille des réseaux allait de 15 à 123 chiens (Figure 7), due à la grande variabilité des densités de chiens selon les sites d'étude, avec des densités humaines différentes. Dans l'étude de Brookes *et al.* (2020), menée dans les îles du détroit de Torrès en Australie, entre 2016 et 2017, les réseaux comprenaient entre 21 et 24 chiens, alors qu'au Tchad, en juin 2016, le réseau étudié par Wilson-Aggarwal *et al.* (2019) comprenait 48 chiens.

À partir des données ainsi récoltées, des réseaux de contacts étaient établis. Dans les études de Laager *et al.* (2018) et de Warembourg *et al.* (2021), chaque chien était représenté par un nœud et chaque nœud était connecté si au moins un contact entre deux chiens était enregistré. Les résultats ainsi obtenus correspondaient à des réseaux non orientés et non pondérés. Dans leur étude, Wilson-Aggarwal *et al.* (2019) ont obtenu un réseau pondéré en mesurant pour chaque chien le nombre de contacts moyens par jour (relatif à la durée d'enregistrement). Brookes *et al.* (2020) ont aussi utilisé une pondération dans leurs réseaux : un contact était défini comme une cooccurrence spatio-temporelle entre deux chiens, et était pondéré par le temps relatif passé en contact (selon la durée d'enregistrement du collier).

En ce qui concerne les résultats obtenus, les données des réseaux montraient des différences entre les milieux urbains et ruraux. Dans l'étude de Warembourg *et al.* (2021), la densité des réseaux, (c'est-à-dire le nombre de contacts observés sur l'ensemble des contacts théoriques possibles), et la centralité de degré relative (c'est-à-dire la médiane du nombre de contacts pour chaque chien sur le nombre de chiens), étaient moins élevés dans les milieux semi-urbains et urbains que dans les milieux ruraux : ainsi les chiens présents dans les milieux ruraux étaient davantage connectés que les chiens présents dans les milieux urbains et semi-urbains. Ceci pourrait

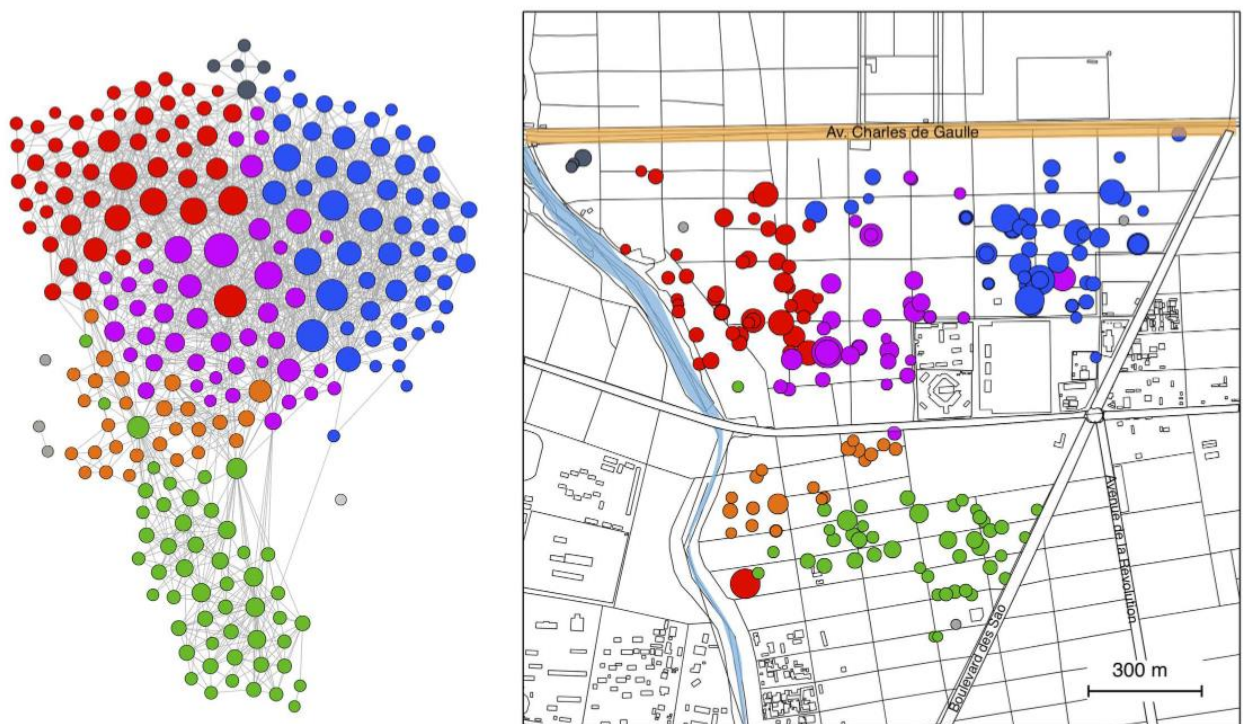
s'expliquer par un domaine vital individuel plus faible en milieu urbain, notamment du fait de la présence de routes et autres infrastructures, et par un meilleur confinement des chiens.

Par ailleurs, les réseaux avaient tendance à être très connectés (Warembourg *et al.*, 2021), et le nombre de contacts inhérent à chaque chien, ainsi que leur importance dans le réseau, étaient très hétérogènes (Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). Des caractéristiques, communes à plusieurs réseaux obtenus grâce à ces données GPS, étaient celles des réseaux de type « petit monde », avec des chemins courts et des coefficients de *clustering* importants (Brookes *et al.*, 2020 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019).

### Figure 6 : Réseaux de contacts et localisations des chiens dans un quartier de N'Djaména au Tchad

*Figure modifiée d'après Laager et al. (2018).*

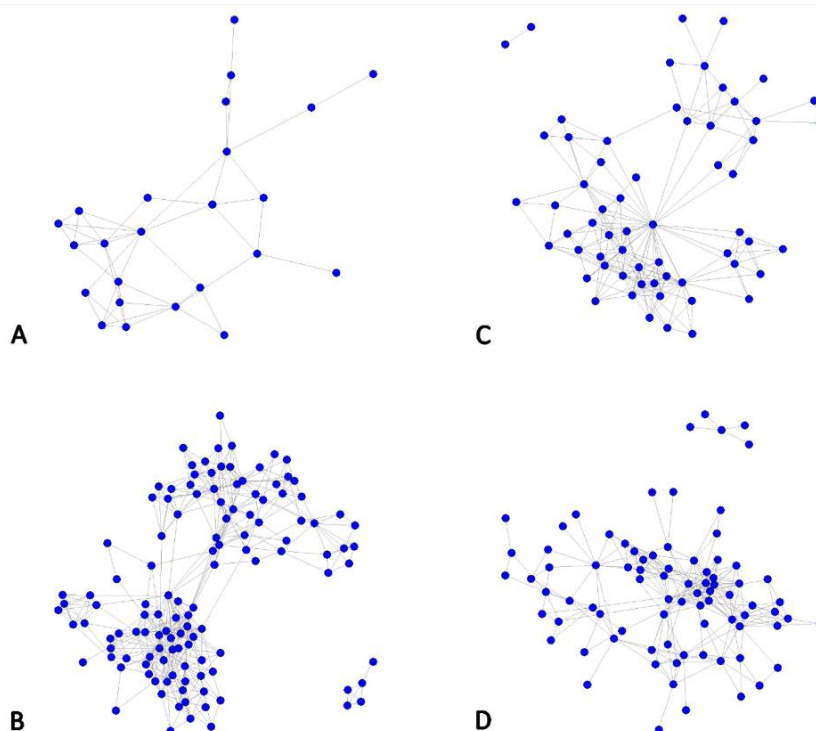
Chaque point correspond à un chien, la taille du point étant proportionnelle au degré et la couleur étant associée à la communauté à laquelle le chien appartient. Les contacts entre chiens sont représentés par des lignes grises. La carte de droite représente la localisation des foyers dont étaient issus les chiens.



**Figure 7 : Réseaux de contacts entre chiens non orientés et non pondérés de différentes zones d'étude au Tchad, Guatemala, en Indonésie et en Ouganda.**

*Figure modifiée d'après Warembourg et al. (2021).*

Les points représentent les chiens et les traits gris les contacts entre chiens. (A) Tchad – rural, (B) Guatemala – rural, (C) Indonésie – rural, (D) Ouganda – urbain/semi-urbain



Dans l'étude de Warembourg *et al.* (2021), les chercheurs ont voulu explorer l'impact de certaines caractéristiques des foyers sur les réseaux de contacts entre chiens. Ainsi, un réseau à l'échelle des foyers a été construit : un contact entre foyers était défini si deux chiens appartenant à deux foyers différents entraient en contact. Les chercheurs ont ensuite voulu mettre en évidence des facteurs prédictifs de la centralité des chiens et des foyers, et des facteurs prédictifs des contacts entre chiens, mais aussi entre foyers. Les résultats étaient hétérogènes selon les réseaux mais certains facteurs ressortaient. Ainsi, la distance entre deux foyers propriétaires de chiens était toujours associée négativement avec la probabilité d'un contact entre deux chiens : les réseaux de contacts entre chiens dépendaient de la répartition spatiale des foyers, deux foyers proches ayant plus de chances de voir les chiens vivant dans ces foyers interagir entre eux. Ce résultat est proche de ce qui a été observé au Tchad (Laager *et al.*, 2018 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019) et dans le nord de l'Australie dans des communautés aborigènes (Dürr et Ward, 2014). Cependant, dans l'étude de Wilson-Aggarwal *et al.* (2019), la proximité entre foyers ne pouvait pas expliquer la totalité de la structure du réseau de contacts, étant donné que certains chiens venant de foyers proches n'entraient pas nécessairement en contact. Ainsi, même si les chiens de ces études pouvaient évoluer librement, il reste nécessaire de ne pas négliger l'influence humaine sur les contacts entre chiens.

Dans l'étude de Warembourg *et al.* (2021), les facteurs favorisant les contacts entre chiens, que ce soit les caractéristiques des propriétaires ou les caractéristiques des chiens, étaient très

variables selon les lieux d'étude, montrant que le contexte local, ainsi que l'influence du groupe culturel, sont primordiaux dans la construction des réseaux de contacts. Ainsi, la compréhension du contexte local, variable selon les pays, peut permettre de cibler davantage les individus très centraux dans les réseaux, notamment lors des campagnes de vaccination par exemple.

L'étude des réseaux par GPS permet ainsi de visualiser des **réseaux plus importants de façon plus ou moins précise**, selon la sensibilité des capteurs. Cependant, elle ne **permet pas** une **visualisation des réseaux sur le long terme**. Or, il est possible que les réseaux de contacts entre chiens errants puissent être modifiés dans le temps, notamment selon les saisons (Brookes *et al.*, 2020).

### c. Étude par questionnaires

Les précédentes études sur les réseaux de contacts entre chiens se fondaient plutôt sur des populations de chiens errants. Or, comme vu précédemment, une importante part des chiens, notamment dans les pays développés, ne peuvent pas circuler librement et voient donc leurs réseaux de contacts se construire à partir des promenades avec leurs propriétaires.

Une étude de 2009 s'est intéressée à cette problématique. Westgarth *et al.* (2009) se sont fondés sur des données récoltées en 2005, dans une communauté semi-rurale du Cheshire au Royaume-Uni. L'objectif était d'interpréter ces résultats en utilisant l'analyse de réseaux et, comme dans les études précédentes, de discuter ainsi les implications de la structure du réseau pour la transmission d'agents pathogènes. Cependant, contrairement aux autres études, les données se fondaient sur les habitudes de promenades des propriétaires, les contacts entre chiens de foyers différents, et les facteurs affectant ces contacts.

Au sujet de la méthode utilisée, Westgarth *et al.* (2009) ont choisi la zone d'étude en raison de ses limites bien définies, notamment par des limites naturelles. Cela permettait d'obtenir un réseau de contacts le plus exhaustif possible, en limitant les introductions de chiens et les sorties de chiens de la zone d'étude. Par ailleurs, la zone comportait aussi une densité de foyers faible à moyenne, incluait des aménagements publics comme des parcs, et se situait à proximité d'une réserve naturelle, de terrains de sport et de terres agricoles. Le choix de ce type de lieux permettait ainsi d'augmenter la probabilité de contacts entre chiens, en offrant des espaces verts où les chiens pouvaient évoluer en liberté. Une carte de la zone était distribuée aux participants de l'étude, afin qu'ils puissent tracer les trajets utilisés au cours des promenades avec leur chien. Puis, la carte était découpée en différentes aires. Chaque foyer était ensuite représenté par un nœud du réseau et deux foyers étaient reliés entre eux s'ils fréquentaient les mêmes aires avec leurs chiens.

Dans un premier temps, Westgarth *et al.* (2009) ont compté le nombre d'aires utilisées au cours des promenades par chaque foyer. Cela permettait de rendre compte du nombre d'aires dans lesquelles les foyers promenaient leur chien, et de déterminer quels types de foyers et de chiens occupaient davantage l'espace. Ainsi, une association entre le nombre de chiens présents dans le foyer et les nombres d'aires visitées au cours des promenades a pu être mise en évidence : les foyers possédant le plus de chiens correspondaient aussi à ceux qui promenaient leurs chiens dans davantage d'endroits. De même, les chiens qui utilisaient le plus d'aires étaient aussi ceux qui passaient le plus de temps sans laisse, avaient une durée de promenade moyenne plus élevée, et



avaient le plus de trajets de promenade différents, que les chiens qui étaient promenés toujours au même endroit. Enfin, les propriétaires qui promenaient leur chien dans des endroits variés étaient aussi plus à même d’emmener leur chien en dehors de la zone locale. Ainsi, les chiens promenés dans un nombre important d’aires avaient plus de chances d’entrer en contact avec d’autres chiens et faisaient partie d’un groupe de chiens très connectés. De même, ils étaient plus à même de faire partie d’un réseau de contacts plus grand : en effet, les chiens promenés dans un nombre important d’aires étaient aussi plus à même d’effectuer des trajets à l’extérieur de la zone d’étude, et donc de rencontrer d’autres chiens, extérieurs au réseau investigué. Par ailleurs, les facteurs associés au nombre de foyers avec lesquels un foyer était connecté étaient similaires à ceux associés au nombre d’aires différentes visitées, sauf dans le cas des promenades hors de la zone locale. De même, tous les foyers étaient connectés entre eux dans le réseau, soit directement ou soit par le biais d’un foyer promenant leur chien dans la même aire. Cela montre une connexion importante des chiens entre foyers, favorisant notamment la diffusion d’agents pathogènes. De plus, il a été démontré que la plupart des aires étaient visitées par quelques foyers mais quelques aires étaient visitées par plus de la moitié des foyers. Il y avait donc une certaine concentration des promenades d’une majorité des foyers dans certaines aires, ce qui peut favoriser les contacts entre foyers, et donc entre chiens, au sein du réseau.

Cependant, Westgarth *et al.* (2009) ont noté que les chiens promenés dans les rues pouvaient plus être souvent promenés en laisse, et donc moins à même d’interagir (sauf si le propriétaire le décidait). Cela rendait donc moins probable le contact entre les chiens au niveau des rues. Ainsi, un second réseau de contacts a été réalisé à partir de la fréquentation des espaces verts, incluant les parcs, sentiers et champs, où les chiens étaient plus à même d’être sans laisse et donc d’interagir librement avec leurs congénères. Ces espaces verts correspondaient tous à des zones situées dans une réserve naturelle. Seuls 9,8 % des foyers n’utilisaient jamais ces espaces et étaient donc de fait exclus de ce réseau. De plus, il ne permettait pas la connexion de tous les foyers : en effet, 19 % de toutes les paires de foyers étaient isolées les unes des autres au sein du réseau, c’est-à-dire qu’elles ne pouvaient pas contacter tous les foyers en marchant dans la même zone au même moment ou par le biais d’un autre foyer.

Westgarth *et al.* (2009) ont aussi ajouté une dimension temporelle au réseau incluant les espaces verts, en relevant le créneau horaire auxquels ces lieux étaient fréquentés. Cela permettait une division du réseau en plusieurs petits réseaux partageant un même lieu approximativement au même moment de la journée. Avec cette méthode, 91 à 99 % des paires de foyers étaient isolées, c’est-à-dire qu’elles ne pouvaient pas contacter tous les foyers en marchant dans la même zone au même moment ou par le biais d’un autre foyer. Cependant, cette méthode ne permettait pas de diviser le réseau en regroupement de foyers non connectés aux autres, et des chemins existaient toujours pour connecter tous les foyers entre eux. Cela montre que, même en restreignant le réseau temporellement et spatialement, les foyers n’étaient pas isolés, et la diffusion d’agents pathogènes dans le réseau restait possible.

Les réseaux investigués par Westgarth *et al.* (2009) avaient pour caractéristiques des chemins courts entre nœuds du réseau, c’est-à-dire peu de contacts pour que deux foyers soient connectés entre eux et des regroupements de foyers importants (nombre de triangles dans le réseau important). Ceci correspond à des réseaux de type « petit monde », qui sont aussi les types de réseau fréquemment retrouvés dans les études précédentes qui se fondaient sur des populations de chiens errants (Bhattacharjee et Bhadra, 2020 ; Kittisiam *et al.*, 2022 ; Warembourg *et al.*, 2021).

Cependant, certaines limites peuvent apparaître dans l'étude des réseaux par questionnaires. Tout d'abord, le réseau pouvait être en réalité nettement plus étendu, notamment du fait des contacts entre chiens en dehors de la zone d'étude, qui étaient difficilement quantifiables, et aussi du fait des propriétaires refusant de participer à l'étude ou n'étant pas joignables (Westgarth *et al.*, 2009). À cela peut s'ajouter le fait que le réseau n'incluait pas les chiens qui pouvaient circuler librement et les chiens errants, bien que ces chiens ne représentent qu'une petite partie des chiens dans les pays développés (Crozet *et al.*, 2022 ; Westgarth *et al.*, 2008). De plus, avec cette méthode par questionnaires, l'ensemble des foyers étaient très connectés entre eux (Westgarth *et al.*, 2009). Cependant les contacts pris en compte étaient surtout des contacts potentiels, il est donc très probable que le nombre d'interactions réelles entre les chiens soit en réalité nettement plus faible. Ainsi, les comportements d'évitement, et les chiens promenés essentiellement en laisse, pouvaient diminuer la probabilité de contact.

Cette étude menée par Westgarth *et al.* (2009) a ainsi permis d'investiguer le **réseau de contacts entre chiens par questionnaires** dans un **milieu semi-rural**, mais il est possible que les résultats diffèrent dans un milieu urbain. En effet, dans cette étude, les chiens étaient plutôt **concentrés dans quelques grandes aires**, notamment des **espaces verts**. Or, en milieu urbain, ces espaces verts sont en général moins nombreux, ce qui pourrait amener à une encore plus grande concentration des chiens dans de tels espaces.

### C. Comparaison des méthodes, des résultats et des données recueillies

Ces études ont ainsi décrit différentes méthodes utilisées pour récolter des données de réseaux de contacts entre chiens, chaque méthode ayant ses avantages et ses limites. Le Tableau 7 résume les principales caractéristiques propres à chaque méthode d'étude.

Tout d'abord, pour ce qui est du matériel, les études de données GPS (Brookes *et al.*, 2020 ; Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019) nécessitaient du matériel plus élaboré et plus coûteux que les études par observations ou par questionnaires. Les équipements GPS ainsi que les capteurs de position pouvaient aussi avoir des dysfonctionnements, rendant les données compliquées à exploiter. En effet, il pouvait alors être compliqué de différencier une erreur de capteur d'une réelle absence de contact (Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021).

En ce qui concerne la méthode employée, les études par observations nécessitaient une mise à distance avec le réseau, afin de ne pas interférer avec ce dernier, ce qui pourrait éventuellement gêner les observations (Bhattacharjee et Bhadra, 2020). Cette limite n'intervenait pas dans les études avec GPS ou questionnaires, l'opérateur n'observant pas directement le réseau. Au sujet de la durée d'étude, l'étude des réseaux par colliers GPS pouvait se faire sur un laps de temps relativement court, entre deux jours et une semaine, notamment du fait de l'autonomie des batteries des GPS et des capteurs (Brookes *et al.*, 2020 ; Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). Dans les études par observations, la durée d'observation était limitée surtout par les observateurs, et avait donc tendance à s'étaler dans le temps, avec plusieurs sessions d'observations prévues (Bhattacharjee et Bhadra, 2020). Le temps total de collecte était néanmoins plus court que dans les études avec colliers GPS. Cependant, cette limite temporelle

pourrait empêcher de constater des variations de structure des réseaux, par exemple avec les saisons (Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021). Quant à l'étude par questionnaires, les informations concernaient des habitudes de promenade, la durée n'était donc pas fixe (Westgarth *et al.*, 2009).

Pour ce qui est de la zone d'étude choisie, les limites étaient différentes. Ainsi, dans l'étude par questionnaires, le choix de la zone devait se porter sur une aire avec des limites bien définies, notamment des limites naturelles, qui permettaient d'avoir peu de trajets en dehors de la zone d'étude et donc d'obtenir un réseau le plus exhaustif possible (Westgarth *et al.*, 2009). Or, dans le cadre des études par observations, il s'agissait plutôt de sélectionner des groupes de chiens (Bhattacharjee et Bhadra, 2020). Dans les études par colliers équipés de GPS, le choix se portait sur un ensemble de foyers propriétaires de chiens, qui étaient tous équipés d'un collier avec l'accord de leurs propriétaires (Brookes *et al.*, 2020 ; Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). Ainsi, cette dernière méthode permettait de couvrir une zone peu limitée dans l'espace, contrairement aux études par observations qui se limitaient au champ de vision de l'observateur, ou aux études par questionnaires, où la zone étudiée devait être relativement restreinte et définie à l'avance.

Les populations étudiées étaient aussi très différentes selon les études. Ainsi, dans les études par observations, les groupes observés correspondaient à des chiens errants, ces chiens pouvant être des chiens féraux, des chiens de propriétaires pouvant circuler librement ou encore des chiens abandonnés ou perdus (Bhattacharjee et Bhadra, 2020). Dans le cadre des études par colliers équipés de GPS, les chiens appartenaient tous à des propriétaires mais pouvaient circuler librement (Brookes *et al.*, 2020 ; Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). Or, l'étude par questionnaires de Westgarth *et al.* (2009) ciblait un autre type de population canine, prédominante dans les pays développés, c'est-à-dire les chiens détenus par des propriétaires et ne pouvant pas évoluer en autonomie. La taille des populations étudiées était aussi différente selon les méthodes employées. Ainsi, les études par observations décrivaient surtout des réseaux d'une dizaine d'individus (Bhattacharjee et Bhadra, 2020), alors que les études par colliers équipés de GPS permettaient de décrire des réseaux nettement plus importants, allant de 15 à 237 chiens (Brookes *et al.*, 2020 ; Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). L'étude par questionnaires permettait de reconstituer des réseaux de contacts entre plus de 200 foyers (Westgarth *et al.*, 2009), ce qui était plus important que les réseaux reconstitués par observations.

Au sujet des résultats obtenus, les caractéristiques des réseaux pouvaient diverger dans les différentes études. La diversité de typologie des réseaux dépendait surtout de la méthode utilisée, y compris au sein du même type de méthode. Ainsi, pour la reconstruction de réseaux à l'aide de colliers GPS, différents protocoles étaient mis en place et influençaient les résultats obtenus (Brookes *et al.*, 2020 ; Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). De même, la zone géographique choisie influençait le type de résultats obtenus, ce qui rendait difficile la comparaison des résultats entre études. Il était donc impossible de décrire de grandes tendances communes entre les différents réseaux de contacts entre chiens.

Concernant la description des réseaux obtenus, les réseaux issus des questionnaires (Westgarth *et al.*, 2009) ou des études de données GPS (Brookes *et al.*, 2020 ; Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019) n'étaient pas orientés, car la méthode ne permettait pas de savoir quel individu avait initié le contact, contrairement aux réseaux obtenus par

observations (Bhattacharjee et Bhadra, 2020). En effet, l'avantage des études par observations résidait dans le fait qu'il était possible d'observer directement l'individu ayant démarré l'interaction, et donc d'inclure cette caractéristique dans le réseau. De même, une pondération des contacts a été mesurée dans les études par observations (Bhattacharjee et Bhadra, 2020), ainsi que dans certaines études avec des données GPS, en utilisant le nombre de contacts moyen par jour ou la durée moyenne des contacts (Brookes *et al.*, 2020 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). Cependant, l'étude par observation de Bhattacharjee et Bhadra (2020) était la seule à ajouter un attribut autre que la pondération à des liens du réseau, en incluant un type d'interaction (interaction positive ou négative avec les humains).

De même, les réseaux obtenus par les données GPS étaient très hétérogènes (Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019) et très connectés, tout comme le réseau obtenu dans l'étude par questionnaires (Westgarth *et al.*, 2009). Dans toutes les catégories d'étude, par observations, à l'aide de données GPS ou par questionnaires, des réseaux de type « petit monde » ont pu être observés (Brookes *et al.*, 2020 ; Kittisiam *et al.*, 2022 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Westgarth *et al.*, 2009 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019).

Ces réseaux n'étaient, pour la plupart, pas tout à fait exhaustifs. En effet, dans les études de données GPS et par questionnaires, certains propriétaires refusaient de participer à l'étude, ne permettant pas d'inclure les données de leurs chiens dans le réseau (Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Westgarth *et al.*, 2009). De même, certaines données GPS n'étaient pas exploitables (Brookes *et al.*, 2020 ; Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021), et il n'était pas possible de comptabiliser des contacts avec d'autres chiens non équipés de colliers, venant de l'extérieur de la zone d'étude, ou des chiens sans propriétaire. De la même façon, le réseau issu des questionnaires de Westgarth *et al.* (2009) ne permettait pas de comptabiliser les contacts avec des chiens extérieurs à l'étude, même si la zone était choisie avec des limites plutôt bien définies. Les réseaux obtenus par observations quant à eux étaient nettement plus exhaustifs (Bhattacharjee et Bhadra, 2020 ; Kittisiam *et al.*, 2022), dans la limite du champ de vision des observateurs, certains chiens du réseau pouvant sortir de la zone d'observation ou n'être jamais observés.

En ce qui concerne les contacts entre chiens, les données fournies dans le cadre des études par observations donnaient une bonne estimation de leur nombre, ces contacts étant directement observés par les investigateurs. Cependant, ces données étaient récoltées dans la limite de leur champs de vision, ce qui pouvait amener à une sous-estimation du nombre de contacts (Bhattacharjee et Bhadra, 2020 ; Kittisiam *et al.*, 2022). Pour les études fondées sur l'utilisation de données GPS, les contacts n'étaient que des contacts « supposés » ou « possibles », soit de par une distance minimale entre deux capteurs (Laager *et al.*, 2018 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019), soit par une cooccurrence spatio-temporelle (Brookes *et al.*, 2020). Il était donc possible que le nombre de contacts entre chiens soit surestimé, notamment du fait que deux chiens proches pouvaient en réalité ne pas entrer en contact. Une courte distance pourrait néanmoins suffire dans le cadre de la diffusion de certaines maladies infectieuses. Dans l'étude par questionnaires, les contacts étaient des contacts supposés entre foyers (Westgarth *et al.*, 2009), et la méthode utilisée pouvait amener à une surestimation des contacts entre chiens. De plus, le type de contacts n'était pas spécifié dans la majeure partie des études, sauf dans le cadre de l'étude de Bhattacharjee et Bhadra (2020), où le type d'interaction avec les humains était précisé. Cependant, ce n'était pas le cas des interactions entre chiens.

**Tableau 7 : Comparaison des différentes méthodes d'études des réseaux de contacts entre chiens**

	Études par observations	Études par colliers équipés d'un <i>Global Positioning System</i> (GPS)	Études par questionnaires
<b>Matériel</b>	Peu de matériel	Matériel coûteux Possibilité de dysfonctionnement du matériel	Peu de matériel
<b>Méthodes</b>	<b>Interférences avec le réseau</b>	Nécessité de se mettre à distance pour ne pas gêner les interactions dans le réseau	Pas d'interférences avec le réseau
	<b>Durée</b>	Durée limitée par les observateurs	Durée limitée par l'autonomie des batteries
	<b>Zone d'étude</b>	Choix de groupes de chiens, zone très limitée	Choix d'un ensemble de foyers propriétaires de chiens, zone peu limitée
	<b>Populations étudiées</b>	Chiens errants	Chiens appartenant à un propriétaire mais pouvant circuler librement
	<b>Taille des populations étudiées</b>	Limitée	Plus importante
<b>Résultats</b>	<b>Type de réseaux</b>	Réseaux orientés, pondérés	Réseaux non orientés, pondération possible
	<b>Exhaustivité des réseaux</b>	Exhaustifs sauf si les chiens sortent de la zone d'observation, ou si certains ne sont jamais observés	Non exhaustifs en cas de refus de participation, en cas de contact avec des chiens extérieurs ou en cas de problème matériel
	<b>Nombre de contacts</b>	Possible sous-estimation du nombre de contacts	Possible surestimation du nombre de contacts
	<b>Type de contacts</b>	Contacts observés (chiens et humains) Types de contact avec les humains (possible aussi entre chiens en théorie)	Contacts entre chiens supposés Pas de types de contact précisés
<b>Études</b>	Bhattacharjee et Bhadra (2020) et Kittisiam <i>et al.</i> (2022)	Brookes <i>et al.</i> (2020), Laager <i>et al.</i> (2018) Warembourg <i>et al.</i> (2021), Wilson-Aggarwal <i>et al.</i> (2019)	Westgarth <i>et al.</i> (2009)

Les résultats de ces études permettaient de mieux comprendre la structure et les caractéristiques des réseaux de contacts entre chiens, et chaque méthode permettait une approche différente de cette problématique. Ainsi, l'étude par observations de Bhattacharjee et Bhadra (2020) permettait d'explorer un réseau de contacts entre chiens, mais aussi leurs interactions avec les humains présents dans l'environnement. Cela permettait notamment d'étudier l'impact de l'Homme sur les réseaux de contacts entre chiens errants. De plus, les données des réseaux des études par colliers GPS permettaient de valider différents modèles de diffusion de maladies infectieuses, notamment la rage (Brookes *et al.*, 2019 ; Laager *et al.*, 2018 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). De la même façon, l'étude par questionnaires de Westgarth *et al.* (2009) permettait aussi de rendre compte des espaces à risque, c'est-à-dire des espaces très fréquentés par les chiens et leurs propriétaires lors des promenades, comme les espaces verts.

En conclusion, ces **différentes méthodes** apportent une **vision globale de la structure des réseaux de contacts entre chiens**, qui demeurent des réseaux **très connectés**, avec notamment l'observation de **nombreux réseaux de type « petit monde »**. L'**Homme** joue par ailleurs un **rôle fondamental** dans la **construction** de ces réseaux, que ce soit pour les **chiens errants** ou les **chiens de compagnie**. Cependant, les études se centrent en majorité sur l'étude des réseaux de chiens errants ou pouvant évoluer en liberté. Or, ce n'est pas la population majoritaire dans les pays développés, comme en France. Ainsi, très **peu d'études** ont cherché à décrire les **réseaux de contacts** entre chiens définis principalement par les **habitudes de promenades**, d'où l'intérêt de chercher à investiguer ces réseaux.



# Deuxième partie : Exploration d'un réseau de contacts entre chiens en Île-de-France

---

## 1. Contexte et objectifs

Dans un contexte d'augmentation de la population canine, en France comme dans d'autres pays développés, l'étude des contacts entre chiens apparaît comme un élément important pour la compréhension du potentiel de diffusion des maladies infectieuses et secondairement pour la lutte contre ces dernières. En effet, les contacts entre chiens restent nombreux, et de nature variée, que ce soit à travers les mouvements d'animaux, les pratiques de promenade ou la hausse des regroupements canins. Or, ces pratiques représentent un enjeu sanitaire important, notamment dans la gestion des maladies infectieuses transmissibles, dont la propagation peut ainsi être facilitée. Que ce soit par les habitudes de promenade ou les pratiques de gestion de leur animal, les propriétaires sont au cœur de la dynamique des réseaux de contacts entre chiens. Plusieurs méthodes permettant de comprendre la structure des réseaux de contacts entre chiens ont été décrites : les méthodes par observation, par étude de données GPS, ou par questionnaires. Les réseaux étudiés par observation ou à l'aide de données GPS se focalisaient sur les populations de chiens errants. Or, pour étudier les réseaux de contacts construits au cours des promenades, c'est la méthode par questionnaires qui a été privilégiée, comme l'a fait une étude menée dans une communauté semi-rurale du Cheshire, au Royaume-Uni (Westgarth *et al.*, 2009).

Peu de données existent sur les réseaux de contacts entre chiens dans les pays développés, et aucun réseau n'a encore été décrit en France. Or, la France compte une large population canine, dense, variée et en augmentation ces dernières années. Il est donc pertinent de s'intéresser à cette thématique, notamment pour des enjeux de santé publique et de santé animale. L'étude des réseaux de contacts permet ainsi de connaître les dynamiques d'interactions entre chiens, analyser la structure et les caractéristiques des réseaux, et donc être la base pour évaluer les risques de propagation des maladies infectieuses et pouvoir développer des modèles de diffusion de ces maladies.

Le but de cette étude était de proposer deux méthodes afin de décrire un réseau de contacts entre chiens situé en Île-de-France, en se fondant sur un questionnaire, comme cela a pu être réalisé au Royaume-Uni. Plus précisément, les différents objectifs étaient, dans un premier temps, de décrire les chiens composant le réseau ainsi que leurs propriétaires (ou les personnes qui les promènent), et de connaître les habitudes de gestion de leurs chiens au cours des promenades. Puis, il s'agissait de pouvoir quantifier et qualifier les contacts avérés et potentiels entre chiens du réseau, afin de reconstruire le réseau de contacts de la façon la plus exhaustive possible. Pour cela, deux méthodes différentes ont été retenues : en premier lieu un réseau d'affiliation, construit par une cooccurrence spatio-temporelle des chiens en fonction des lieux fréquentés, et un réseau « direct », obtenu par une compilation de réseaux personnels, inhérents à chaque chien. Le dernier objectif de cette étude était ainsi de mener une comparaison de ces deux méthodes, en termes de protocoles et de résultats.



## 2. Matériel et méthodes

Afin de reconstruire un réseau de contacts entre chiens de compagnie, plusieurs critères devaient être pris en compte, en termes de choix de zone, de population d'étude, de conception et d'administration du questionnaire et relatifs aux analyses à réaliser. Chacune des étapes de mise en œuvre des deux méthodes de reconstruction des réseaux de contacts ont ainsi été détaillées ci-dessous. Dans la suite de l'étude, le terme « propriétaire » fait référence à la personne interrogée lors de l'étude et promenant régulièrement un chien du réseau, qu'elle soit le propriétaire officiel du ou des chien(s) ou non.

### A. Choix de la zone et de la population d'étude

#### a. Délimitation de la zone d'étude





La première étape nécessaire à l'étude d'un réseau de contacts consistait à choisir la zone d'étude, qui devait être soigneusement sélectionnée en se fondant sur différents critères. Comme région d'étude, le choix s'est porté sur la région Île-de-France. Outre l'avantage de la proximité, elle correspond à l'une des régions les plus densément peuplée de France, avec un grand nombre de chiens de compagnie, et donc propice à l'étude des réseaux de contacts.

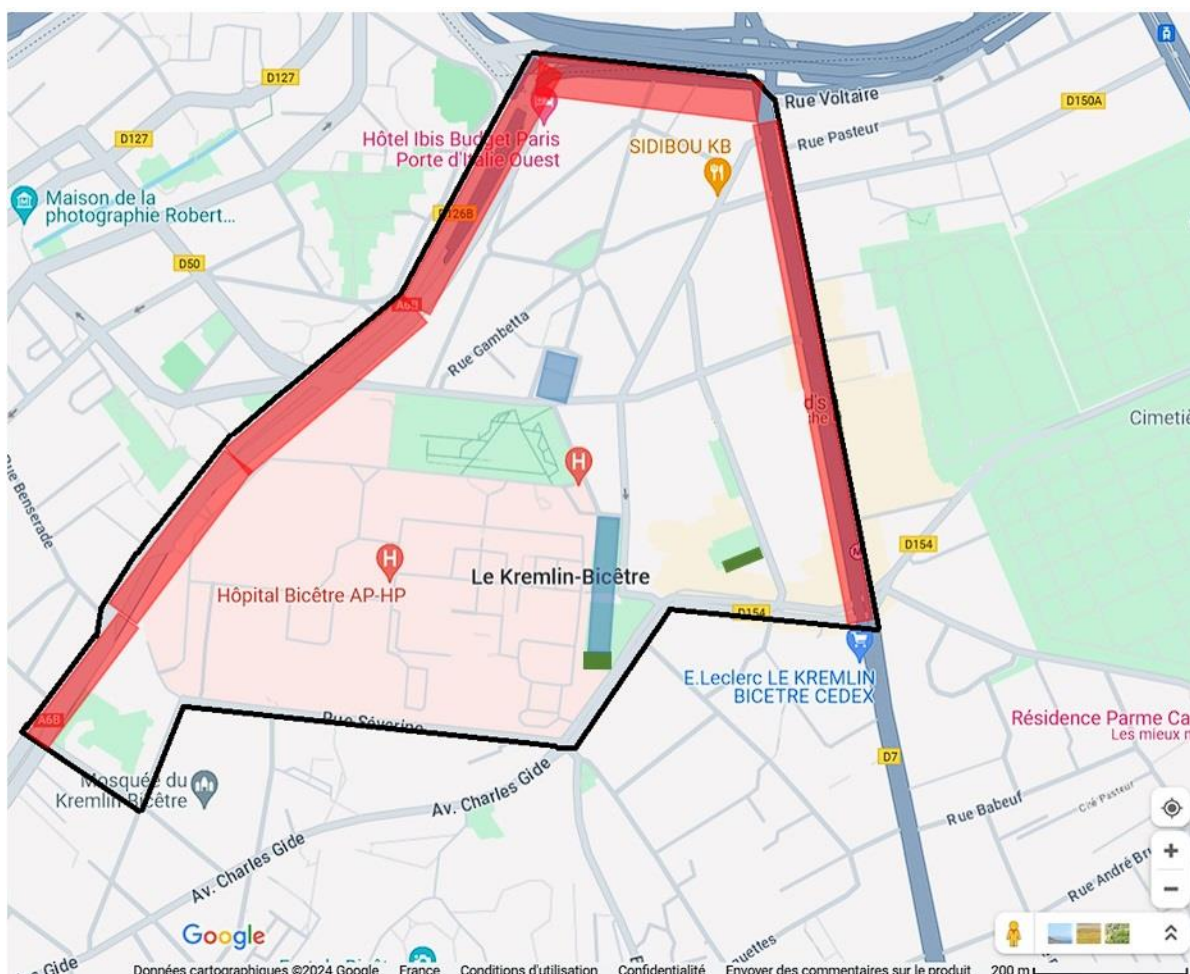
Pour déterminer la zone d'étude, plusieurs critères ont été pris en compte. Tout d'abord, la zone choisie devait être une zone urbaine, ce type de lieu n'ayant pas encore été investigué dans les pays développés. De plus, afin d'obtenir un réseau de contacts le plus exhaustif possible, il était nécessaire de choisir une zone d'étude avec des limites bien définies, que ce soit des obstacles naturels ou des infrastructures humaines. Cela permettait de limiter la présence de chiens provenant de l'extérieur de la zone d'étude, et donc d'obtenir un réseau comprenant surtout les chiens appartenant aux foyers de la zone et qui s'y promenaient quotidiennement. De même, il était important que la zone comprenne des espaces extérieurs diversifiés pouvant être fréquentés par les chiens, tels que des rues, des espaces verts, des parcs canins, et des espaces ouverts de différentes tailles. Inclure une diversité d'espaces avait pour but de représenter la diversité des contextes dans lesquels les interactions canines peuvent avoir lieu. De plus, la taille de la zone se devait d'être modérée, notamment afin de pouvoir être parcourue facilement à pied et que l'enquête soit ainsi réalisable par une seule personne. Une fourchette de dix à 20 minutes pour aller d'une extrémité à l'autre de la zone était prise comme référence.

Deux zones avaient été retenues, et avaient donc pu être visitées en repérages : la zone du square Saint-Éloi à Paris ainsi que les alentours de l'hôpital du Kremlin-Bicêtre. C'est finalement la zone de l'hôpital du Kremlin-Bicêtre qui a été choisie, car elle remplissait une majorité de critères, comme le montre la Figure 8. En effet, la zone est délimitée par de grands axes routiers qui peuvent être difficiles à traverser pour des piétons, et par l'hôpital, dont l'accès est restreint. Par ailleurs, la zone comprend de nombreuses rues propices à la promenade des chiens, mais aussi des espaces plus ouverts, comme des pelouses dans la zone située devant l'hôpital, ainsi qu'une petite place située devant la mairie. Enfin, deux parcs canins sont présents : il s'agit de deux espaces clos, réservés aux chiens, situés devant l'hôpital et rue Danton. Les chiens peuvent y être laissés en liberté, sous la surveillance de leurs propriétaires. Le parc canin situé rue Danton offre aussi quelques installations pour pratiquer de l'*agility*. La traversée de la zone peut se faire facilement en 15 minutes à pied, et le nombre total de rues présentes reste raisonnable, ce qui rend aisément possible le quadrillage de l'espace.

## Figure 8 : Plan de la zone d'étude

Figure modifiée d'après Google Maps (2024).

-  Limites de la zone d'étude
-  Grands axes routiers
-  Espaces ouverts
-  Parcs canins



### ***b. Choix de la population d'étude***

Une fois la zone d'étude rigoureusement sélectionnée, il était nécessaire de déterminer quels individus formeraient la population d'étude. Ainsi, les chiens inclus dans l'étude devaient correspondre à des chiens qui effectuaient leurs promenades quotidiennes au sein de la zone choisie. Cela excluait de fait les chiens restant toujours chez eux ou qui n'étaient jamais promenés, ou rarement promenés, dans la zone d'étude. De même, seuls les chiens appartenant à des propriétaires de plus de 18 ans pouvaient être inclus dans l'étude, pour des raisons éthiques.

Par ailleurs, idéalement, la densité de chiens présents dans la zone devait être suffisante, mais pas trop importante, c'est-à-dire comprise dans une fourchette entre 30 et 100 chiens. Cette densité avait pu être évaluée ponctuellement au moment des repérages. Cependant, la taille de la

population canine était difficile à estimer de prime abord. C'est pourquoi un modèle « capture – recapture » a été mis en place afin d'estimer la taille de la population de chiens de compagnie dans la zone d'étude (voir détail ci-après).

### ***c. Protocole d'observation pour l'estimation de la taille de la population d'étude***

L'estimation de la taille de la population d'étude consistait en une série de trois observations, réalisées entre le 13 et le 16 juillet 2022, afin d'alimenter des modèles du type « capture – recapture » (voir la partie « Analyses » ci-après). La zone était parcourue à pied, pendant trois à quatre heures approximativement, en privilégiant les espaces ouverts tels que les pelouses devant l'hôpital, les parcs canins et l'espace devant la mairie. Puis, tous les chiens rencontrés au cours des trajets étaient relevés, en précisant la description physique du chien et de son propriétaire.

Les chiens ainsi repérés pour la première fois étaient considérés comme « capturés ». Par la suite, si un chien était de nouveau repéré au cours des observations suivantes, notamment grâce à sa description physique et celle de son propriétaire, il était considéré comme « recapturé »

## **B. Conception et administration du questionnaire d'enquête, observations de terrain**

La méthode choisie pour investiguer le réseau de contacts correspondait à une étude par questionnaires de terrain : c'était en effet la méthode la plus simple et la moins coûteuse à mettre en œuvre. De plus, elle permettait un recueil d'informations sur les propriétaires et leurs chiens, et des données plus précises sur le réseau (notamment les attributs des liens, ou des nœuds) qu'une méthode par simple observation. Chaque propriétaire de chien était abordé au moment de ses promenades quotidiennes pour répondre au questionnaire.

Le questionnaire d'enquête a été rédigé afin de récolter l'ensemble des informations sur les chiens et leurs propriétaires (Annexe 2). Il a été approuvé par le comité éthique de l'École nationale vétérinaire d'Alfort, sous le numéro de dossier 2020 – 06 – 25. Un consentement éclairé était rempli par le propriétaire, attestant qu'il acceptait le recueil de ses données à des fins scientifiques (Annexe 1). Chaque questionnaire comportait un numéro unique. Le questionnaire se composait de six parties distinctes. La première partie permettait de vérifier si le propriétaire appartenait à la population d'étude, c'est-à-dire toute personne majeure promenant son chien régulièrement dans la zone définie. Puis, si le répondant possédait plusieurs chiens, il devait préciser si ses chiens étaient promenés ensemble ou non : si tel était le cas, cela permettait de faire l'approximation que les chiens étaient promenés de la même façon, et qu'ils avaient donc un réseau de contacts semblable. Dans cette même partie, le répondant devait préciser s'il était effectivement le propriétaire officiel du chien et si oui depuis combien de temps. Pour clore cette partie, il s'agissait de savoir si le répondant était la seule personne à promener le chien ou non : en effet, si une autre personne promenait le chien il semblait important d'évaluer si cela pouvait avoir une influence sur le trajet de promenade ainsi que sur le comportement adopté à l'égard des autres chiens rencontrés. Ainsi, le répondant devait préciser si le trajet adopté par la ou les autres personne(s) qui pouvaient promener le chien était le même que le leur.

La deuxième partie portait sur le profil du chien promené. L'objectif était de dresser un portrait le plus exhaustif possible du chien, que ce soit au sujet de ses caractéristiques physiques (sexe, âge, race, couleur, stérilisation), des raisons de son adoption, de son lieu de vie (type de logement,

autres animaux dans le foyer), de son degré de médicalisation (visites chez le vétérinaire, vaccinations, traitements antiparasitaires, affections chroniques) et de ses comportements (envers les autres chiens, les chats éventuellement présents dans le foyer, les personnes). Cela permettait de potentiellement reconnaître un chien du réseau s'il était cité dans les dernières questions, mais aussi de mener une analyse descriptive des chiens qui composaient le réseau, et d'identifier d'éventuels individus à risque sanitaire. Quelques questions concernaient l'hypothèse d'une survenue d'une éventuelle affection aiguë chez le chien, mais les données n'ont pas été présentées (voir l'Annexe 3 pour plus de détails). Une des questions permettait aussi d'identifier les chiens qui avaient la possibilité de vagabonder seuls sans surveillance. En ce qui concerne les caractéristiques physiques et les raisons d'adoption du ou des chien(s) possédé(s), la personne interrogée devait répondre pour tous les chiens qu'elle possédait. En revanche, la suite du questionnaire concernait uniquement le chien qu'elle possédait depuis le plus longtemps, ceci pour des raisons de longueur du questionnaire.

La troisième partie se concentrait sur des informations générales concernant les promenades : leur nombre sur une semaine, la durée moyenne et si le chien était gardé en laisse. Si le chien avait la possibilité d'être libre, le propriétaire devait préciser s'il était toujours dans son champ de vision. Puis, une série de questions concernait les promenades en dehors du quartier : les lieux fréquentés ainsi que le temps passé en moyenne à l'extérieur. Au sujet des rencontres avec d'autres chiens, le répondant devait aussi indiquer s'il pensait avoir bien vu toutes les interactions de son chien avec d'autres au cours de la semaine, et s'il évitait le contact avec d'autres chiens. Ainsi, cette partie permettait d'obtenir des informations sur la fiabilité du réseau (étant donné qu'un chien qui ne pouvait pas aller à la rencontre d'autres chiens aurait tendance à être exclu du réseau) et sur les potentielles interactions à l'extérieur de la zone d'étude.

La quatrième partie concernait une première méthode de reconstruction du réseau de contacts, le réseau d'affiliation. Le répondant devait indiquer en premier lieu s'il fréquentait des lieux de regroupement canin, et si c'était le cas il devait indiquer le nom des lieux fréquentés, le temps passé en moyenne dans ce type de lieux au cours d'une promenade et s'il laissait son chien aller au contact des autres dans ces lieux. Puis, il s'agissait de recenser combien de trajets de promenades différents le répondant effectuait dans la zone et de les tracer sur une carte papier, provenant de *Google Maps* (2024), fournie par l'investigatrice principale. Le répondant devait ensuite donner des informations sur les créneaux horaires approximatifs pendant lesquels il effectuait chaque trajet, en détaillant le plus possible chaque jour de la semaine.

La cinquième partie concernait cette fois une deuxième méthode de reconstruction du réseau de contacts, la méthode dite « directe ». Les premières questions permettaient d'estimer le nombre de chiens rencontrés en général sur une semaine et le nombre de contacts en général sur une semaine. Puis, le répondant devait, si possible, lister tous les chiens ainsi rencontrés. Pour chaque chien cité, le propriétaire devait donner une description rapide du chien et de son propriétaire, le type de contact entre les deux chiens (amical, agressif ou neutre), la durée moyenne de contact, le nombre de contacts au cours d'une semaine et les circonstances de la rencontre (sur le lieu de promenade habituel ou ailleurs). Si le propriétaire n'était pas capable de lister tous les chiens rencontrés, il devait au moins en énumérer les principaux, et estimer le nombre de contacts par semaine avec les chiens rencontrés le plus souvent, le moins souvent et le chien moyen. Une dernière série de questions permettait de mettre en évidence les autres types de contacts possibles :

les chiens rencontrés lors de visites de proches, d'autres contacts comme à travers un grillage ou des contacts avec la faune sauvage.

Une question complémentaire concernait la période de la crise sanitaire liée à la COVID-19 et de son éventuel impact sur les promenades. Puis, la dernière partie du questionnaire se focalisait sur le profil du répondant : il devait indiquer son genre, sa classe d'âge, son type d'activité, s'il exerçait un métier en lien avec les animaux, son niveau d'activité physique, la composition du foyer, et le type de logement. Afin de pouvoir garder une trace des caractéristiques physiques des chiens, une photographie était ensuite prise.

Une seule opératrice était dédiée à l'administration du questionnaire, permettant que les questions posées le soient toujours de la même façon. La plateforme Kobotoolbox a été utilisée pour récolter les données à l'aide d'une tablette tactile, sauf pour ce qui est du consentement éclairé, de la partie avec tracé sur une carte, et la dernière partie sur le profil du propriétaire, qui étaient réalisées à l'aide d'une version papier.

Une première version du questionnaire a été testée en amont, dans un lieu en dehors de la zone d'étude choisie, au niveau du square Saint-Éloi, dans le douzième arrondissement de Paris. Un total de six personnes a alors été interrogé, et la durée d'administration du questionnaire variait entre 25 et 45 minutes. Certaines formulations n'étant pas très claires, des ajustements ont été réalisés afin de rendre le questionnaire plus court et les questions plus compréhensibles. Ainsi, dans sa version finale, l'administration du questionnaire prenait entre 20 et 30 minutes.

L'administration du questionnaire a été effectuée sur une période allant du 31 janvier 2022 au 16 juillet 2022, pour un total d'une quinzaine de sessions, soit un total de 60 heures passées sur le terrain approximativement. Afin de pouvoir prendre le temps d'administrer le questionnaire dans son ensemble, les personnes ont été interrogées plutôt en fin d'après-midi et en soirée, afin notamment d'éviter les contraintes horaires liées au travail. Si la personne interrogée n'avait pas le temps nécessaire pour répondre au questionnaire, un rendez-vous ultérieur était proposé, néanmoins aucune des personnes à qui ces dispositions ont été proposées n'a honoré ces rendez-vous. La zone était parcourue à pied en se concentrant sur les zones à forte densité canine, c'est à dire à proximité des parcs canins, des espaces verts et aux abords de la mairie.

## C. Analyses

### a. Estimation de la taille de la population cible

Afin d'estimer la taille de la population de chiens inclus dans le réseau, un modèle de type « capture – recapture » a été mis en place. Ce type de méthode consiste à capturer des individus d'une population, de les marquer, puis de les relâcher, et de répéter plusieurs fois cette opération (Baillargeon et Rivest, 2007). Les individus capturés ayant déjà été marqués étaient considérés comme « recapturés ». Dans le contexte de cette étude, les individus « capturés » correspondaient donc aux chiens rencontrés pour la première fois lors des sessions d'observation. Quant aux individus « recapturés », ils correspondaient aux chiens rencontrés dont la description correspondait exactement à des chiens déjà rencontrés lors des précédentes sessions d'observation.

Pour mettre en place ce modèle, la population a été considérée comme fermée, c'est-à-dire qu'il n'y avait pas de pertes d'individus dues à la mortalité ou à l'immigration (Baillargeon et Rivest, 2007). Ainsi, la taille de la population était considérée comme non variable au cours de l'expérimentation qui était de six mois, ce qui correspondait à une période plutôt longue. Cette hypothèse était donc imparfaite, étant donné que des déménagements, des adoptions ou des décès de chiens pouvaient tout de même avoir lieu dans ce laps de temps.

Les données des trois phases d'observation ont été mises en forme dans un tableau (Annexe 4). Plusieurs modèles ont été appliqués pour le calcul, et ont été décrits par Baillargeon et Rivest (2007). Le modèle  $M_0$  n'incluait pas de sources de variation de la probabilité de capture – recapture. Pour les autres modèles, plusieurs sources de variation ont été prises en compte : une variation temporelle de la probabilité de capture (modèles  $M_t$  et  $M_{th}$ ), une hétérogénéité de la probabilité de capture selon les individus (modèles  $M_h$  et  $M_{th}$ ) et un effet de comportement, où la première capture génère un changement de comportement chez les individus, d'où une probabilité de recapture modifiée (modèle  $M_b$ ). Au sein des modèles  $M_h$  et  $M_{th}$ , trois autres types de modèles ont été utilisés : le modèle de Chao (Chao, 1987 ; Rivest et Baillargeon, 2007), de Darroch (Darroch *et al.*, 1993) et de Poisson2 (Cormack et Jupp, 1991). Le modèle de Chao permet d'estimer la borne inférieure de la taille de la population ou « abondance » (Baillargeon et Rivest, 2007). Le modèle de Poisson2 apporte de plus petites corrections pour l'hétérogénéité que le modèle de Darroch. Ainsi, ces modèles ont permis d'obtenir une estimation de la population des chiens promenés dans la zone d'étude, ainsi qu'un intervalle de confiance à 95 %.

### b. Description de l'échantillon

Afin d'établir des profils des chiens et de leurs propriétaires, des données concernant les caractéristiques des chiens et de leurs propriétaires ont été recueillies grâce aux réponses au questionnaire : ces données, récupérées sous le format d'un fichier *Comma-Separated Values* (CSV) à partir de la plateforme Kobotoolbox, ont ainsi pu faire l'objet d'une analyse descriptive.

L'objectif initial était de tendre vers une exhaustivité du recrutement des individus appartenant à la population cible, c'est-à-dire tous les chiens promenés par une personne majeure au sein de la zone d'étude. Il n'y avait donc pas de nécessité d'inférer ces résultats à la population générale des chiens de compagnie. Cependant, dans le cas où cette exhaustivité n'était pas atteinte, l'échantillon étudié ne serait pas représentatif de la population cible, car non choisi aléatoirement. Ce sont donc des moyennes, des médianes et des quartiles qui ont été calculés pour les variables quantitatives, et des pourcentages pour les variables qualitatives.

### ***c. Description du réseau de contacts***

Pour chaque réseau obtenu, un nœud correspondait à un chien et un lien entre deux chiens représentait un contact (potentiel ou avéré). Deux méthodes différentes ont été utilisées pour compiler le réseau de contacts, amenant à la réalisation de quatre réseaux de contacts différents pouvant être comparés entre eux.

- ***Première méthode : réseau d'affiliation***

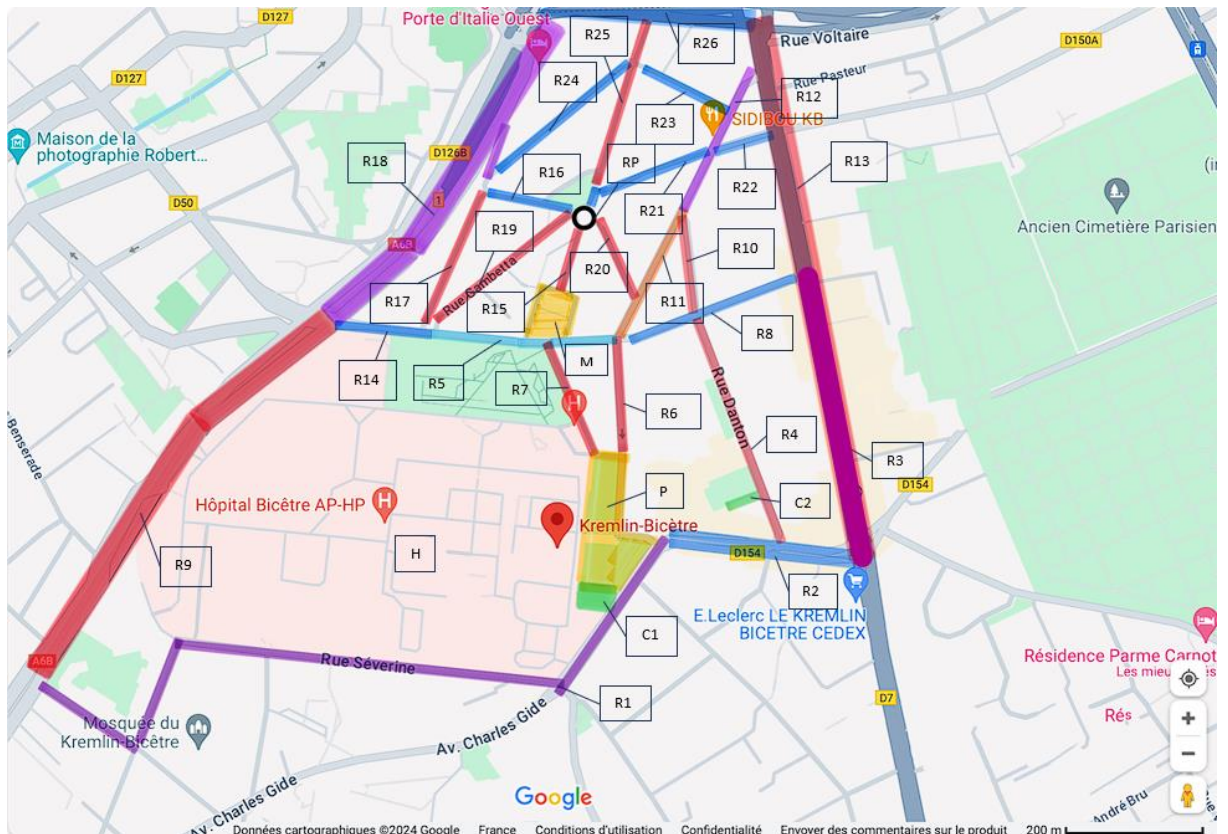
Les données fournies par les questionnaires et les tracés sur les cartes papiers ont permis de rendre compte des lieux fréquentés par chaque chien, ainsi que les horaires durant lesquels les trajets étaient effectués sur une période d'une semaine (sept jours). Cela permettait donc d'obtenir des informations spatio-temporelles pour reconstruire un réseau dit d'affiliation, où deux chiens qui fréquentaient habituellement un même lieu approximativement au même moment étaient considérés comme connectés. Par ailleurs, deux chiens appartenant au même foyer étaient considérés comme étant promenés de la même façon, et avaient donc les mêmes trajets de promenade.

Dans un premier temps, la carte de la zone d'étude a été divisée en plusieurs aires, qui correspondaient globalement aux rues, aux espaces ouverts et aux parcs canins (Figure 9). Pour réaliser le découpage, une rue entière était considérée comme une aire, jusqu'à une intersection qui était marquée comme un changement d'aire. Les rues et espaces situés en dehors de la zone d'étude n'ont pas été pris en compte dans les analyses. De plus, les rues qui n'étaient parcourues par aucun chien n'étaient pas nécessairement numérotées. Ainsi, pour chaque chien, les aires fréquentées au cours de chaque trajet étaient relevées, ainsi que le créneau horaire et le jour de la semaine pendant lesquels le trajet était réalisé.

## Figure 9 : Découpage en différentes aires de la zone d'étude

Figure modifiée d'après Google Maps (2024)

Un changement de couleur correspond à un changement d'aire. Les rues se distinguent par un numéro précédé de la lettre R ; les parcs canins se distinguent par un numéro précédé de la lettre C ; le P correspond à la pelouse devant l'hôpital ; le M correspond aux abords de la mairie ; le H correspond aux passages dans l'enceinte de l'hôpital ; le RP correspond au rond-point indiqué par un cercle noir.



Par la suite, chaque jour de la semaine (données collectées sur une période de sept jours) a été découpé en créneaux de 15 minutes. Pour toutes les aires incluses dans le trajet d'un chien donné, le chien était considéré comme pouvant être présent dans chacune d'entre elles, dans la tranche horaire correspondant à la promenade. Puis, un tableau rassemblant l'ensemble de ces données a été mis en forme : pour chaque jour et chaque créneau horaire, il était indiqué « 1 » si le trajet d'un chien donné contenait l'aire en question (rue, parc canin, espace ouvert) et « 0 » sinon (Figure 10). Cette procédure était répétée pour tous les trajets de la semaine et pour chaque chien de l'étude. Ainsi, un contact était défini comme une cooccurrence spatio-temporelle entre deux chiens, et les chiens pouvaient avoir plusieurs contacts entre eux dans une même journée et au cours de la semaine. Les contacts étaient donc des contacts potentiels, plus que des contacts avérés.



**Figure 10 : Extrait du fichier Excel de mise en forme des données du réseau d'affiliation**

Les colonnes R1 à R9 correspondent aux neuf premières rues de la zone d'étude ; un « 0 » signifie que le chien ne pouvait pas être présent dans l'aire au créneau associé ; un « 1 » signifie que le chien pouvait être présent dans l'aire au créneau associé ; dans cet exemple, les chiens numéros 10 et 19 pouvaient être présents dans la première rue (R1) le lundi à huit heures, cette rue étant incluse dans leur trajet de promenade : ils étaient donc considérés comme étant en contact.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Numéro du chien	Jour	Horaire	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
482	1	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
483	2	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
484	3	lundi	08:00:00	0	0	0	0	1	1	1	0	0
485	4	lundi	08:00:00	0	1	1	1	0	0	0	0	1
486	5	lundi	08:00:00	0	1	1	1	0	0	0	0	1
487	6	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
488	7	lundi	08:00:00	0	1	1	0	1	0	1	1	0
489	8	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
490	9	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
491	10	lundi	08:00:00	1	1	1	0	0	0	0	0	1
492	11	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
493	12	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
494	13	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
495	14	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
496	15	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
497	16	lundi	08:00:00	0	1	0	1	0	1	0	1	0
498	17	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
499	18	lundi	08:00:00	0	1	1	1	1	1	1	0	1
500	19	lundi	08:00:00	1	0	0	0	0	0	0	0	0
501	20	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
502	21	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1
503	22	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
504	23	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
505	24	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
506	25	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
507	26	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
508	27	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
509	28	lundi	08:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Un premier réseau de contacts, contenant l'ensemble des aires présentes dans la zone d'étude a ainsi été compilé. Puis, un second réseau de contacts, restreint aux espaces ouverts et aux parcs canins, a été réalisé : cela permettait d'étudier spécifiquement les lieux où les chiens pouvaient être plus à même d'entrer en contact, notamment parce qu'ils y étaient plus souvent en liberté. Dans les réseaux de contacts obtenus, les liens entre nœuds étaient pondérés en fonction du nombre de cooccurrences spatio-temporelles, qui correspondaient au nombre de créneaux horaires et d'aires au sein desquelles deux chiens pouvaient être en contact au cours de la semaine.

En premier lieu, des indicateurs intra-réseaux ont été calculés pour les deux réseaux obtenus. Pour chaque nœud du réseau, les centralités de degré, d'intermédiarité et de proximité étaient calculées. La centralité d'un nœud correspond à son importance dans le réseau en ce qui concerne les connexions formées avec les autres nœuds (Martínez-López *et al.*, 2009). Cela permettait ainsi de repérer dans chaque réseau les chiens les plus en contact avec une grande partie des chiens du réseau, et donc les plus à même d'être à risque dans le cadre de la transmission d'agents pathogènes.

La centralité de degré correspond simplement au nombre de liens d'un nœud du réseau (Martínez-López *et al.*, 2009), qui est donc le nombre de contacts d'un chien donné (car le réseau est non dirigé). Ainsi, un nœud avec une centralité de degré élevée est davantage connecté aux autres nœuds du réseau.

La centralité d'intermédiation correspond au nombre de chemins les plus courts passant par un nœud du réseau donné (Martínez-López *et al.*, 2009). Ainsi, la centralité d'intermédiation pour un nœud  $v$  ( $Bc_v$ ) est donnée par (Csárdi *et al.*, 2024) :

$$Bc_v = \sum_{i \neq j, i \neq v, j \neq v} g_{ivj} / g_{ij}$$

Ici  $g_{ij}$  correspond au nombre total de chemins les plus courts entre chaque paire de nœuds  $i$  et  $j$ , alors que  $g_{ivj}$  correspond au nombre de chemins les plus courts entre chaque paire de nœuds  $i$  et  $j$  passant par le nœud  $v$ . La centralité d'intermédiation permet donc de mettre en évidence les nœuds importants dans les flux du réseau.

La centralité de proximité correspond à une estimation d'à quel point un nœud donné est connecté à tous les autres nœuds du réseau (Martínez-López *et al.*, 2009). Ainsi, elle correspond à l'inverse de l'éloignement, qui est la somme des chemins les plus courts d'un nœud donné vers tous les autres nœuds du réseau. La centralité de proximité est donc mal définie pour les nœuds non connectés du réseau. Ainsi, la centralité de proximité pour un nœud  $v$  ( $Cc_v$ ) est donnée par (Csárdi *et al.*, 2024) :

$$Cc_v = \frac{1}{\sum_{i \neq v} d_{vi}}$$

Ici,  $d_{vi}$  représente la distance (chemin le plus court) entre le nœud  $v$  et chaque autre nœud du réseau  $i$ . S'il n'y a pas de chemin entre  $v$  et  $i$ , alors l'algorithme utilisé omet le nœud  $i$  dans le calcul. Si aucun autre nœud ne peut être atteint à partir du nœud  $v$  alors l'algorithme ne retourne pas de valeur.

- *Seconde méthode : réseau « direct »*

L'objectif de cette méthode consistait à réaliser une compilation de réseaux personnels à partir des données de rencontres hebdomadaires. En effet, dans le questionnaire, chaque propriétaire devait citer un maximum de chiens avec lesquels leur(s) chien(s) rentrait(en)t régulièrement en contact chaque semaine, en les décrivant le plus précisément possible. À partir de ces listes de chiens, une liste élargie de tous les chiens du réseau a pu être établie. Ainsi, si plusieurs descriptions se ressemblaient (race, couleur de robe, description du propriétaire, nom du chien), elles étaient considérées comme décrivant un même chien, et un numéro unique lui était donc attribué. Les chiens appartenant à un même foyer étaient considérés comme promenés de la même façon : il était donc approximé qu'ils étaient en contact avec les mêmes chiens, pendant le même temps et avaient le même type de contact.

Pour chaque chien appartenant aux propriétaires interrogés, des données de temps de rencontre, de nombre de rencontres et de type de contact, étaient récoltées pour chaque chien cité. Ainsi, chaque contact était un contact avéré, et permettait d'établir un lien entre deux nœuds du réseau. De plus, chaque lien était pondéré par le temps de contact total (obtenu en multipliant le temps de contact moyen de chaque rencontre par le nombre moyen de rencontres en une semaine) et possédait un attribut qui correspondait au type de contact (neutre, amical ou agressif).

Un premier réseau comportant l'ensemble des chiens répertoriés a été établi. Puis, un second réseau comportant uniquement les chiens appartenant aux propriétaires interrogés a été réalisé. Les indicateurs intra-réseaux calculés pour ces deux réseaux étaient les mêmes que pour la

méthode précédente : ainsi, pour chaque nœud du réseau, les centralités de degré, d'intermédiarité et de proximité étaient calculées.

- *Comparaison des réseaux obtenus par les différentes méthodes*

Les quatre réseaux ainsi obtenus par ces deux méthodes ont pu être comparés. Pour ce faire, plusieurs indicateurs descriptifs du réseau entier ont été utilisés : le nombre de nœuds du réseau, la taille, le diamètre, la longueur du chemin moyen, le nombre de composantes, la taille moyenne des composantes, la densité, l'index de centralité de degré, l'index de centralité de proximité, l'index de centralité d'intermédiarité et la transitivity.

Le premier indicateur calculé correspond simplement au nombre de nœuds de chaque réseau, qui correspondait au nombre de chiens composant le réseau. La taille du réseau correspond au nombre de liens du réseau, donc le nombre de contacts total ou le nombre cooccurrences spatio-temporelles totales du réseau (Csárdi *et al.*, 2024). Le diamètre du réseau correspond à la plus longue géodésique du réseau (c'est-à-dire le plus long chemin le plus court ou distance, entre deux nœuds du réseau). Cela permet de rendre compte de la distance des nœuds les plus éloignés du réseau. La longueur du chemin moyen est calculée en faisant la moyenne des chemins les plus courts entre toutes les paires de nœud du réseau. Dans les analyses réalisées, le diamètre et la longueur du chemin moyen ne prenaient pas en compte la pondération des liens des réseaux, notamment afin d'améliorer la comparabilité de ces indicateurs.

Une composante correspond à une portion de réseau où l'ensemble des paires de nœuds sont connectées (directement ou indirectement) (Csárdi *et al.*, 2024). Le nombre et la taille moyenne des composantes du réseau permettent donc de connaître plus précisément la structure globale du réseau : un grand nombre de composantes est donc associé à un fractionnement important du réseau.

La densité du réseau correspond au ratio du nombre de liens du réseau sur l'ensemble des liens possibles du réseau (Csárdi *et al.*, 2024). Plus la densité est élevée, plus les paires de nœuds sont connectées entre elles. Ainsi, pour un réseau comportant  $N$  nœuds et  $E$  liens, la densité ( $D$ ) est donnée par (Martínez-López *et al.*, 2009) :

$$D = \frac{2E}{N(N-1)}$$

Les index de centralité du réseau donnent la moyenne des écarts entre la valeur maximale de centralité d'un nœud observée et la valeur de centralité de chaque nœud. Ils sont définis pour tous les types de centralité. Ainsi, pour un réseau  $G$ , la valeur de centralité  $C$  (de degré, de proximité ou d'intermédiarité) de  $G$  est donnée par (Csárdi *et al.*, 2024) :

$$C(G) = \sum_v (\max_w c_w - c_v)$$

Ici,  $c_v$  est la centralité (de degré, de proximité ou d'intermédiarité) du nœud  $v$ . L'index de centralité de proximité de certains réseaux n'était pas défini et aucune valeur ne pouvait être obtenue, car certains nœuds composant ces réseaux étaient isolés.

La transitivity, ou coefficient de *clustering*, d'un réseau correspond à la proportion de triangles fermés sur l'ensemble des triplets du réseau (Csárdi *et al.*, 2024). La transitivity permet ainsi de mesurer la cohésion de l'ensemble du réseau.

En plus de ces paramètres inter-réseaux, plusieurs représentations graphiques ont été proposées et étudiées. L'objectif était d'estimer la corrélation des pondérations des liens obtenus dans les différents réseaux. Pour cela, des nuages de points ont été établis et le coefficient de corrélation de Spearman a été calculé pour chaque graphique. Cette corrélation correspond à une mesure non paramétrique de la monotonie de deux variables à partir de leur rang dont le coefficient de corrélation  $r_s$  est donné par (Xiao *et al.*, 2016) :

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{N(N^2 - 1)}$$

Ici,  $d_i$  représente la différence de rang entre chaque paire de variable et  $N$  est le nombre total de mesures de l'échantillon. Si la valeur de ce coefficient est proche de la valeur -1, la corrélation est négative, alors que plus le coefficient est proche de la valeur un et plus la corrélation est positive. Une valeur proche de la valeur zéro reflète donc une absence de corrélation entre les variables.

Le logiciel R a été choisi pour réaliser l'ensemble des analyses (R-Core team, 2022), avec l'environnement RStudio (*Rstudio - version 2022.12.0+353*, 2022). Le *package* nommé *Rcapture* (Rivest et Baillargeon, 2022) a été utilisé pour les analyses du modèle « capture – recapture ». Pour les analyses de réseau, le *package* *igraph* (Csárdi *et al.*, 2024) a été utilisé. Cela permettait notamment le calcul de paramètres intra-réseaux et inter-réseaux, ainsi que l'affichage des représentations graphiques des réseaux.

### 3. Résultats

#### A. Estimation de la taille de la population cible

Le modèle « capture – recapture » mis en place a permis de décrire plusieurs estimations de la taille de la population canine cible, c'est-à-dire les chiens se promenant régulièrement dans la zone d'étude (Tableau 8). Les différents modèles cités dans les analyses donnaient des résultats assez hétérogènes. Une incertitude importante sur les tailles de populations était présente, notamment pour les modèles  $M_h$  et  $M_{th}$ .

Dans le cadre de l'étude, les hypothèses d'une source de variation temporelle ainsi que d'une hétérogénéité de la probabilité de capture d'un chien semblaient les plus pertinentes. En effet, la probabilité de rencontrer un chien variait en fonction du temps, et, les habitudes de promenade étant différentes selon les chiens, la probabilité de capture était donc hétérogène. Ainsi, les trois modèles  $M_{th}$  semblaient être les plus pertinents dans cette situation.

Les modèles  $M_{th}$  donnaient des estimations de population comprises entre 84 et 168 chiens. Cependant, ces estimations étaient assez imprécises. Cela montrait néanmoins que la population de chiens dans la zone d'étude était plutôt de taille importante.

**Tableau 8 : Estimation de la taille de la population cible par « capture – recapture »***D'après les modèles décrits par Baillargeon et Rivest (2007).*

Acronyme du modèle utilisé	Hypothèses du modèle	Taille de la population canine (intervalle de confiance à 95 %)
<b>M<sub>0</sub></b>	Pas de sources de variations de la probabilité de capture – recapture	69,21 (44,40 – 171,85)
<b>M<sub>t</sub></b>	Variation temporelle de la probabilité de capture – recapture	68,86 (44,13 – 176,77)
<b>M<sub>h</sub> Chao</b>	Hétérogénéité de la probabilité de capture – recapture	84,17 (50 – 300,67)
<b>M<sub>h</sub> Poisson2</b>	Hétérogénéité de la probabilité de capture – recapture	132,12 (43,38 – 1246,91)
<b>M<sub>h</sub> Darroch</b>	Hétérogénéité de la probabilité de capture – recapture	155 (30 – 1773,91)
<b>M<sub>th</sub> Chao</b>	Variation temporelle et hétérogénéité de la probabilité de capture – recapture	84,12 (50,81 – 285,94)
<b>M<sub>th</sub> Poisson2</b>	Variation temporelle et hétérogénéité de la probabilité de capture – recapture	137,06 (44,66 – 935,80)
<b>M<sub>th</sub> Darroch</b>	Variation temporelle et hétérogénéité de la probabilité de capture – recapture	167,50 (30 – 2889,07)
<b>M<sub>b</sub></b>	Changement de comportement lors de la capture – recapture	34,16 (30,39 – 66,17)

## **B. Données descriptives sur l'échantillon**

Sur 58 personnes interrogées, 27 questionnaires ont pu être récoltés, soit un taux de réponse de 47 %. Sur les 31 personnes n'ayant pas fourni de réponse au questionnaire, 15 avaient proposé un rendez-vous ultérieur qu'elles n'ont pas honoré, 15 ont refusé de répondre au questionnaire et un questionnaire a été mal enregistré donc non comptabilisé. Ainsi, le nombre total de chiens du réseau s'élevait à 29 chiens.

### **a. Profil des propriétaires interrogés**

La première partie de l'analyse descriptive concernait les foyers des propriétaires interrogés (Tableau 9). La majorité des foyers ne possédait qu'un seul chien, seuls trois foyers en possédaient deux, et aucun n'en possédaient plus de deux. Par ailleurs, une majorité des foyers ne possédaient pas d'autres animaux (72 %) et parmi les foyers qui possédaient d'autres animaux, les chats étaient nettement majoritaires avec six foyers sur les sept concernés. Les autres animaux détenus étaient des oiseaux et des tortues. En ce qui concerne la composition du foyer, un peu plus de la moitié des

propriétaires de chiens déclaraient vivre en couple, un tiers vivaient seuls et une minorité vivait en colocation ou chez ses parents. Par ailleurs, seuls 19 % (5/27) des foyers avaient des enfants encore présents dans le foyer et le nombre moyen d'enfants dans les cinq foyers concernés était de 1,6. La majorité des logements ne comportait pas de jardin, seuls trois foyers sur 27 en possédaient un. De plus, la majorité des répondants vivait en appartement, seul un propriétaire vivait en maison.

**Tableau 9 : Analyse descriptive des foyers des propriétaires de chiens interrogés**

Variable	Catégorie	Valeur de l'indicateur
<b>Foyers avec deux chiens (%)</b>		11 % (3/27)
<b>Foyers avec autres animaux détenus (%)</b>	Oui	28 % (7/25)
	Non	72 % (18/25)
<b>Foyers avec des chats parmi les autres animaux détenus (%)</b>		86 % (6/7)
<b>Foyers avec des oiseaux parmi les autres animaux détenus (%)</b>		43 % (3/7)
<b>Foyers avec des tortues parmi les autres animaux détenus (%)</b>		29 % (2/7)
<b>Composition du foyer (%)</b>	Vivant seul	33 % (9/27)
	Vivant en couple	56 % (15/27)
	Avec colocataire(s)	4 % (1/27)
	Chez ses parents	7 % (2/27)
<b>Enfants dans le foyer (%)</b>		19 % (5/27)
<b>Nombre moyen d'enfants dans le foyer (n* = 5)</b>		1,6
<b>Type de logement (%)</b>	Maison/appartement avec jardin	11 % (3/27)
	Maison/appartement sans jardin	89 % (24/27)

*\*n : nombre d'observations utilisées pour calculer l'indicateur*

En ce qui concerne la description des propriétaires (Tableau 10), la grande majorité des répondants étaient des femmes à 78 % (21/27). De plus, un tiers des répondants avaient plus de 60 ans. Par ailleurs, 26 % (7/27) des répondants avaient strictement moins de 30 ans et 41 % (11/27) des répondants avaient entre 30 et 60 ans.

**Tableau 10 : Analyse descriptive des propriétaires de chiens interrogés**

<b>Variable</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Valeur de l'indicateur</b>
<b>Genre (%)</b>	Féminin	78 % (21/27)
	Masculin	22 % (6/27)
	Autre	0 % (0/27)
<b>Classe d'âge (%)</b>	18 – 24 ans	4 % (1/27)
	25 – 29 ans	22 % (6/27)
	30 – 34 ans	4 % (1/27)
	35 – 39 ans	11 % (3/27)
	40 – 44 ans	0 % (0/27)
	45 – 49 ans	7 % (2/27)
	50 – 54 ans	11 % (3/27)
	55 – 59 ans	7 % (2/27)
	60 – 64 ans	4 % (1/27)
	65 ans ou plus	30 % (8/27)

Au sujet de l'activité exercée par les propriétaires de chiens interrogés (Tableau 11), cinq catégories étaient représentées : un tiers des propriétaires étaient retraités, 26 % (7/27) faisaient partie des cadres ou professions intellectuelles supérieures, 22 % (6/27) étaient employés, 11 % (3/27) étaient sans activité professionnelle (deux personnes sans emploi et un étudiant) et enfin 7 % (2/27) étaient artisans, commerçants ou chefs d'entreprise. Par ailleurs, seule une propriétaire exerçait un métier en rapport avec les animaux, en tant qu'Auxiliaire Spécialisée Vétérinaire (ASV). De plus, en ce qui concerne l'activité physique, un peu moins de la moitié des propriétaires se déclaraient plutôt sédentaires (en excluant les balades quotidiennes), un tiers des propriétaires se considéraient comme des sportifs peu actifs (moins d'une heure de sport par semaine), et 19 % (5/27) se considéraient comme actifs à très actifs, avec plus d'une heure de sport par semaine. Ainsi, la majorité des propriétaires interrogés pratiquaient moins d'une heure de sport par semaine, voire pas du tout.

**Tableau 11 : Analyse descriptive des propriétaires de chiens interrogés (suite)**

<b>Variable</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Valeur de l'indicateur</b>
<b>Type d'activité (%)</b>	Agriculteur, exploitant	0 % (0/27)
	Artisan, commerçant ou chef d'entreprise	7 % (2/27)
	Cadre et profession intellectuelle supérieure	26 % (7/27)
	Profession intermédiaire	0 % (0/27)
	Employé	22 % (6/27)
	Ouvrier	0 % (0/27)
	Retraité	33 % (9/27)
	Sans activité professionnelle	11 % (3/27)
<b>Si sans activité (%) :</b>	Élèves, étudiants	33 % (1/3)
	Chômeur	0 % (0/3)
	Sans emploi	67 % (2/3)
<b>Si actif : type d'emploi (%)</b>	Temps plein	87 % (13/15)
	Temps partiel	13 % (2/15)
<b>Propriétaires exerçant un métier en lien avec les animaux (%)</b>		4 % (1/27)
<b>Niveau d'activité physique (%)</b>	Sportif très actif (plus de 4h de sport par semaine)	7 % (2/27)
	Sportif actif (1 à 4h de sport par semaine)	11 % (3/27)
	Sportif peu actif (moins de 1h de sport par semaine)	33 % (9/27)
	Sédentaire (pas de sport ou très exceptionnel)	48 % (13/27)

### ***b. Profil des chiens rencontrés***

Parmi toutes les personnes rencontrées, seules deux personnes, n'étaient pas propriétaires du ou des chiens promené(s) dans la zone et n'ont donc pas répondu aux questions concernant la raison d'adoption, le lieu de vie et la médicalisation du ou des chien(s). Par ailleurs, pour les foyers comprenant deux chiens, seules les données sur l'âge, le temps de possession, le sexe et la race étaient récoltées pour le chien détenu depuis le moins longtemps.

En ce qui concerne le profil des chiens rencontrés (Tableau 12), la grande majorité des chiens étaient des mâles : 63 % (19/30) des chiens étaient des mâles entiers et 17 % (5/30) étaient des mâles stérilisés. De plus, 13 % (4/30) des chiens étaient des femelles entières, 7 % (2/30) étaient des femelles stérilisées et parmi les femelles entières, la moitié avaient moins d'un an. Ainsi, les femelles semblaient davantage stérilisées que les mâles. La moyenne d'âge des chiens était de 5,4 ans, avec une médiane de 4,3 ans : les âges des chiens étaient donc relativement étalés.



Les photographies des chiens répertoriés sont résumées dans la Figure 11. À partir des données récoltées sur la race des chiens, ces derniers ont pu être classés selon les groupes de race auxquels ils appartenaient. Si le chien était décrit comme un chien croisé, c'est la race citée en premier lieu qui donnait le groupe d'appartenance, et pour le chien du questionnaire 21 dont la race était indéterminée, il a été classé dans le groupe deux, du fait de son apparence molossoïde (Figure 11). Ainsi, le groupe neuf, correspondant aux chiens d'agrément et de compagnie, était le plus représenté avec un tiers des chiens qui appartenaient à cette catégorie, suivi du groupe deux, correspondant aux chiens de type pinscher, schnauzer et molossoïde, qui concernait un chien sur cinq et du groupe trois, correspondant aux terriers, qui concernait un chien sur six. Le reste des chiens se répartissaient dans le groupe un, correspondant aux chiens de berger, pour quatre d'entre eux, du groupe quatre, correspondant aux teckels, pour deux d'entre eux, et enfin aux groupes cinq, huit et dix, correspondant respectivement aux chiens de type primitifs, aux chiens rapporteurs et leveurs de gibier, et aux lévriers, qui comptaient chacun un chien dans leur catégorie. Les races les plus représentées correspondaient aux Chihuahuas et aux Yorkshire Terriers, suivis des Malinois et des Leonberg, néanmoins pour cette dernière race, les deux individus pris en compte appartenaient au même foyer (Figure 11).

En ce qui concerne les raisons d'adoption, une grande majorité des chiens étaient considérés comme des chiens de compagnie, à hauteur de 93 % (26/28) des chiens, et les autres raisons avancées étaient le sauvetage pour trois des chiens et la chasse pour un seul chien. Enfin tous les chiens vivaient à l'intérieur du domicile : parmi eux, trois avaient accès à un jardin et un chien avait un accès direct à la rue.

**Tableau 12 : Analyse descriptive des chiens appartenant aux propriétaires interrogés**

<b>Variable</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Valeur de l'indicateur</b>
<b>Sexe (%)</b>	Femelles entières	13 % (4/30)
	Femelles stérilisées	7 % (2/30)
	Mâles entiers	63 % (19/30)
	Mâles stérilisés	17 % (5/30)
<b>Âge (en années) (n** = 30)</b>		5,4 (1 – 4,3 – 8,4)*
<b>Race (%)</b>	Groupe 1	13 % (4/30)
	Groupe 2	20 % (6/30)
	Groupe 3	17 % (5/30)
	Groupe 4	7 % (2/30)
	Groupe 5	3 % (1/30)
	Groupe 6	0 % (0/30)
	Groupe 7	0 % (0/30)
	Groupe 8	3 % (1/30)
	Groupe 9	33 % (10/30)
	Groupe 10	3 % (1/30)
<b>Raison d'adoption (%)</b>	Compagnie	93 % (26/28)
	Chasse	4 % (1/28)
	Sauvetage	11 % (3/28)
	Garde	0 % (0/28)
	Sport	0 % (0/28)
	Travail	0 % (0/28)
<b>Lieu de vie (%)</b>	Avec jardin	12 % (3/25)
	Sans jardin	88 % (22/25)
	Avec accès direct à la rue	4 % (1/25)

\*Moyenne (Premier Quartile – Médiane – Troisième Quartile)

\*\*n : nombre d'observations utilisées pour calculer l'indicateur

**Figure 11 : Photographies des chiens des propriétaires interrogés et leur numérotation associée**



Les données relatives à la médicalisation des chiens sont résumées dans le Tableau 13 : tous les chiens allaient au moins une fois par an chez le vétérinaire. En ce qui concerne la vaccination contre la rage, une majorité des chiens (64 %) étaient vaccinés et à jour de leur vaccination : près d'un quart des chiens n'avaient jamais été vaccinés, un chien avait déjà été vacciné mais n'était pas à jour de sa vaccination, et deux propriétaires ne connaissaient pas le statut vaccinal de leur animal. Par ailleurs, tous les chiens étaient vaccinés contre les principales maladies habituellement soumises à vaccination, c'est-à-dire l'hépatite de Rubarth, la maladie de Carré, la parvovirose et la leptospirose. De plus, près d'un chien sur cinq était vacciné contre la toux de chenil et un chien était vacciné contre la maladie de Lyme. Au sujet des traitements contre les parasites, une grande majorité des chiens étaient vermifugés deux fois par an, et étaient traités contre les parasites externes toute l'année, ou au moins au printemps et en été. Par ailleurs, un chien sur les 27 chiens recensés avait une maladie chronique, une affection cardiaque à l'origine d'un souffle qui n'influçait néanmoins pas ses promenades quotidiennes.

**Tableau 13 : Analyse descriptive de la médicalisation des chiens des propriétaires interrogés**

<b>Variable</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Valeur de l'indicateur</b>
<b>Nombre de visites annuelles chez le vétérinaire (%)</b>	1	64 % (16/25)
	2	24 % (6/25)
	3	12 % (3/25)
<b>Vaccination contre la rage (%)</b>	Oui et à jour	64 % (16/25)
	Oui mais non à jour	4 % (1/25)
	Non	24 % (6/25)
	Je ne sais pas	8 % (2/25)
<b>Chiens vaccinés contre l'hépatite de Rubarth, la maladie de Carré, la parvovirose et la leptospirose (%)</b>		100 % (25/25)
<b>Chiens vaccinés contre la toux de chenil (%)</b>		16 % (4/25)
<b>Chiens vaccinés contre la maladie de Lyme (%)</b>		4 % (1/25)
<b>Chiens vermifugés deux fois par an (%)</b>		92 % (23/25)
<b>Traitement contre les parasites externes (%)</b>	Toute l'année	56 % (14/25)
	Seulement au printemps ou en été	36 % (9/25)
	Ponctuellement	4 % (1/25)
	Jamais	4 % (1/25)

En ce qui concerne l'analyse du comportement des chiens (Tableau 14), l'agressivité envers les chiens était peu importante, surtout quand il s'agissait de chiens connus. Pour les chiens connus, une majorité des chiens ne montraient aucune agressivité, seuls deux chiens se montraient agressifs de façon occasionnelle et deux chiens pouvaient se montrer agressifs plus d'une fois par jour. Pour les chiens inconnus, un peu plus de la moitié des chiens ne présentaient aucune agressivité, quatre chiens se montraient occasionnellement agressifs, et un peu plus d'un chien sur cinq pouvait se montrer agressif au moins une fois par jour. Concernant l'agressivité envers les personnes, aucun chien n'était agressif envers les personnes connues, en revanche trois chiens pouvaient avoir tendance à être agressifs envers les personnes inconnues.

Au sujet des autres chiens éventuellement présents dans le foyer (Tableau 14), deux des chiens sur les trois concernés jouaient avec leur congénère et tous les chiens dormaient avec leur congénère. Aucun comportement agressif n'était observé chez les chiens du même foyer. De plus, une grande majorité (5/6) des chiens jouait avec les chats éventuellement présents dans les foyers, la moitié (3/6) dormait ensemble et un seul chien sur les six concernés avait parfois des comportements agressifs envers le(s) chat(s).

**Tableau 14 : Analyse descriptive du comportement des chiens des propriétaires interrogés**

<b>Variable</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Valeur de l'indicateur</b>
<b>Agressivité envers les chiens connus (%)</b>	Jamais	85 % (23/27)
	Rarement	7 % (2/27)
	Une fois par jour	0 % (0/27)
	Plus d'une fois par jour	7 % (2/27)
<b>Agressivité envers les chiens inconnus (%)</b>	Jamais	63 % (17/27)
	Rarement	15 % (4/27)
	Une fois par jour	11 % (3/27)
	Plus d'une fois par jour	11 % (3/27)
<b>Agressivité envers les personnes connues (%)</b>	Oui	0 % (0/27)
	Non	100 % (27/27)
<b>Agressivité envers les personnes inconnues (%)</b>	Oui	11 % (3/27)
	Non	89 % (24/27)
<b>Comportement des chiens avec les autres chiens du foyer (%)</b>	Jouent ensemble	67 % (2/3)
	Dorment ensemble	100 % (3/3)
	Indifférents	0 % (0/3)
	Parfois des comportements agressifs	0 % (0/3)
<b>Comportement des chiens avec les chats du foyer (%)</b>	Jouent ensemble	83 % (5/6)
	Dorment ensemble	50 % (3/6)
	Indifférents	0 % (0/6)
	Parfois des comportements agressifs	17 % (1/6)
	Chats qui sortent donc peu de contacts	0 % (0/6)

### ***c. Analyse descriptive des promenades***

Une partie du questionnaire comportait des questions générales sur les promenades dont les réponses sont rassemblées dans le Tableau 15 : sur une semaine, le nombre moyen de promenades dans la zone d'intérêt était de 21,3, avec une médiane de 21 promenades par semaine. Cela équivaut à une moyenne de trois promenades par jour. De même, sur une semaine, la durée d'une promenade était de 40 minutes en moyenne, avec une médiane de 30 minutes : un quart des chiens étaient promenés plus de 52,5 minutes à chaque promenade, ce qui augmente nettement la moyenne du temps de promenade. En ce qui concerne la personne réalisant les promenades, 44 % (12/27) des répondants déclaraient qu'une autre personne pouvait aussi promener le ou les chien(s), et parmi ces personnes, 17 % (2/12) déclaraient que ces autres personnes n'effectuaient pas leurs promenades au même endroit qu'eux.

Le nombre de trajets de promenade différents sur une semaine était de 2,3 trajets en moyenne, avec une médiane de deux trajets : les trois quarts des propriétaires avaient entre un et trois trajets de promenade différents dans la zone d'intérêt. Le mode de promenade le plus utilisé était la promenade en semi-liberté, avec des chiens tenus en laisse dans certaines zones seulement, pour deux tiers des personnes interrogées. Dans ce cas, le chien était laissé 49 % du temps en liberté en moyenne. Les endroits où le chien était le plus souvent laissé en liberté correspondaient aux zones fermées de regroupement canin, c'est-à-dire les deux parcs canins situés rue Danton et devant l'hôpital. Pour un peu plus d'un quart des personnes interrogées, la promenade se déroulait exclusivement en laisse, et pour deux propriétaires, le chien était toujours en liberté. Ainsi, 74 % (20/27) des propriétaires, soit un peu moins des trois quarts des propriétaires, laissaient leur chien au moins partiellement en liberté. De plus, pour une grande majorité des personnes qui promenaient leur chien au moins en partie en liberté, le chien était toujours dans le champ de vision pendant la promenade.

**Tableau 15 : Données descriptives sur les promenades des propriétaires interrogés**

Variable	Catégorie	Valeur de l'indicateur
<b>Nombre de promenades dans la zone en moyenne sur une semaine (<math>n^{**} = 27</math>)</b>		21,3 (14 – 21 – 26,5)*
<b>Durée d'une promenade dans la zone en moyenne (en minutes) (<math>n^{**} = 27</math>)</b>		40 (22,5 – 30 – 52,5)*
<b>Nombre de trajets de promenade (<math>n^{**} = 27</math>)</b>		2,3 (1 – 2 – 3)*
<b>Mode de promenade (%)</b>	Chien toujours en laisse	26 % (7/27)
	Chien en laisse dans certaines zones	67 % (18/27)
	Chien toujours en liberté	7 % (2/27)
<b>Moyenne du pourcentage du temps en liberté si pas toujours en laisse (en %) (<math>n^{**} = 20</math>)</b>		48,50 (31,25 – 50 – 56)*
<b>Endroits où le chien est en liberté (%)</b>	Parc canin 1 rue Danton	45 % (9/20)
	Parc canin 2 devant l'hôpital	35 % (7/20)
	Devant l'hôpital	10 % (2/20)
	En forêt	5 % (1/20)
	Parvis mairie	5 % (1/20)
	Partout	5 % (1/20)
	S'il n'y a personne	5 % (1/20)
	Dans le jardin	5 % (1/20)
	Dans la rue	5 % (1/20)
Dans le fort	5 % (1/20)	
<b>Chiens libres mais dans le champ de vision (%)</b>	Oui	95 % (19/20)
	Non	5 % (1/20)

\*Moyenne (Premier Quartile – Médiane – Troisième Quartile)

\*\*n : nombre d'observations utilisées pour calculer l'indicateur

En ce qui concerne les interactions entre chiens au cours des promenades, les données sont résumées dans le Tableau 16. Parmi les personnes interrogées, une grande majorité pensait avoir vu toutes les interactions de leur chien avec les autres chiens au cours de leurs promenades. Pour la personne qui avait répondu par la négative à cette question, la raison exposée était que son chien allait à la chasse et n'était donc pas toujours dans son champ de vision. De plus, deux tiers des

propriétaires retenaient leur chien pour éviter un contact avec un autre chien. Les situations où cela arrivait étaient le plus souvent si le chien d'en face réagissait mal, si le chien était inconnu ou imposant, après demande au propriétaire d'en face, par peur des autres chiens et si le chien en face était un mâle.

**Tableau 16 : Données descriptives sur les interactions entre chiens au cours des promenades**

<b>Variable</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Valeur de l'indicateur</b>
<b>Propriétaires qui pensent avoir vu toutes les interactions avec les autres chiens (%)</b>		96 % (26/27)
<b>Propriétaires qui retiennent leur chien pour éviter un contact avec un autre chien (%)</b>		67 % (18/27)
<b>Raisons exposées pour retenir leur chien afin d'éviter un contact avec un autre chien (%)</b>	Si le chien est inconnu	17 % (3/18)
	Si le chien est imposant	17 % (3/18)
	Demande avant au propriétaire	17 % (3/18)
	Si le chien réagit mal	22 % (4/18)
	Par peur des autres chiens	11 % (2/18)
	Si le chien est un mâle	6 % (1/18)
	Autre	17 % (3/18)

Au cours des promenades, différents lieux de regroupement canin étaient inégalement fréquentés par les propriétaires (Tableau 17). Ainsi, un peu plus d'un chien sur cinq fréquentait les lieux de regroupement canin à chaque promenade, un peu plus de deux chiens sur cinq les fréquentaient parfois et moins de deux chiens sur cinq ne les fréquentaient jamais. Parmi les 17 chiens qui fréquentaient ces lieux de regroupement canin (soit environ 63 % des chiens), les deux principaux lieux fréquentés correspondaient au parc canin situé rue Danton pour une majorité d'entre eux et au parc canin situé devant l'hôpital pour un peu moins de la moitié d'entre eux. Deux des chiens ne fréquentaient pas des lieux de regroupement canin situé dans la zone d'étude. En moyenne, le temps passé dans ces lieux de regroupement au cours d'une promenade était de 36,33 minutes, avec une médiane de 20 minutes, ce qui peut représenter une part importante de la promenade. La majorité des chiens étaient laissés libres d'aller au contact des autres chiens au sein des lieux de regroupement : pour un peu plus des trois quarts d'entre eux c'était systématique, alors que pour trois d'entre eux, sur les 17 concernés, cela arrivait parfois. Pour l'un des chiens sur les 17 concernés, le propriétaire ne le laissait jamais aller au contact des autres chiens dans les lieux de regroupement, cette pratique était donc minoritaire.



**Tableau 17 : Données descriptives sur les lieux de regroupement canin fréquentés au cours des promenades**

<b>Variable</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Valeur de l'indicateur</b>
<b>Lieux de regroupement de chiens fréquentés (%)</b>	À chaque promenade	22 % (6/27)
	Parfois	41 % (11/27)
	Jamais	37 % (10/27)
<b>Nom des lieux de regroupement fréquentés (%)</b>	Parc canin 1 rue Danton	82 % (14/17)
	Parc canin 2 devant l'hôpital	47 % (8/17)
	Fort	6 % (1/17)
	Herbe devant l'hôpital	6 % (1/17)
	Autre	6 % (1/17)
<b>Temps passé dans les lieux de regroupement en moyenne sur une promenade (en minutes) (n** = 17)</b>		36,33 (15 – 20 – 37,5)*
<b>Chiens au contact des autres dans ces lieux de regroupement (%)</b>	Oui	77 % (13/17)
	Parfois	18 % (3/17)
	Non	6 % (1/17)

\*Moyenne (Premier Quartile – Médiane – Troisième Quartile)

\*\*n : nombre d'observations utilisées pour calculer l'indicateur

Une autre partie du questionnaire concernait les chiens rencontrés au cours des promenades : 33 % (9/27) des propriétaires interrogés se pensaient capables de lister tous les chiens habituellement rencontrés au cours des promenades. Ainsi, une majeure partie des propriétaires ne se souvenaient pas de tous les chiens rencontrés habituellement en promenade. De plus, sur une semaine, le nombre de chiens différents rencontrés était de 12,1 en moyenne (premier quartile – médiane – troisième quartile : 6,5 – 10 – 17,5) sur les 27 observations. Le nombre total de contacts sur une semaine était de 43,3 en moyenne (premier quartile – médiane – troisième quartile : 18 – 30 – 51), sur les 27 observations.

Certains propriétaires, 18 en tout, ne se pensaient pas capables de lister tous les chiens rencontrés au cours d'une semaine. Pour ces propriétaires, le chien rencontré le moins souvent était rencontré au minimum une fois par semaine (premier quartile – médiane – troisième quartile : 1 – 1 – 1), alors que le chien rencontré le plus souvent était rencontré sept fois par semaine en moyenne (premier quartile – médiane – troisième quartile : 4,3 – 7 – 8,5) soit une fois par jour en moyenne. Le nombre moyen de contact avec un même chien était de 3,4 en moyenne (premier quartile – médiane – troisième quartile : 2 – 2,5 – 4).

Une grande majorité des personnes interrogées avaient des promenades hors de la zone d'étude (Tableau 18) : les lieux privilégiés pour ces promenades étaient les bois, les parcs, la ville, et la campagne. Le temps passé en promenade à l'extérieur de la zone était de 205 minutes en

moyenne par promenade, avec une médiane de 150 minutes : certains propriétaires faisaient donc plutôt de longues promenades, en dehors de la zone d'étude.

**Tableau 18 : Données descriptives sur les promenades en dehors de la zone d'étude**

<b>Variable</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Valeur de l'indicateur</b>
<b>Promenades en dehors de la zone (%)</b>	Oui	85 % (23/27)
	Non	15 % (4/27)
<b>Lieu de promenade en dehors de la zone (%)</b>	Bois	70 % (16/23)
	Parc	65 % (15/23)
	Ville	70 % (16/23)
	Campagne	48 % (11/23)
	Autre	4 % (1/23)
<b>Temps passé à l'extérieur de la zone sur une promenade (en minutes) (n** = 23)</b>		205 (90 – 150 – 195)*

\*Moyenne (Premier Quartile – Médiane – Troisième Quartile)

\*\*n : nombre d'observations utilisées pour calculer l'indicateur

Certains chiens avaient aussi des contacts avec d'autres chiens en dehors des promenades et des animaux présents dans le foyer, chez des amis ou de la famille par exemple : la moyenne des chiens rencontrés dans ce cadre dans le mois précédent le questionnaire était de 1,2 chiens (premier quartile – médiane – troisième quartile : 0 – 1 – 1,5). Ce type de contacts avec d'autres chiens semblait donc moins important. Par ailleurs, pour 11 % (3/27) des chiens, d'autres contacts avec des chiens pouvaient avoir lieu, à travers un grillage, sous une porte ou à la campagne. De plus, 22 % (6/27) des chiens pouvaient avoir des contacts avec la faune sauvage. Après la crise sanitaire de 2020, trois propriétaires rapportaient avoir changé leurs habitudes de promenade : les changements rapportés étaient une diminution de la fréquence des promenades, une tendance à diminuer les contacts avec d'autres chiens, et une diminution de la fréquentation des parcs canins.

## C. Reconstruction des réseaux de contacts

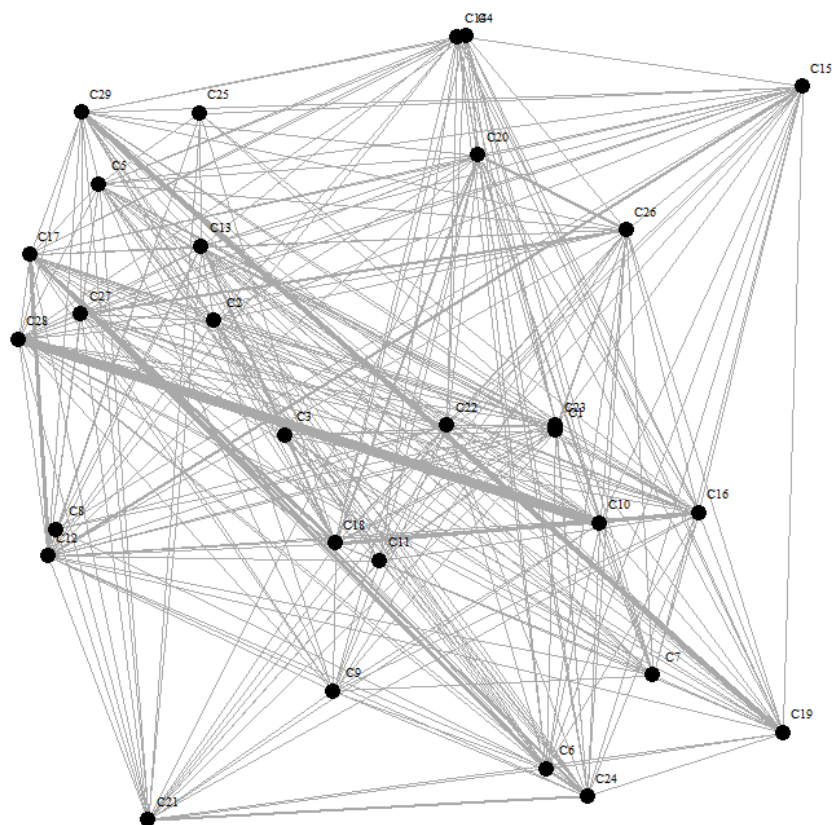
Dans la suite des analyses, les chiens portaient un numéro allant de un à 30. Les chiens 28 et 29 correspondaient aux chiens vivant dans le même foyer que les chiens 10 et 19 respectivement. L'hypothèse sur ces deux chiens était qu'ils étaient promenés de la même façon que les autres chiens vivant dans le même foyer (car leurs propriétaires déclaraient les promener ensemble) et qu'ils avaient donc le même réseau de contacts. L'un des propriétaires possédait deux chiens mais ne les promenaient pas au même endroit : seul l'un des chiens a donc été pris en compte dans l'analyse des réseaux. La numérotation des chiens correspondait à un « C » suivi du numéro du chien (par exemple C1 pour le chien portant le numéro un).

### a. Réseau d'affiliation

Le premier réseau de contacts reconstruit correspondait au réseau d'affiliation issu des données de cooccurrence spatio-temporelle pour l'ensemble des aires de la zone : la représentation graphique de ce premier réseau est donnée en Figure 12. Les liens entre chaque chien étaient pondérés par le nombre de cooccurrences spatio-temporelles sur une semaine, c'est-à-dire le nombre de créneaux horaires où les chiens fréquentaient un même lieu.

**Figure 12 : Représentation graphique du réseau d'affiliation issu de l'ensemble des aires de la zone d'étude**

*Chaque point représente un chien, numérotés de C1 à C29, chaque trait représente une cooccurrence spatio-temporelle entre deux chiens, l'épaisseur du trait étant pondérée par leur nombre sur une semaine.*



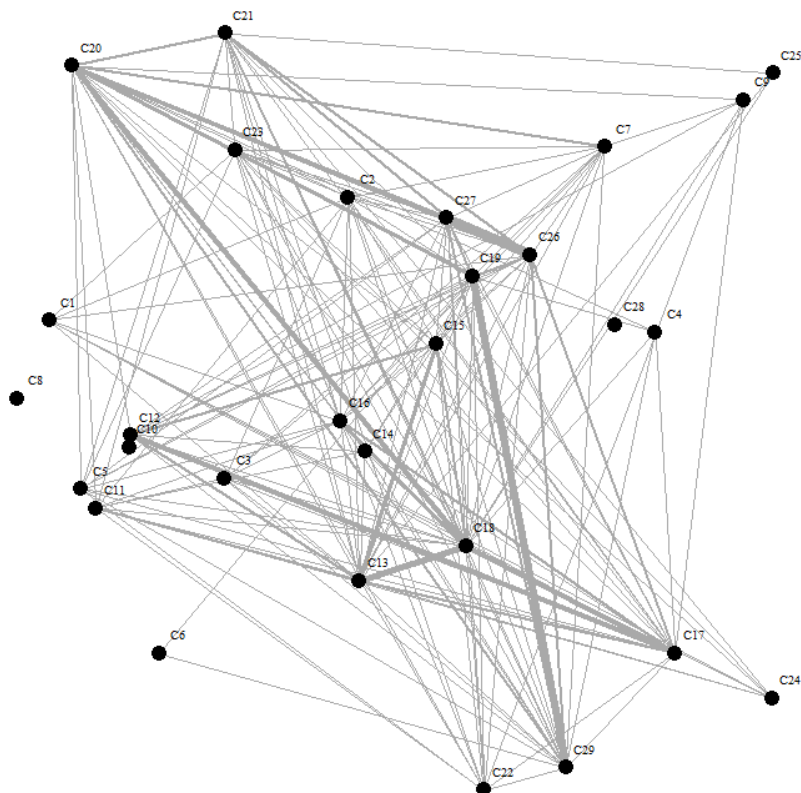
Le réseau se composait de 29 nœuds, correspondant aux 29 chiens issus des questionnaires. La taille du réseau, c'est-à-dire le nombre de liens total du réseau, était de 303 liens (définis comme des cooccurrences spatio-temporelles). De plus, le diamètre du réseau sans pondération était de deux liens : ainsi, cela signifie que le nombre de liens nécessaires pour rejoindre les deux nœuds ayant la plus longue géodésique du réseau était de deux. La longueur du chemin moyen était de 1,25 liens sans pondération : ainsi, les chemins pour aller d'un chien à un autre étaient plutôt courts, et un chien pouvait avoir beaucoup de contacts potentiels avec un même chien. Le réseau était pourvu d'une composante unique, contenant l'ensemble des 29 chiens du réseau. De même, la densité était plutôt importante (près de 0,75) : beaucoup de connexions possibles étaient observées. La transitivité était de 0,83 ; il y avait donc une proportion importante de triangles fermés dans le réseau.

Certains chiens jouaient un rôle plus central que d'autres dans le réseau (Annexe 5) : les chiens 16, 18 et 23 avaient la centralité de degré la plus élevée avec 27 liens. En ce qui concerne la centralité de proximité, le chien 23 avait la valeur la plus élevée avec 0,003 ; et pour la centralité d'intermédiarité, il s'agissait du chien huit avec 111,5. Concernant l'ensemble du réseau, l'index de centralité de degré était de 0,22 ; l'index de centralité de proximité était de 0,32 et l'index de centralité d'intermédiarité était de 0,02. Les chiens 28 et 10 ainsi que les chiens 29 et 19 étant promenés ensemble, ils fréquentaient les mêmes lieux et avaient donc un lien avec une pondération importante (car toujours en contact lors des promenades).

Un second réseau d'affiliation, ne comprenant que les lieux de regroupement a aussi été étudié. Sa représentation graphique est présentée en Figure 13. Les liens entre chaque chien étaient aussi pondérés par le nombre de cooccurrences spatio-temporelles en commun sur une semaine, dans les lieux de regroupement uniquement.

### Figure 13 : Représentation graphique du réseau d'affiliation issu des lieux de regroupement canin

Chaque point représente un chien, numérotés de C1 à C29, chaque trait représente une cooccurrence spatio-temporelle entre deux chiens, l'épaisseur du trait étant pondérée par leur nombre sur une semaine.



Ce réseau se composait aussi de 29 chiens, mais sa taille était moins importante que le réseau précédent, avec 176 liens (définis comme des cooccurrences spatio-temporelles). De plus, le diamètre du réseau était de trois liens, sans pondération. La longueur du chemin moyen du réseau non pondéré était de 1,47 liens. Ainsi, davantage de liens étaient nécessaires en général pour atteindre un nœud du réseau dans le cadre de ce réseau d'affiliation limité aux lieux de regroupements, contrairement au réseau qui comprenait toutes les aires de la zone d'étude. De même, le réseau comptait davantage de composantes, avec quatre composantes de 7,25 chiens en moyenne. La transitivité était aussi élevée avec 0,72.

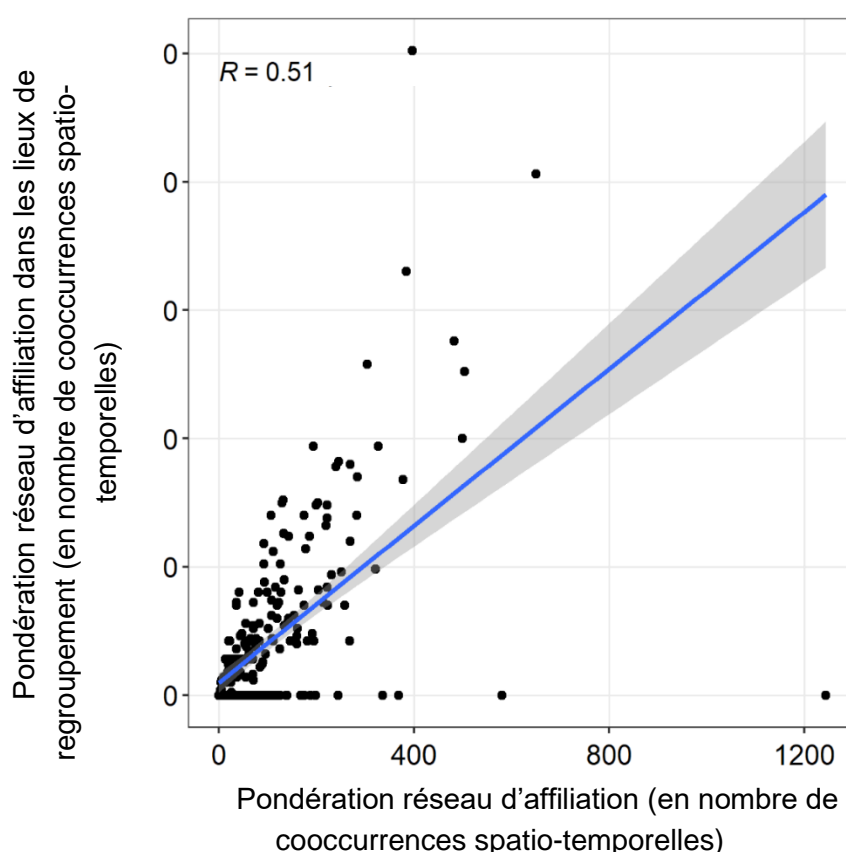
Dans ce réseau, le chien 18 avait la centralité de degré la plus élevée (comme pour le réseau précédent) avec 24 liens (Annexe 6). Le chien 16 qui avait aussi une centralité de degré élevée dans le réseau précédent comptait 19 liens dans ce réseau, et le chien 23 en comptait 17. En ce qui concerne la centralité de proximité, le chien cinq était en première position, contrairement au chien 23 qui était premier dans le réseau précédent et qui était quatrième dans ce réseau. De plus, dans ce réseau, les chiens huit, 10 et 28 ne semblaient pas fréquenter les lieux de regroupement : ainsi, aucun lien n'était fait avec les autres chiens. Le chien huit n'avait donc pas de centralité d'intermédiation définie, et c'est le chien cinq avec un total de 113,2 qui avait la centralité d'intermédiation la plus élevée (il était troisième dans le réseau précédent). Concernant l'ensemble du réseau, l'index de centralité de degré était de 0,42, l'index de centralité de proximité n'était pas

défini car trois nœuds n'étaient connectés à aucun autre et l'index de centralité d'intermédiarité était de 0,067.

Un graphique de corrélation des pondérations des liens des deux réseaux a été réalisé (Figure 14). Dans ce contexte un lien non existant entre deux chiens se voyait attribuer une valeur égale à zéro. Il montrait une corrélation des pondérations des liens des deux réseaux : en effet, une majorité des points, représentant les pondérations, suivaient globalement une droite, et le coefficient de Spearman était supérieur à 0,5, ce qui indiquait une corrélation positive élevée entre les pondérations. Certaines pondérations avaient une valeur nulle dans le réseau d'affiliation limité aux lieux de regroupement, ce qui confirmait que certains chiens présents dans le réseau global n'avaient pas de contacts avec d'autres chiens dans ces lieux.

**Figure 14 : Graphique de corrélation de la pondération des liens des deux réseaux d'affiliation**

Chaque point représente un lien du réseau, en abscisse est donnée sa pondération d'après le réseau d'affiliation complet et en ordonnée sa pondération en fonction du réseau d'affiliation limité aux lieux de regroupement. Une droite bleue correspond à une droite de régression linéaire et l'aire grise à l'intervalle de confiance à 95 % associé. Le R correspond à la valeur du coefficient de Spearman.



Ainsi, ces deux premiers réseaux montraient une densité assez importante, avec des liens plus nombreux dans le réseau global mais en nombre important tout de même dans le réseau limité

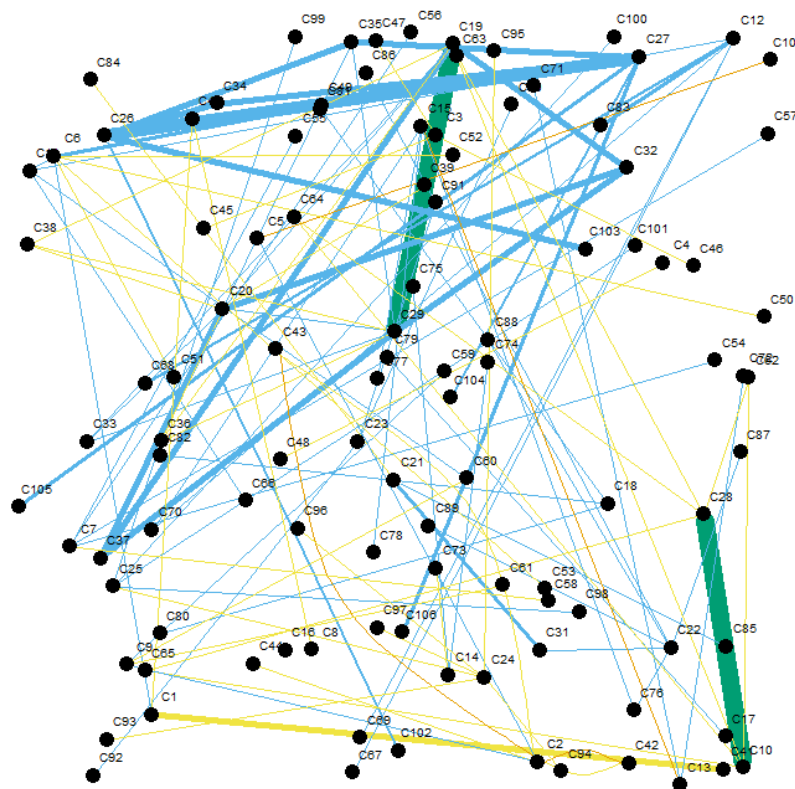
aux lieux de regroupement. Les chemins étaient globalement courts et la transitivité des réseaux élevée. Les nœuds les plus centraux étaient différents d'un réseau à l'autre, cependant les pondérations montraient une forte corrélation, hormis les pondérations des liens associés aux chiens qui ne fréquentaient jamais les lieux de regroupement.

**b. Réseau « direct »**

La seconde méthode de reconstruction des réseaux de contacts correspondait à une compilation des réseaux personnels des différents chiens issus des questionnaires, appelé réseau direct. Un nombre important d'autres chiens, qui n'étaient pas parmi les 29 chiens des questionnaires, ont aussi été recensés : ainsi, 77 autres chiens ont été décrits dans les questionnaires, ce qui amenait à un total de 106 chiens, soit 106 nœuds dans le réseau, numérotés de C1 à C107 (le C30 n'existait pas, à cause du questionnaire perdu). Les liens entre chiens étaient pondérés par le temps passé en contact sur une semaine. La représentation graphique du réseau est donnée par la Figure 15.

**Figure 15 : Représentation graphique du réseau direct**

*Chaque point représente un chien, numérotés de C1 à C107 (absence de C30), chaque trait représente un contact entre deux chiens, l'épaisseur du trait étant proportionnelle au temps passé en contact sur une semaine (sauf pour les traits verts). La couleur du trait correspond au type d'interaction : le bleu correspond à une interaction amicale, le jaune correspond à une interaction neutre, le orange correspond à une interaction agressive. Le vert concerne les chiens vivant dans le même foyer et proménés ensemble, ces liens ne sont pas pondérés, mais les chiens sont considérés comme étant en contact en permanence (épaisseur importante arbitraire du lien).*



La taille du réseau était de 115 liens au total, avec un diamètre de 13 liens. Le réseau comportait donc relativement peu de liens par rapport au nombre de chiens et des chemins assez courts : en effet, la longueur du chemin moyen était de 4,8 liens sans pondération. Par ailleurs, les composantes du réseau étaient au nombre de 12, comprenant chacune 8,8 chiens en moyenne et la densité était de 0,021 : le réseau était donc assez fragmenté et très peu dense. La transitivité était de 0,24 : il y avait donc assez peu de triangles fermés dans l'ensemble du réseau. De plus, il y avait très peu de contacts agressifs entre chiens et beaucoup de contacts amicaux et neutres. Les deux paires de chiens appartenant aux mêmes foyers avaient des contacts importants.

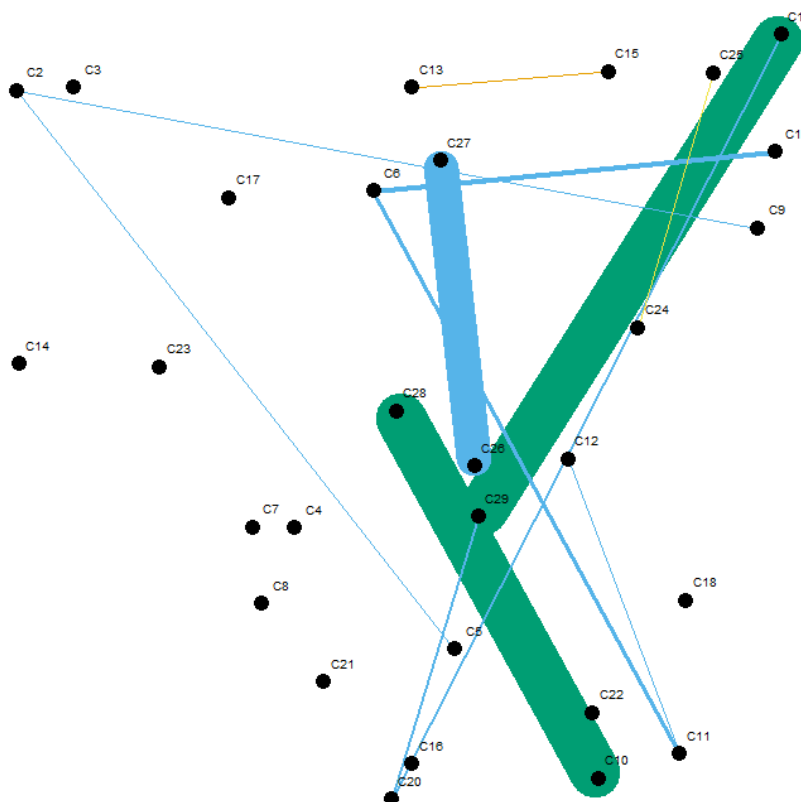
En ce qui concerne les caractéristiques intra-réseau, le chien 20 avait la centralité de degré la plus élevée avec neuf liens, suivi des chiens 29 et 19 qui totalisaient huit liens (Annexe 7). Par ailleurs, les chiens quatre et 48 avaient la centralité de proximité la plus élevée avec une valeur de 0,2. Quant à la centralité d'intermédiarité, le chien 11 totalisait la plus élevée avec 582. Concernant l'ensemble du réseau, l'index de centralité de proximité n'était pas défini, car le chien 16 ne comptabilisait aucun lien. L'index de centralité de degré était de 0,065 et l'index de centralité d'intermédiarité était de 0,1.

Un second réseau a été réalisé à partir de ce réseau direct, en ne prenant en compte que les 29 chiens dont les propriétaires ont pu être interrogés par questionnaire de façon à pouvoir plus facilement le comparer aux réseaux d'affiliation précédemment présentés. La représentation graphique est donnée par la Figure 16.



**Figure 16 : Représentation graphique du réseau direct limité aux 29 chiens des questionnaires**

Chaque point représente un chien, numérotés de C1 à C29, chaque trait représente un contact entre deux chiens, l'épaisseur du trait étant proportionnelle au temps passé en contact sur une semaine (sauf pour les traits verts). La couleur du trait correspond au type d'interaction : le bleu correspond à une interaction amicale, le jaune correspond à une interaction neutre, le orange correspond à une interaction agressive. Le vert concerne les chiens vivant dans le même foyer et proménés ensemble, ces liens ne sont pas pondérés, mais les chiens sont considérés comme étant en contact en permanence (épaisseur importante arbitraire du lien).



Ce réseau étant limité aux 29 chiens des questionnaires, le nombre de nœuds était donc réduit à 29. De nombreux chiens n'étaient pas reliés au reste du réseau car ils n'avaient pas de contacts rapportés avec les chiens des questionnaires. La taille du réseau était nettement plus réduite que le précédent réseau direct, avec 12 liens en tout. Le diamètre était de trois liens, avec une longueur de chemin moyen de 1,3 liens. Ainsi, en comparant au réseau direct précédent, les chemins étaient plus courts, mais le réseau comportait toujours peu de contacts par rapport aux nombre de chiens. Le nombre de composantes était de 18 avec une moyenne de 1,6 chiens par composante, montrant que le réseau était toujours fragmenté. Le réseau était aussi peu dense, avec une densité de 0,03 ; ce qui est légèrement supérieur au précédent réseau direct. La transitivité était de 0,5 ; il y avait donc un peu plus de triangles fermés sur l'ensemble du réseau que pour le réseau précédent. La grande majorité des contacts étaient amicaux, seulement un contact agressif et un contact neutre étaient rapportés. Les deux paires de chiens vivant dans les mêmes foyers étaient aussi représentés et avaient toujours un lien important.

En ce qui concerne les caractéristiques intra-réseau, les chiens avec la centralité de degré la plus élevée correspondaient aux chiens deux, six, 11, 19, 20 et 29 qui comptaient chacun deux liens

(Annexe 8) : le chien 20 avait donc le degré le plus élevé dans les deux réseaux, bien que d'autres chiens fussent aussi importants. De plus, les chiens avec la centralité de proximité la plus élevée correspondaient aux chiens 13 et 15, avec une valeur égale à un, ce qui différait des résultats apportés par le réseau direct précédent. Les chiens ayant la centralité d'intermédiarité la plus élevée correspondaient aux chiens six et 11 avec un total de deux : le chien 11 avait aussi la centralité d'intermédiarité la plus élevée dans le réseau précédent. Deux autres chiens (C2 et C20) avaient une centralité d'intermédiarité égale à un et le reste des chiens avaient une centralité d'intermédiarité égale à zéro. Concernant l'ensemble du réseau, l'index de centralité de degré était de 0,042, et l'index de centralité d'intermédiarité était de 0,005. À nouveau, l'index de centralité de proximité n'était pas défini car 11 chiens n'étaient pas reliés au réseau.

Ainsi, ces deux réseaux directs montraient une densité et une transivité relativement faibles, avec une taille plus réduite, surtout pour le réseau direct à 29 chiens. Ce dernier comptait aussi des chemins plus courts que le réseau direct complet, ce qui pourrait s'expliquer par le calcul effectué : de nombreux liens étant inexistant, ils n'étaient pas comptabilisés dans le calcul de cet indicateur (sinon la valeur renvoyée correspondrait à l'infini). Les deux réseaux étaient aussi très fragmentés, avec un nombre de composantes important. Les contacts amicaux et neutres étaient nettement majoritaires. Les chiens les plus centraux étaient assez différents dans les deux réseaux.

### ***c. Comparaison des résultats obtenus par les deux méthodes***

Les quatre réseaux obtenus montraient ainsi des caractéristiques très différentes résumées dans le Tableau 19. Le nombre de nœuds était le même pour la plupart des réseaux, sauf pour le réseau direct qui incluait des chiens n'appartenant pas aux propriétaires interrogés par questionnaire. Les réseaux d'affiliation avaient une taille plus importante que les réseaux directs : ils comportaient nettement plus de liens entre chiens que les réseaux directs, qui étaient au contraire très peu connectés, notamment le réseau direct à 29 chiens. De plus, les réseaux directs étaient aussi beaucoup plus fragmentés que les réseaux d'affiliation avec un nombre de composantes élevé : nettement plus de chiens étaient isolés en plus ou moins petits groupes dans ces réseaux. Le diamètre du réseau et la longueur du chemin moyen, sans prendre en compte la pondération, étaient les plus élevés dans le réseau direct. Cependant pour le réseau direct limité à 29 chiens, la principale différence avec les autres réseaux résidait dans des liens beaucoup moins nombreux, et une densité plus faible. De même, le réseau direct complet comportait aussi une densité plutôt faible par rapport aux réseaux d'affiliation. Par ailleurs, la densité était la plus élevée dans le réseau d'affiliation complet par rapport au réseau d'affiliation limité aux lieux de regroupement, tout comme la transivité. Dans les réseaux directs, la transivité était aussi nettement inférieure aux réseaux d'affiliation.

En ce qui concerne les index de centralité, l'index de centralité de proximité n'était défini que pour le réseau d'affiliation complet, les autres réseaux comportant des chiens n'étant pas reliés au reste du réseau. L'index de centralité de degré était le plus élevé dans le réseau d'affiliation limité aux lieux de regroupement, même s'il restait peu élevé : certains chiens avaient donc une centralité de degré plus élevée que d'autres, donnant un réseau plus centré autour de certains chiens clés. L'index de centralité de degré était aussi plus élevé dans le réseau d'affiliation complet, bien qu'assez éloigné de la valeur maximale égale à un. En revanche, l'index de centralité de degré était très faible dans les réseaux directs, ce qui montrait que ces réseaux étaient plutôt décentralisés, avec des degrés relativement similaires entre les nœuds. Pour les index de centralité d'intermédiarité, les valeurs étaient assez basses pour tous les réseaux : les chemins les plus courts

étaient équitablement répartis entre les nœuds, même si la valeur de l'index d'intermédiarité du réseau direct était un peu plus élevée que dans les autres réseaux.

**Tableau 19 : Comparaison des indicateurs inter-réseaux**

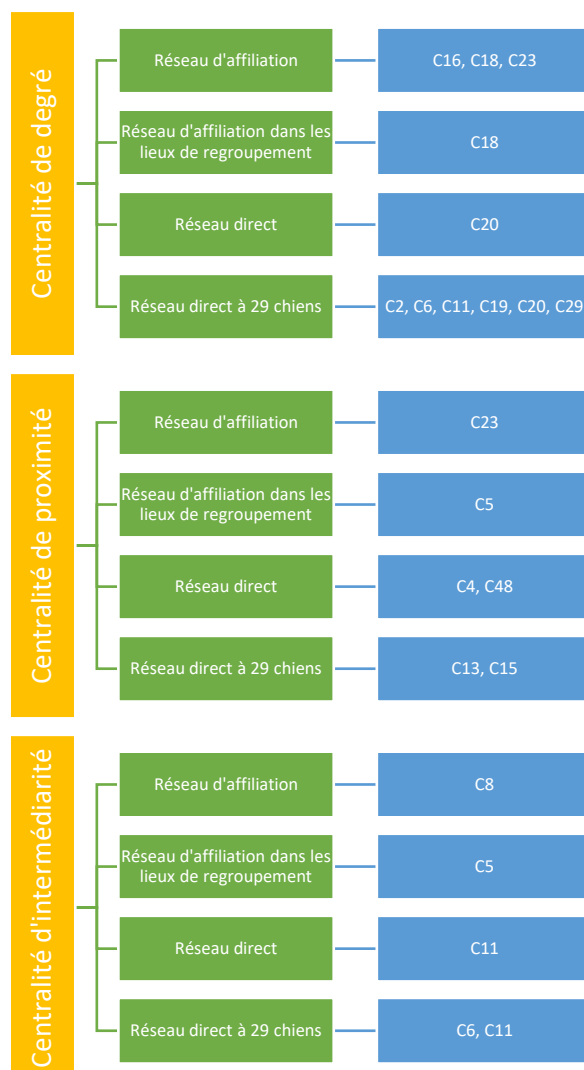
Indicateurs	Réseau d'affiliation	Réseau d'affiliation limité aux lieux de regroupements	Réseau direct	Réseau direct à 29 chiens
<b>Nombre de nœuds</b>	29	29	106	29
<b>Taille</b>	303	176	115	12
<b>Diamètre</b>	2	3	13	3
<b>Longueur du chemin moyen</b>	1,253	1,474	4,788	1,313
<b>Nombre de composantes</b>	1	4	12	18
<b>Taille moyenne des composantes</b>	29	7,25	8,83	1,61
<b>Densité</b>	0,746	0,433	0,021	0,030
<b>Index de centralité de degré</b>	0,218	0,424	0,065	0,042
<b>Index de centralité de proximité</b>	0,32	NA*	NA*	NA*
<b>Index de centralité d'intermédiarité</b>	0,02	0,067	0,100	0,005
<b>Transitivité</b>	0,829	0,715	0,240	0,500

\*NA : non applicable

Par ailleurs, les chiens les plus centraux dans chacun des réseaux étaient assez différents, comme le montre la Figure 17. Certains chiens les plus centraux, pour la centralité de degré et d'intermédiarité, étaient identiques dans le cadre d'une même méthode : par exemple le chien 18 avait la centralité de degré la plus élevée dans les deux réseaux d'affiliation (bien que d'autres chiens aient une centralité de degré aussi élevée pour le réseau d'affiliation complet). En revanche, les chiens ayant la centralité de degré et d'intermédiarité la plus élevée différaient systématiquement entre les réseaux directs et les réseaux d'affiliation. Pour la centralité de proximité, les chiens les plus centraux étaient tous différents selon les réseaux.

### Figure 17 : Comparaison des chiens les plus centraux dans les différents réseaux étudiés

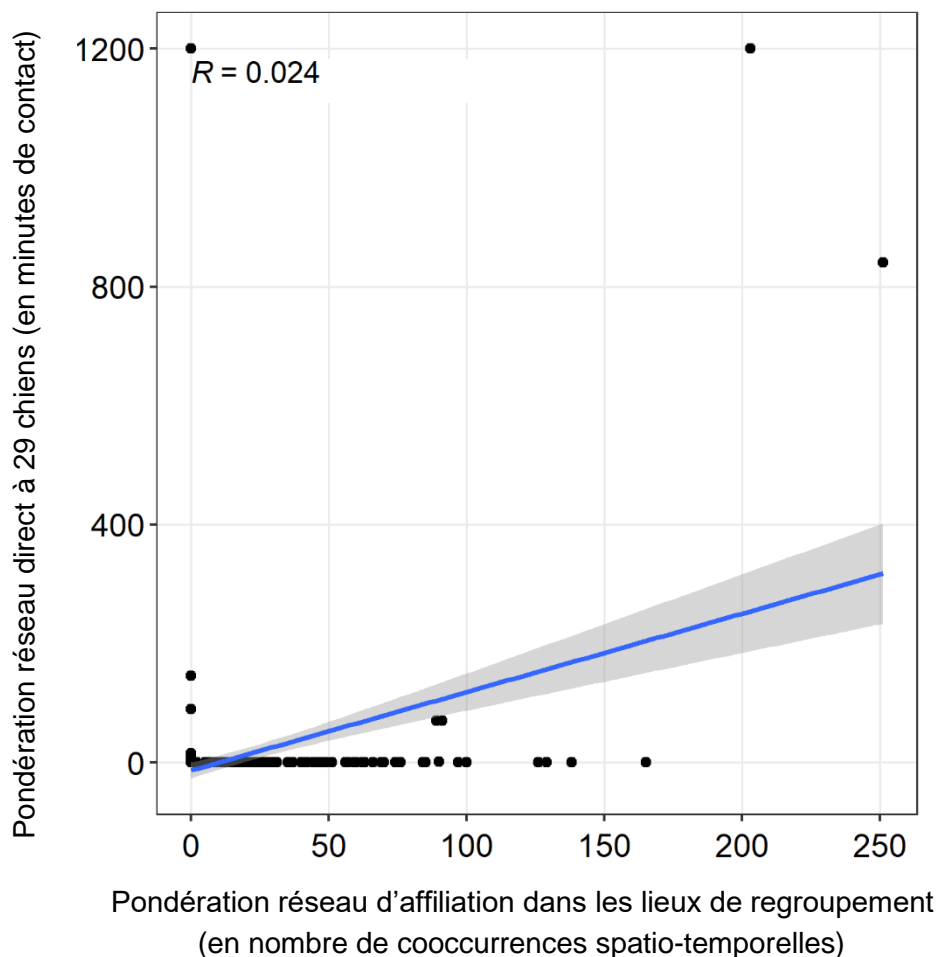
Les chiens sont numérotés de C1 à C107 (absence de C30), les cases en bleu représentent les chiens les plus centraux selon la centralité correspondante (en jaune) dans un réseau donné (en vert).



Un graphique de corrélation des pondérations du réseau direct à 29 chiens et du réseau d'affiliation dans les lieux de regroupement a été réalisé (Figure 18). Il montrait une absence de corrélation entre les pondérations, étant donné une répartition très hétérogène des points et un coefficient de corrélation de Spearman proche de zéro. De nombreux liens entre chiens n'étant pas présents dans le réseau direct à 29 chiens, une majeure partie des pondérations avaient comme valeur zéro dans ce réseau, contrairement au réseau d'affiliation dans les lieux de regroupement.

**Figure 18 : Graphique de corrélation de la pondération des liens du réseau direct limité aux 29 chiens des questionnaires et du réseau d'affiliation dans les lieux de regroupement**

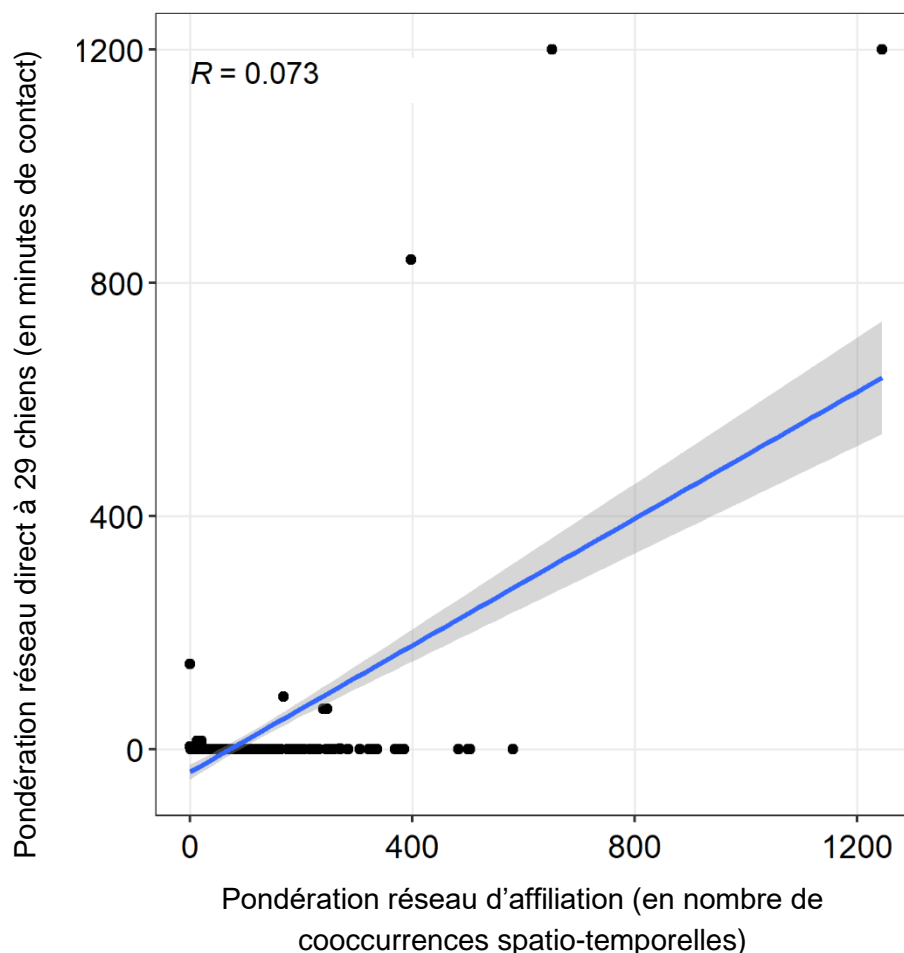
Chaque point représente un lien du réseau, en abscisse est donnée sa pondération d'après le réseau d'affiliation dans les lieux de regroupement et en ordonnée sa pondération en fonction du réseau direct à 29 chiens. Un lien non existant entre deux chiens se voyait attribuer une valeur égale à zéro. La droite bleue correspond à une droite de régression linéaire et l'aire grise à l'intervalle de confiance à 95 % associé. Le R correspond à la valeur du coefficient de Spearman.



Un autre graphique de corrélation des pondérations a été réalisée entre les pondérations du réseau direct à 29 chiens et celles du réseau d'affiliation complet (Figure 19). À nouveau, aucune corrélation n'était observée entre les pondérations de ces deux réseaux, la répartition des points étant aussi hétérogène et la valeur du coefficient de Spearman étant proche de zéro. De même, une majorité des pondérations du réseau d'affiliation avaient comme valeur zéro dans le réseau direct.

**Figure 19 : Graphique de corrélation de la pondération des liens du réseau direct limité aux 29 chiens des questionnaires et du réseau d'affiliation total**

Chaque point représente un lien du réseau, en abscisse est donnée sa pondération d'après le réseau d'affiliation et en ordonnée sa pondération en fonction du réseau direct à 29 chiens. Un lien non existant entre deux chiens se voyait attribuer une valeur égale à zéro. La droite bleue correspond à une droite de régression linéaire et l'aire grise à l'intervalle de confiance à 95 % associé. Le R correspond à la valeur du coefficient de Spearman.



Ainsi, les différentes méthodes de reconstruction des réseaux de contacts entre chiens semblaient apporter des résultats relativement hétérogènes, montrant des disparités dans les caractéristiques et la structure des réseaux. Ces disparités, discutées par la suite, pourraient avoir plusieurs origines, inhérentes aux méthodes ou à la collecte des données de réseau.

## 4. Discussion

Les données apportées par les questionnaires ont permis de décrire les chiens impliqués dans le réseau ainsi que leurs propriétaires, et de reconstituer, de deux façons différentes, quatre réseaux de contacts entre chiens. Il s'agit donc de discuter les méthodes employées dans l'étude, et d'interpréter les résultats obtenus, en évoquant les différents biais de l'étude et en comparant les résultats avec la littérature.

### A. Sur le matériel et les méthodes

Dans un premier temps, le choix de la zone d'étude permettait de décrire un réseau dans une zone urbaine, ce qui avait été très peu réalisé au sein d'un pays développé comme la France. Une étude similaire de Westgarth *et al.* (2009) portait sur une zone plutôt semi-rurale dans une communauté du Cheshire, au Royaume-Uni. Dans notre étude, le contexte urbain pouvait néanmoins amener à offrir moins d'espaces propices à la promenade de chiens, ce qui pouvait conduire à une concentration importante des chiens dans certains espaces. Cet effet s'observait déjà en milieu semi-rural (Westgarth *et al.*, 2009), avec une importante concentration des chiens dans certaines aires de la zone étudiée. Dans notre étude, cette concentration des chiens dans certains espaces pouvait néanmoins permettre de cibler les zones à investiguer pour administrer les questionnaires, par exemple à proximité des parcs canins et des espaces verts. Dans ce type de lieux, les contacts canins pouvaient ainsi être facilités, contrairement aux rues : ainsi, le fait d'avoir choisi une zone comportant ces différents types de lieux (rues, espaces ouverts, parcs canins), permettait de multiplier les contextes de contacts entre chiens. Cependant, les espaces majoritaires restaient tout de même les rues, qui étaient moins propices aux contacts entre chiens : en effet, les rues correspondent davantage à des lieux de transit, probablement peu propices aux contacts entre chiens. De plus, la promenade des chiens s'effectuait le plus souvent en laisse dans ce type de lieu, ce qui pouvait aussi être défavorable aux contacts entre chiens. Il était donc intéressant de se centrer aussi sur l'étude des contacts entre chiens au sein des lieux de regroupement canin (c'est-à-dire les espaces ouverts et les parcs canins mentionnés en Figure 8). Par ailleurs, dans l'étude de Westgarth *et al.* (2009), les limites de la zone choisie comportaient surtout des limites naturelles bien définies : dans notre étude, les limites de la zone étaient aussi bien définies, mais plutôt par des infrastructures humaines, avec de grands axes routiers difficilement traversables à pied. Ainsi, cela permettait d'émettre l'hypothèse qu'une majeure partie des propriétaires de chiens habitant dans le quartier effectuaient leurs promenades quotidiennes à l'intérieur de la zone d'étude. La taille de la zone était nettement moins importante que dans l'étude de Westgarth *et al.* (2009) : en effet, la surface couverte était d'environ 0,5 km<sup>2</sup> dans notre étude, alors qu'elle était d'environ 12 km<sup>2</sup> dans l'étude de Westgarth *et al.* (2009). Cela permettait néanmoins de faciliter les déplacements dans la zone afin d'interroger les propriétaires, méthode qui différait de celle de Westgarth *et al.* (2009).

En ce qui concerne la population d'étude, elle était déterminée par toute personne majeure promenant son ou ses chien(s) au sein de la zone d'étude. Cela permettait d'inclure les personnes n'étant pas nécessairement propriétaires du ou des chien(s) qu'elles promenaient, et donc d'obtenir les données relative à un maximum des chiens du réseau. Le fait de sélectionner les chiens en promenade excluait de fait les chiens errants, cependant ils restent très minoritaires en France (Crozet *et al.*, 2022), et aucun chien errant n'a été rencontré pendant toute la durée de l'étude. Cela excluait aussi les chiens qui ne sortaient pas, ou très peu, cependant il était possible de faire

l'hypothèse que ces derniers avaient un impact très faible sur le réseau de contacts. De plus, il était possible que ces chiens fussent peu nombreux en zone urbaine, étant donné une moindre proportion de logements avec des jardins. Enfin, pour des raisons d'éthique, seuls les propriétaires de plus de 18 ans pouvaient remplir le questionnaire : les chiens promenés par des propriétaires mineurs étaient donc exclus de l'étude, à moins de pouvoir rencontrer les représentants légaux.

Concernant l'estimation de la taille de la population cible, la méthode était relativement simple à mettre en place, avec une série de trois observations simples. Cependant, l'une des limites principale était la reconnaissance des chiens « recapturés » : l'opératrice pouvait classer un chien comme capturé pour la première fois alors qu'il l'avait déjà été, ou inversement. Ainsi, ce type d'erreur pouvait affecter la qualité de l'estimation. De même, il pouvait être difficile de noter tous les chiens rencontrés si ces derniers étaient nombreux à se présenter au même moment. Pour l'analyse des données de type « capture – recapture », les modèles incluant les hypothèses d'hétérogénéité et de variation temporelle de la probabilité de capture semblaient être les plus adaptés, la probabilité de capture étant hétérogène selon les chiens et variait en fonction du temps.

Par la suite, la méthode par questionnaire apportait plusieurs avantages, avec en premier lieu une certaine facilité de mise en place. En effet, la modalité d'administration du questionnaire impliquait une rencontre directe avec les propriétaires lors de leurs promenades quotidiennes, ce qui permettait de cibler directement les chiens appartenant à la population étudiée. Interroger toutes les personnes se trouvant à pied dans la zone d'étude aurait aussi pu permettre de recenser des propriétaires de chiens appartenant à la population cible, cependant cette méthode aurait été trop chronophage. Même en ciblant les propriétaires de chiens en promenade, il était difficile d'être exhaustif : en effet, l'aire couverte par une opératrice unique était assez limitée, et le temps de remplissage du questionnaire ne permettait pas d'interroger beaucoup de propriétaires en une session. De plus, peu de propriétaires de chiens étaient rencontrés à chaque session d'administration du questionnaire, malgré une densité de chiens a priori plutôt importante : cela pourrait s'expliquer par le fait que, chez certains propriétaires, les lieux de promenade choisis pouvaient se situer à la limite ou en dehors de la zone d'étude, que les horaires de promenade pouvaient ne pas correspondre aux horaires d'administration du questionnaire, ou encore que la fréquence et la durée des promenades étaient très restreintes. Par ailleurs, le fait qu'une seule opératrice était dédiée à l'administration du questionnaire permettait que les questions soient toutes posées de la même façon, et que les données soient récoltées sous le même format : l'avantage était que les données étaient ainsi davantage standardisées (limitation du biais de mesure). Cependant, le fait d'avoir une opératrice unique pouvait introduire des biais, notamment avec une sélection de certains propriétaires à interroger en priorité par rapport à d'autres. Concernant la période choisie, les sessions d'administration du questionnaire se situaient en dehors des vacances scolaires, notamment afin de ne pas omettre des propriétaires partis en vacances et afin d'obtenir les trajets de promenade les plus habituels. Cependant, la période d'administration du questionnaire était assez longue (plus de six mois de la première à la dernière session), ce qui a pu amener à des erreurs dues au fait que certains propriétaires ont pu, dans ce laps de temps, quitter la zone, où changer leurs habitudes de promenade. De plus, le temps d'administration du questionnaire, bien que raccourci, était relativement long : de nombreux propriétaires n'ont pas accepté d'y répondre par manque de temps, et certains propriétaires avaient tendance à fournir des réponses moins précises dans les dernières parties du questionnaire (notamment la partie concernant la description des chiens rencontrés). Dans la partie du questionnaire qui concernait la description des chiens, les questions posées demeuraient relativement simples et compréhensibles dans l'ensemble. Si l'âge



et/ou la race du chien n'étaient pas connues, d'autres options de réponse décrivaient l'âge approximatif et le format du chien. Cependant, pour les races de chiens, les réponses se fondaient sur les dires des propriétaires, et il n'était pas précisé si les chiens de pure race appartenaient ou non au LOF. Le classement dans les différentes catégories ne différenciait donc pas les chiens croisés des chiens de race pure. Un chien croisé était classé dans la catégorie de la race à laquelle il s'identifiait le plus. Cette méthode était plutôt imprécise mais permettait d'avoir une idée globale des catégories de chiens majoritaires. En ce qui concerne les données médicales, la plupart des propriétaires ne connaissaient pas le nom des vaccins administrés chaque année à leur chien, mais affirmaient qu'ils faisaient bien vacciner leur animal annuellement. Il était donc fait l'hypothèse que ces vaccins correspondaient aux vaccins usuels (maladie de Carré, hépatite de Rubarth, parvovirose et leptospirose). Une question sur d'éventuelles maladies chroniques dont pouvaient être atteints les chiens permettait de vérifier si de telles pathologies étaient présentes dans l'échantillon et pouvaient influencer les promenades.

Dans la partie du questionnaire qui concernait les promenades, l'ensemble des questions permettait de décrire les caractéristiques des promenades dans la zone d'étude, mais aussi en dehors de la zone d'étude. Cela permettait notamment de mesurer la proportion et les caractéristiques des promenades à l'extérieur de la zone d'étude, qui pouvaient ajouter des contacts avec des chiens extérieurs au réseau. Ainsi, les contacts à l'extérieur de la zone d'étude, ainsi que les contacts autres (comme à travers un grillage par exemple) étaient pris en compte dans le questionnaire, mais sans pouvoir identifier exactement les chiens impliqués. Le questionnaire ne comportait pas de questions spécifiques sur d'éventuels départs en vacances ou en week-end avec le chien : d'autres contacts extérieurs au réseau pouvaient intervenir dans ce contexte, néanmoins la longueur importante du questionnaire justifiait de ne pas pouvoir inclure de telles questions. Les contacts ayant lieu dans les lieux de regroupement canin étaient eux bien pris en compte, tout comme les contacts ayant lieu lors de visites de proches.

Une autre partie du questionnaire permettait la reconstruction du réseau par affiliation. La méthode était assez simple, et consistait à demander aux propriétaires de tracer sur une carte papier les trajets effectués chaque jour de la semaine. Cela permettait de ne pas avoir à décrire oralement les trajets effectués, même si certaines personnes montraient quelques difficultés à s'orienter sur la carte. L'un des inconvénients de ce tracé sur une carte papier concernait notamment les personnes malvoyantes ou non voyantes qui possédaient un chien guide : il s'avérait compliqué de les inclure dans l'étude en utilisant cette méthode. Une personne, n'ayant pas pu être interrogée, était dans ce cas. De plus, pour plusieurs propriétaires, les horaires des promenades pouvaient nettement varier selon les semaines. Il était donc difficile pour ces personnes de donner leurs horaires de promenade exacts.

Dans la partie du questionnaire qui concernait la reconstruction du réseau par méthode directe, l'objectif pour les propriétaires était de lister tous les chiens avec lesquels ils étaient en contact en général sur une semaine. Cette méthode, plutôt simple, bien que très sujette à un certain biais de mémoire, permettait de récolter aussi les informations de durée de contact approximative, ainsi que le type de contact mis en jeu (amical, agressif ou neutre). Cela apportait donc des informations supplémentaires par rapport à la méthode par affiliation. La définition de contact utilisée correspondait à « toute interaction amicale, neutre ou agressive ». Cependant, même si cette définition était rappelée à tous les propriétaires, elle pouvait être mal comprise. Ainsi, certains propriétaires pouvaient par exemple omettre certains contacts neutres très courts (par oubli ou parce

qu'ils ne considéraient pas cette interaction comme significative) ou au contraire inclure des chiens croisés de loin avec lesquels leur chien n'interagissait pas réellement. Étant donné le peu de temps imparti, il était difficile d'évaluer la bonne compréhension de tous les propriétaires au moment de l'administration du questionnaire. Par ailleurs, il était très difficile pour les propriétaires de se souvenir de tous les chiens croisés au cours d'une semaine, notamment parce que ces derniers pouvaient varier d'une semaine à l'autre. De même, les données de temps et de fréquence de contacts pouvaient être très approximatives : certains propriétaires évaluaient difficilement le temps de contact entre chiens, et la question sur le nombre de contacts moyen sur une semaine pouvait s'avérer difficile à comprendre pour certains propriétaires.

La première méthode d'analyse du réseau de contacts entre chiens de la zone correspondait à une méthode par affiliation : le principe d'analyse était assez simple, et consistait en une vérification d'une cooccurrence spatio-temporelle entre chiens. Les contacts entre chiens étaient donc des contacts supposés, et non des contacts avérés. Il n'était pas possible d'avoir la confirmation que le contact avait effectivement eu lieu en utilisant cette méthode. Néanmoins, des chiens fréquentant les mêmes espaces pouvaient tout de même transmettre des agents pathogènes de façon indirecte. Ces données de contacts « potentiels » restaient donc pertinentes pour étudier la transmission de certaines maladies infectieuses. Dans le cadre de la méthode en elle-même, la zone a été divisée en fonction des rues et des différents espaces d'intérêts, contrairement à l'étude de Westgarth *et al.* (2009), où la zone était découpée en une grille constituée de carrés de 125 m de côté. Cela permettait de simplifier les analyses, une rue étant en général parcourue dans son ensemble au cours d'une promenade, jusqu'à une intersection. C'est donc cette division qui a été choisie afin de simplifier les analyses. Cependant, en ce qui concerne la localisation, il pouvait y avoir des imprécisions : en effet, il était considéré qu'un chien pouvait se trouver sur n'importe quelle portion du parcours dans un même créneau horaire. Or, cette hypothèse était imprécise, la vitesse de marche n'étant pas prise en compte. Cela permettait de simplifier nettement les analyses mais rendait la localisation d'un chien peu précise. Néanmoins, il était difficile d'inclure cette donnée dans le modèle, la vitesse de marche étant très variable d'un propriétaire à l'autre, mais aussi d'un chien à l'autre. Par ailleurs, le recueil de ces données sur les promenades a été effectué avec une résolution temporelle de 15 minutes pour chaque chien, chaque aire et chaque jour de la semaine, ce qui pourrait être considéré comme une résolution fine. Une pondération du réseau était possible, en utilisant le nombre de contacts potentiels par aire et par créneau de 15 minutes sur une semaine, néanmoins cette méthode ne permettait pas de fournir de données sur le temps de contact exact, seulement un nombre probable de rencontres sur une semaine. Or, deux chiens pouvaient avoir une partie de leur trajet de promenade en commun, et donc pouvaient avoir plusieurs contacts possibles à différents endroits au même moment.

La seconde méthode d'analyse du réseau de contacts correspondait à la méthode directe : contrairement à la méthode précédente, les contacts recensés étaient des contacts avérés et non supposés, car décrits directement par les propriétaires. Afin de pouvoir repérer un lien entre deux chiens, une description précise du chien et de son propriétaire était nécessaire. Parfois, le propriétaire connaissait le nom du chien rencontré, ce qui pouvait faciliter son identification dans les différents questionnaires. Néanmoins, les descriptions étaient en général assez imprécises et de nombreux chiens n'ont pas pu être appariés entre les questionnaires, notamment par manque de détails dans les descriptions. En effet, un certain nombre de propriétaires avaient une connaissance assez partielle des races de chiens, ce qui compliquait la description. Par ailleurs, la description des propriétaires des chiens rencontrés pouvait aiguiller les investigations mais ne permettait pas

d'identifier un chien de façon certaine, la personne promenant le chien pouvant varier au cours du temps. Les chiens rencontrés lors de visites de proches n'ont pas été rajoutés au réseau, les descriptions obtenues étant souvent très imprécises, et concernaient la plupart du temps des rencontres de chiens à l'extérieur de la zone d'étude. Tous les chiens cités correspondaient à des chiens rencontrés sur le lieu de promenade habituel, c'est-à-dire dans la zone d'étude : les chiens rencontrés en dehors de la zone d'étude n'étaient donc pas non plus inclus dans le réseau. Néanmoins leur prise en compte aurait pu nettement compliquer les analyses.

## **B. Sur les résultats**

### **a. Analyse descriptive**

Sur l'ensemble des personnes interrogées, moins de la moitié ont accepté de répondre au questionnaire : ce taux de réponse était plutôt faible étant donné la recherche d'exhaustivité du réseau. Dans leur étude, Westgarth *et al.* (2009) avaient obtenu un taux de réponse nettement plus satisfaisant, autour de 82 % des foyers propriétaires de chiens recrutés dans l'étude. Dans notre étude, beaucoup de propriétaires avaient refusé de répondre au questionnaire, souvent par manque de temps, et n'ont pas honoré les rendez-vous ultérieurs proposés. Les raisons de ce manque de réponse pouvaient être un manque de motivation de participation à l'étude, un questionnaire long, ou un contexte de démarchage sur la voie publique peu propice à la discussion. Il est aussi possible que certaines personnes ne pensaient pas être exemplaires dans la gestion des promenades de leur chien et donc refusaient de participer par crainte du jugement d'autrui. Dans ce cas, il est possible que cela implique un biais d'échantillonnage, avec une représentation plus importante des chiens promenés souvent ou avec une meilleure sociabilisation. Ce faible taux de réponse impliquait une représentation très partielle des réseaux de contact, avec beaucoup de données manquantes.

Au sujet de l'estimation de la taille de la population cible (modèles « capture – recapture »), les résultats étaient très imprécis, et même les estimations les plus basses n'incluaient pas le chiffre des 29 chiens issus des questionnaires : cela confirmait que le réseau de contacts obtenu était incomplet, et aurait nécessité l'obtention de questionnaires supplémentaires.

En ce qui concerne l'analyse descriptive des foyers, une majorité des foyers ne possédait qu'un seul chien, un chiffre supérieur à l'étude menée au Royaume-Uni (Westgarth *et al.*, 2007) : cela pourrait s'expliquer par le contexte urbain de la zone étudiée, moins favorable à la possession de chiens (Downes *et al.*, 2009). De plus, près des trois quarts des foyers ne possédaient pas d'autres animaux, et les autres animaux possédés correspondaient en majorité aux chats, ce qui rejoignait les chiffres d'Ifop/Woopets (2020). Une minorité des foyers avait des enfants encore présents dans le foyer : cela pouvait s'expliquer par le fait que les foyers avec des enfants en bas-âge était un facteur défavorisant la possession de chiens, même si la présence d'enfants entre six et 19 ans pouvait être un facteur favorisant d'après certaines études (Murray *et al.*, 2010 ; Westgarth *et al.*, 2007). Une majorité des foyers se composait de plus de deux personnes, ce qui pouvait s'expliquer par le fait que l'augmentation de la taille du foyer était un facteur favorisant la possession de chiens (Downes *et al.*, 2009 ; Westgarth *et al.*, 2007). Par ailleurs, une grande majorité des propriétaires vivaient en appartement et ne possédaient pas de jardin, ce qui pouvait s'expliquer par le contexte urbain de la zone d'étude.

Pour ce qui est de l'analyse descriptive des propriétaires interrogés, la grande majorité des répondants était des femmes : plusieurs hypothèses pouvaient expliquer ce résultat. Tout d'abord,

le fait d'avoir une propriétaire de sexe féminin était un facteur favorisant la possession de chien (Murray *et al.*, 2010). De plus, il était possible d'émettre l'hypothèse que la promenade était davantage réalisée par les femmes que par les hommes, ou que les femmes avaient davantage tendance à accepter de répondre au questionnaire que les hommes, comme cela a pu être le cas dans une enquête en ligne au Portugal (Prata, 2020). De plus, au sujet de l'âge des répondants, une grande majorité était plutôt âgée, avec un tiers des personnes ayant plus de 60 ans : or, l'âge était plutôt un facteur défavorisant la possession de chien (Murray *et al.*, 2010). Cependant, les personnes de plus de 60 ans étaient le plus souvent à la retraite, et déclaraient ainsi avoir plus de temps pour répondre au questionnaire, ce qui pourrait expliquer leur représentation importante. Cela expliquerait aussi qu'un tiers des propriétaires interrogés étaient des retraités, cette catégorie de personne ayant davantage tendance à accepter de répondre au questionnaire. L'autre catégorie socio-professionnelle la plus représentée était les cadres et professions intellectuelles supérieures, une catégorie de personnes très représentée dans la commune du Kremlin-Bicêtre, avec 22 % en 2020 d'après l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee, 2024). Le niveau d'activité physique était de moins d'une heure par semaine, pour une majorité des répondants, ce qui pouvait aussi s'expliquer par l'âge avancé de certains propriétaires.

En ce qui concerne la description des chiens du réseau, une grande majorité était des mâles, ce qui n'était pas nécessairement le cas dans la littérature, où les mâles pouvaient être légèrement plus représentés que les femelles, même si ces données pouvaient varier d'un pays à l'autre (Anderson *et al.*, 2023). De plus, la stérilisation était plus importante chez les femelles que chez les mâles, ce qui était similaire aux données de la littérature (Anderson *et al.*, 2023 ; Downes *et al.*, 2009 ; Horisberger *et al.*, 2004 ; Slater *et al.*, 2008). L'âge médian était plutôt inférieur aux données de la littérature, tout comme l'âge moyen (Anderson *et al.*, 2023 ; I-CAD, 2023). Un tiers des chiens appartenait à des races du groupe neuf, qui sont les chiens d'agrément et de compagnie. Parmi les races de chiens représentées, trois races appartenaient aux races les plus représentées dans le fichier national d'identification (I-CAD, 2023) : le Yorkshire Terrier, le Chihuahua et le Jack Russell Terrier. Le format des chiens était en général petit ou moyen, ce qui pouvait s'expliquer par le contexte urbain de la zone d'étude : les propriétaires pourraient avoir plutôt tendance à adopter des petits chiens, notamment par manque de place au sein des logements. Les chiens étaient adoptés en grande majorité comme chiens de compagnie, un chiffre supérieur aux données recueillies en Italie (Slater *et al.*, 2008). Cela pouvait entre autres s'expliquer par certaines situations particulières, comme le fait qu'il n'avait pas été possible d'interroger une personne malvoyante qui possédait un chien de travail, et par le contexte urbain, qui n'était pas nécessairement propice à la présence de chiens de chasse par exemple.

Les données sur la médicalisation des chiens montraient que les chiens étaient en général très médicalisés, avec un recours important à la vaccination préventive : ce niveau de médicalisation était supérieure aux chiffres de 2019 (Ipsos/SantéVet, 2019), sauf en ce qui concerne la rage, où les chiffres de la vaccination étaient légèrement inférieurs à ceux de Crozet *et al.* (2022). Cela pouvait s'expliquer par le fait que les vétérinaires n'encourageraient cette vaccination qu'en cas de voyage, la France étant un pays indemne de rage. Par ailleurs, la vaccination contre la toux de chenil ne concernait qu'un chien sur cinq, ce qui pourrait favoriser la diffusion de ces agents pathogènes, notamment en cas de contacts fréquents avec de jeunes chiens (Anderson *et al.*, 2019). La vermifugation et le traitement contre les parasites externes était assez importants par rapport aux données de la littérature (Ipsos/SantéVet, 2019). La fréquence de vermifugation suivait globalement

les recommandations minimales de l'ESCCAP qui étaient une vermifugation d'une à deux fois par an pour les animaux peu exposés (ESCCAP France, 2023).

Des interactions agressives entre chiens pouvaient être notées pour quelques individus, surtout entre chiens inconnus : cela pourrait favoriser la transmission de maladies infectieuses dans le réseau, notamment en ce qui concerne la rage. Néanmoins, ces comportements étaient minoritaires, et les propriétaires avaient une large tendance à avoir leur chien en laisse ou *a minima* dans leur champs de vision, ce qui pourrait limiter les risques d'agression. De même, quelques comportements agressifs envers des personnes inconnues pouvaient être notés, ce qui pourrait constituer un risque de transmission de zoonoses comme la rage. Néanmoins, ces comportements restaient également très peu fréquents. Les comportements envers les autres chiens et chats du foyer étaient globalement amicaux : la proximité entre ces animaux pourrait cependant favoriser la transmission d'agents pathogènes au sein du foyer.

Au total sur une semaine, la moyenne du temps de promenade s'élevait à environ 840 minutes de promenade par semaine, des chiffres supérieurs à ceux décrits dans la littérature (Crozet *et al.*, 2022 ; Kwan *et al.*, 2019 ; Liao *et al.*, 2018). Cela pourrait s'expliquer par le contexte urbain de la zone d'étude, les promenades étant la seule façon pour les chiens d'être à l'extérieur, d'où un temps de promenade important. Concernant les modes de promenade, le pourcentage de chiens toujours en liberté était assez similaire à celui retrouvé dans la littérature (Westgarth *et al.*, 2008). De même, comme dans l'étude de Westgarth *et al.* (2008) menée au Royaume-Uni, la marche en semi-liberté était majoritaire, et une majorité des chiens libres étaient toujours dans le champ de vision du propriétaire.

Au sujet des interactions entre chiens lors des promenades, une grande majorité des propriétaires déclaraient avoir vu toutes les interactions de leur chien avec les autres chiens : les contacts restaient donc en majorité très contrôlés, et plus des deux tiers des propriétaires retenaient parfois leur chien pour éviter un contact. Les raisons exposées étaient variables, et différentes d'un propriétaire à l'autre. Le ressenti du propriétaire semblait être assez important dans la réaction face au croisement d'un autre chien.

Les lieux de regroupement canin étaient fréquentés par un peu moins des deux tiers des propriétaires, de façon régulière ou ponctuelle, le parc canin situé rue Danton étant le plus fréquenté. Ce chiffre est inférieur aux données de l'étude de Westgarth *et al.* (2009), où 9,8 % des foyers ne fréquentaient pas les espaces verts. Les endroits où les chiens étaient en liberté dans la zone d'étude correspondaient en grande majorité aux lieux de regroupement canin et aux espaces ouverts : cela justifiait donc de réaliser un réseau de contacts en se fondant sur ces lieux, où de nombreux chiens pouvaient *a priori* interagir plus librement. De plus, le temps moyen passé dans les lieux de regroupement constituait une partie non négligeable de la promenade, avec une moyenne de 36 minutes environ, et une majorité des chiens allaient au contact des autres chiens dans ce type de lieu. Ainsi, un pourcentage élevé de chiens fréquentait ces espaces plutôt restreints, sur des durées assez longues et en allant au contact des autres chiens, ce qui pourrait augmenter le risque de propagation d'agents pathogènes, de façon directe ou indirecte.

Le nombre de chiens différents rencontrés sur une semaine était d'environ 12 chiens, alors que le nombre total de contacts entre chiens sur une semaine était en moyenne de 43 contacts : ainsi, le nombre de contacts sur une semaine était très élevé, tout comme le nombre de chiens rencontrés, ce qui pourrait expliquer la difficulté des propriétaires à énumérer tous les chiens

rencontrés, ainsi que le temps de contact par semaine. Ainsi, pour tous les propriétaires qui ne pensaient pas pouvoir lister tous les chiens rencontrés en général sur une semaine, chaque chien était rencontré environ trois à quatre fois par semaine en moyenne, le chien rencontré le plus souvent étant rencontré tous les jours en moyenne, voire plusieurs fois par jour. Bien que beaucoup de chiens différents fussent rencontrés chaque semaine, assez peu ont été cités par les propriétaires dans le cadre du questionnaire.

Une majorité des propriétaires effectuaient aussi des promenades hors de la zone d'étude. Les lieux fréquentés étaient très variés et le temps passé en dehors de la zone était assez conséquent, avec plus de deux heures en moyenne par promenade. Ainsi, de nombreux contacts pouvaient avoir lieu en dehors de la zone d'étude. Le réseau de contacts étudié était donc d'autant plus incomplet car il n'était pas limité géographiquement. De plus, ce type de pratique peut contribuer à la diffusion d'agents pathogènes, et ce sur de grandes distances, notamment hors de la zone de promenade habituelle. Par ailleurs, le nombre de chiens rencontrés en dehors des promenades, que ce soit chez de la famille ou des amis, ou par d'autres manières, était relativement limité. De même, les contacts avec la faune sauvage étaient limités, et concernaient moins d'un quart des chiens, ce qui pourrait s'expliquer par le contexte urbain du réseau.

Après la pandémie de COVID-19, certains propriétaires décrivaient un changement dans leurs habitudes de promenade, avec une diminution de la fréquence des promenades, et un évitement des lieux propices aux contacts entre chiens. Ces données étaient similaires à celles observées par Christley *et al.* (2020).

#### ***b. Reconstruction des réseaux de contacts***

Le réseau d'affiliation complet était très connecté, avec une densité importante, ce qui rejoignait les résultats obtenus dans d'autres études sur des chiens errants (Warembourg *et al.*, 2021 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019) ou dans l'étude de Westgarth *et al.* (2009) menée au Royaume-Uni. De même, ce réseau présentait des chemins courts et une transitivité importante, donc une grande proportion de triangles fermés dans le réseau. Ces caractéristiques semblaient rejoindre celles des réseaux de type « petit monde », observées dans plusieurs études (Brookes *et al.*, 2020 ; Kittisiam *et al.*, 2022 ; Warembourg *et al.*, 2021 ; Westgarth *et al.*, 2009 ; Wilson-Aggarwal *et al.*, 2019). Par ailleurs, les index de centralité étaient plutôt bas, les centralités des nœuds étaient donc relativement homogènes, avec quelques nœuds un peu plus centraux que d'autres. Certains nœuds étaient connectés à presque tous les autres nœuds du réseau, avec une centralité de degré de 27 nœuds pour un total de 29 nœuds dans le réseau : ainsi, dans l'hypothèse de la transmission d'un agent pathogène, l'infection de ces chiens pourrait occasionner une propagation rapide à l'ensemble du réseau.

Le réseau d'affiliation limité aux lieux de regroupement apportait des données similaires à l'autre réseau d'affiliation, avec néanmoins un réseau un peu moins cohésif et moins dense, avec un nombre de composantes plus élevé et une densité plus faible. Cela pouvait s'expliquer par le fait que les cooccurrences spatio-temporelles hors des lieux de regroupement n'étaient pas prises en compte, d'où certains liens moins importants et d'autres manquants. La transitivité était tout de même élevée, et les chemins plutôt courts, d'où une structure pouvant évoquer aussi un réseau de type « petit monde ». Les index de centralité de degré et d'intermédiarité étaient plus élevés dans ce second réseau d'affiliation que dans le réseau complet : certains chiens étaient donc plus centraux en limitant le réseau aux lieux de regroupement. De plus, la comparaison des pondérations entre les deux réseaux d'affiliation montrait une forte corrélation. Ainsi, la limitation du réseau aux

lieux de regroupement semblait donc une bonne approximation du réseau de contact entre chiens, bien qu'elle ne permettait pas d'inclure les chiens ne fréquentant jamais ces lieux mais interagissant tout de même avec des congénères, à l'image des chiens huit, 10 et 28.

Cependant, les contacts mis en évidence dans cette méthode étaient des contacts supposés plus que des contacts avérés : ainsi, les réactions des propriétaires face au croisement d'autres chiens pouvaient être variées, notamment en fonction du contexte. L'imprécision de la cooccurrence spatio-temporelle pouvait lier deux chiens qui n'entraient pas nécessairement en contact. En effet, certains propriétaires ne se rendaient dans les lieux de regroupement que si aucun chien n'était présent, et d'autres évitaient certains types de chiens (par exemple les chiens mâles, ou les chiens inconnus). Ces résultats seraient donc à nuancer.

En ce qui concerne le premier réseau direct, la densité était très basse, avec un nombre de contacts faible : cela est dû au faible nombre de chiens dans les réseaux personnels fournis par les propriétaires des questionnaires. En effet, deux tiers des participants n'étaient pas capables de lister tous les chiens rencontrés au cours des promenades, et de nombreux propriétaires n'en citaient donc que quelques-uns. De même, de nombreux chiens cités dans les questionnaires n'avaient pas pu être reliés entre eux, d'où un ajout de nombreux autres chiens dans le réseau, sans connexion avec les autres chiens des questionnaires. Ainsi, peu de liens entre chiens du réseau avaient pu être mis en évidence, d'où un nombre de composantes élevé, un diamètre élevé, et des chemins longs, tous les chiens du réseau n'étant pas connectés entre eux. De même, les index de centralité du réseau étaient très faibles, les nœuds avaient donc une centralité plutôt homogène, aucun nœud n'avait une position beaucoup plus importante de domination ou de contrôle des chemins du réseau. Par ailleurs, concernant le type de contacts mis en jeu, la majorité des contacts étaient des contacts amicaux ou neutres, ce qui rejoint les résultats de l'étude de Westgarth *et al.* (2008).

Le second réseau direct, limité aux 29 chiens des questionnaires, était très peu dense, avec peu de contacts recensés entre les chiens : cela amenait à un nombre de composantes élevé, avec de nombreux chiens isolés du réseau et une taille réduite. De plus, les index de centralité étaient plus faibles que dans le réseau direct complet, d'où des centralités des nœuds encore plus homogènes. Cela s'expliquerait par un manque d'informations sur les réseaux personnels des chiens, dont les propriétaires ont omis de citer les autres chiens du réseau, par oubli ou simplement par méconnaissance de ces chiens. Il serait donc difficile de déterminer si ces chiens n'étaient réellement pas en contact, ou s'ils interagissaient tout de même régulièrement. Par ailleurs, le nombre plus important de chiens isolés dans le réseau par rapport au réseau direct complet pouvait aussi s'expliquer par le fait que certains chiens, en dehors des 29 chiens des questionnaires, étaient en contact avec plusieurs chiens des questionnaires, d'où des chemins supplémentaires présents dans le réseau direct complet.

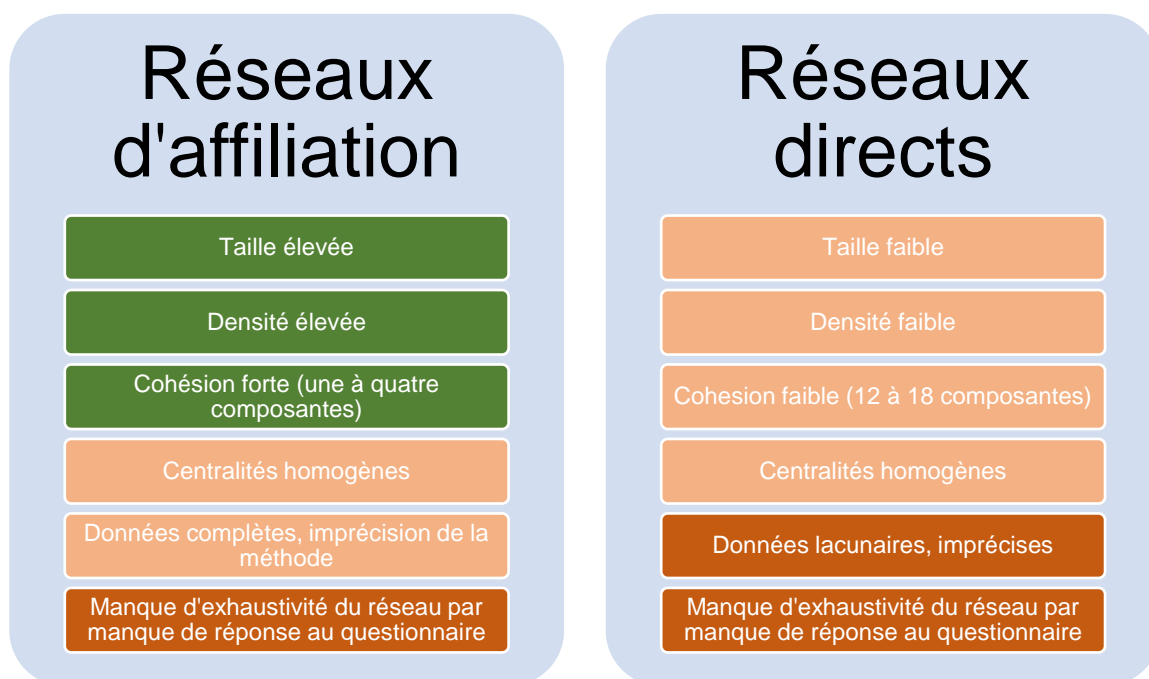
Les deux méthodes de reconstruction des réseaux de contacts offraient des résultats différents dans l'exploration d'un même réseau de contacts (Figure 20). Cela pourrait s'expliquer par la qualité des données récoltées qui étaient bien plus complètes dans le cadre des réseaux d'affiliation que pour les réseaux directs. Cependant, certains contacts recensés dans le réseau d'affiliation pouvaient aussi ne pas avoir réellement eu lieu, ce qui pourrait expliquer qu'ils n'étaient pas recensés dans le réseau direct. Le fait que de nombreux réseaux personnels étaient manquants dans les réseaux directs pourrait aussi s'expliquer par le faible taux de réponse au questionnaire et par les réponses partielles données par certains propriétaires. La différence de qualité des données

récoltées pouvait aussi expliquer que les chiens les plus centraux dans les deux types de réseaux étaient très différents.

Les réseaux obtenus par la méthode par affiliation avaient une structure dense, de type « petit monde », ce qui pourrait favoriser la diffusion rapide d'agents pathogènes au sein du réseau. Cependant, les données de réseau étaient incomplètes par rapport à la taille de la population cible, il est donc possible que ce résultat ne se vérifierait pas dans le réseau complet. De même, en fonction de la méthode utilisée, ce résultat n'a pas pu être généralisé aux réseaux obtenus par la méthode directe, où la densité était au contraire plutôt faible, avec un réseau très fragmenté.

Par ailleurs, les pondérations n'étaient pas les mêmes dans les réseaux d'affiliation et les réseaux directs. Dans les réseaux d'affiliation les liens étaient pondérés en fonction du nombre de cooccurrences spatio-temporelles entre deux chiens, alors que dans les réseaux directs, les liens étaient pondérés en fonction du temps de contact total. Cependant, il n'y avait pas de corrélation entre les pondérations des réseaux d'affiliation et des réseaux directs : cette divergence pourrait à nouveau s'expliquer par la différence de méthode utilisée et par le fait que les données des réseaux directs étaient incomplètes.

**Figure 20 : Comparaison des données des réseaux de contacts obtenus par affiliation et par méthode directe**



En conclusion, la méthode par affiliation a permis la reconstruction de réseaux denses, de type « petit monde » avec des données plutôt complètes et exploitables. De plus, dans le contexte urbain de la zone d'étude, l'étude des zones de regroupement canin semblait être une bonne approximation de l'étude de la zone complète, avec une forte corrélation des pondérations obtenues. Ainsi, ce résultat pourrait avoir un impact important en termes de faisabilité des futures études, qui pourrait ainsi se limiter à l'étude de ces lieux spécifiques plutôt que de toute la zone, en lien avec la proportion élevée de chiens fréquentant ces lieux. La méthode dite « directe » permettait la reconstruction de



réseaux moins denses, avec moins de contacts, du fait de données lacunaires. Or, les propriétaires avaient déclaré que leurs chiens avaient de nombreux contacts avec de nombreux autres chiens, ce qui semblait être ce qu'indiquaient les données des réseaux d'affiliation. Le faible taux de réponse au questionnaire n'a pas permis d'obtenir des données exhaustives, d'où des réseaux incomplets, notamment pour le réseau direct où de nombreux réseaux personnels étaient manquants.

### C. Perspectives

Malgré les défauts de l'étude, certaines données de réseau, notamment pour les réseaux d'affiliation, montraient des tendances intéressantes pour l'étude de la propagation des maladies infectieuses. Ainsi, ces données pourraient être utiles dans la mise en place de simulations de diffusion du virus de la rage, ou d'autres agents pathogènes, comme cela a été fait dans l'étude de Laager *et al.* (2018).

Par ailleurs, les méthodes décrites constituent des approches simples et peu coûteuses, notamment en comparaison à l'utilisation de systèmes GPS, qui posent également une question de protection des données personnelles dans le contexte français (la localisation du chien étant un proxy de la localisation du propriétaire) pour la reconstruction de réseaux de contacts entre chiens : d'autres études pourraient reprendre ces méthodes en améliorant certains points ayant posé problème. Tout d'abord, en ce qui concerne le faible taux de réponse, une meilleure communication sur le sujet de l'étude pourrait permettre d'encourager les propriétaires à y participer. Ainsi, l'utilisation d'affiches, placardées ou distribuées dans les boîtes aux lettres, ou des publications sur les réseaux sociaux, pourraient permettre d'encourager la participation, comme cela a été fait dans l'étude de Westgarth *et al.* (2007). Une autre façon de récolter plus de réponses consisterait en une augmentation de la durée de l'étude et une augmentation du nombre de personnes sur le terrain, afin de couvrir une plus grande surface. Cela nécessiterait néanmoins une certaine coordination et une uniformisation des questionnaires, pour que les réponses demeurent toutes sous le même format. De même, une automatisation du remplissage des tableaux permettrait de gagner du temps pour un réseau avec un plus grand nombre de chiens. Par ailleurs, afin de récolter des données plus précises, un questionnaire plus court pourrait être envisagé. Pour les données du réseau direct, demander systématiquement les noms des chiens et montrer des photographies des chiens déjà rencontrés aux autres propriétaires pourrait faciliter leur identification.

Une méthode de récolte des données légèrement différente pourrait aussi être appliquée : au lieu de récolter des données rétrospectives, il serait possible de fournir à des propriétaires des feuilles de note, afin de récolter des données plutôt prospectives. Ainsi, il leur serait demandé de noter chaque jour pendant une semaine leurs trajets de promenade ainsi que les chiens rencontrés à chaque promenade. Cette méthode pourrait permettre d'avoir un bilan plutôt exhaustif des trajets et des interactions ayant eu lieu au cours d'une semaine et de limiter fortement le biais de mémoire. Cette méthode resterait néanmoins chronophage pour les participants, mais une compensation pourrait être proposée afin d'encourager les propriétaires à participer à l'étude.

Enfin, une étude dans un environnement différent pourrait être intéressante à réaliser, le contexte local pouvant avoir des répercussions importantes sur la structure des réseaux de contacts (Warembourg *et al.*, 2021). Ainsi, l'étude d'un réseau de contacts dans un milieu péri-urbain ou rural pourrait permettre une comparaison avec les données récoltées en milieu urbain.

# Conclusion

---

La gestion des populations canines demeure un enjeu sanitaire majeur dans la lutte contre la diffusion des maladies infectieuses. Dans les pays développés, les habitudes de promenade et les pratiques de gestion des chiens de compagnie, placent les propriétaires au cœur de la dynamique des réseaux de contacts entre chiens. L'étude des réseaux de contacts entre chiens permet d'apporter une vision globale de leur structure, et de leur impact sur le potentiel de diffusion de maladies infectieuses. Dans ce contexte, l'objectif de cette étude était de décrire un réseau de contacts entre chiens de compagnie en Île-de-France, en utilisant deux méthodes distinctes.

Cette étude a permis de mettre en évidence les données démographiques des propriétaires et de leurs chiens ainsi que les différentes caractéristiques des réseaux de contacts. Le faible taux de réponse (47 %) compromettait l'exhaustivité du réseau, d'où des résultats très partiels, notamment en ce qui concerne le réseau direct. Les deux réseaux d'affiliation, complet et limité aux lieux de regroupement, présentaient des densités élevées (0,75 et 0,43 respectivement), une taille élevée (303 et 176 liens respectivement), ainsi que des chemins courts (1,25 et 1,47 liens pour les longueurs de chemins moyens respectivement) et une transitivity élevée (0,83 et 0,72 respectivement), deux caractéristiques évoquant les réseaux de type « petit monde ». Or, cette structure pourrait favoriser la diffusion d'agents pathogènes dans la population cible. Au contraire, les deux réseaux directs, complet et limité aux 29 chiens des questionnaires, présentaient des densités très faibles (0,021 et 0,03 respectivement), une taille réduite (115 et 12 contacts respectivement), une transitivity faible (0,24 et 0,5 respectivement), et un nombre de composantes élevé compromettant la cohésion du réseau (12 et 18 composantes respectivement). Les résultats obtenus par les deux méthodes étaient donc assez divergents, avec notamment une répartition de la centralité des nœuds très différente. Cependant, pour le réseau d'affiliation, l'étude des zones de regroupement canin semblait être une bonne approximation de l'étude de la zone complète, avec une forte corrélation des pondérations des liens obtenues.

Ainsi, malgré des données encore lacunaires sur ce réseau de contacts entre chiens, ce travail constitue une première étape en documentant la faisabilité et la mise en place d'une étude sur la structure des réseaux de contacts entre chiens dans une zone urbaine de France. Les méthodes utilisées représentent une démarche intéressante pour l'analyse des structures des populations canines et ensuite des dynamiques de propagation des maladies infectieuses. Plusieurs pistes d'amélioration pourraient être envisagées, afin d'obtenir un taux de réponse plus élevé et des réponses plus complètes. L'étude de milieux péri-urbains et ruraux pourrait être aussi envisagée, afin d'obtenir des éléments de comparaison avec le milieu urbain.



# Liste des références bibliographiques

---

- ALVES, M.C.G.P., MATOS, M.R. de, REICHMANN, M. de L., *et al.* (2005) Estimation of the dog and cat population in the State of São Paulo. *Revista de Saúde Pública* vol. 39, p. 891-897. [<https://doi.org/10.1590/S0034-89102005000600004>]
- ANDERSON, K.L., CASEY, R.A., COOPER, B., *et al.* (2023) National Dog Survey: Describing UK Dog and Ownership Demographics. *Animals* vol. 13, n° 6, p. 1072. [<https://doi.org/10.3390/ani13061072>]
- ANDERSON, M.E.C., STULL, J.W., WEESE, J.S. (2019) Impact of Dog Transport on High-Risk Infectious Diseases. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, Small Animal Infectious Disease vol. 49, n° 4, p. 615-627. [<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2019.02.004>]
- ANSES (2013) Fiches de maladies animales. In *Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail*. [<https://www.anses.fr/fr/content/fiches-de-maladies-animales>] (consulté le 10/04/2024).
- ASHER, L., BUCKLAND, E.L., PHYRACTOPOULOS, C.I., *et al.* (2011) Estimation of the number and demographics of companion dogs in the UK. *BMC Veterinary Research* vol. 7, n° 1, p. 74. [<https://doi.org/10.1186/1746-6148-7-74>]
- BAILLARGEON, S., RIVEST, L.-P. (2007) Rcapture: Loglinear Models for Capture-Recapture in R. *Journal of Statistical Software* vol. 19, p. 1-31. [<https://doi.org/10.18637/jss.v019.i05>]
- BAUMAN, A.E., RUSSELL, S.J., FURBER, S.E., *et al.* (2001) The epidemiology of dog walking: an unmet need for human and canine health. *Medical Journal of Australia* vol. 175, n° 11-12, p. 632-634. [<https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2001.tb143757.x>]
- BHATTACHARJEE, D., BHADRA, A. (2020) Humans Dominate the Social Interaction Networks of Urban Free-Ranging Dogs in India. *Frontiers in Psychology* vol. 11, p. 2153. [<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02153>]
- BOMBARA, C.B., DÜRR, S., MACHOVSKY-CAPUSKA, G.E., *et al.* (2017) A preliminary study to estimate contact rates between free-roaming domestic dogs using novel miniature cameras. *PLoS One* vol. 12, n° 7, p. e0181859. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181859>]
- BRADSHAW, J.W.S., LEA, A.M. (1992) Dyadic Interactions Between Domestic Dogs. *Anthrozoös* vol. 5, n° 4, p. 245-253. [<https://doi.org/10.2752/089279392787011287>]
- BROOKES, V.J., DÜRR, S., WARD, M.P. (2019) Rabies-induced behavioural changes are key to rabies persistence in dog populations: Investigation using a network-based model. *PLoS Neglected Tropical Diseases* vol. 13, n° 9, p. e0007739. [<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007739>]
- BROOKES, V.J., VANDERWAAL, K., WARD, M.P. (2020) The social networks of free-roaming domestic dogs in island communities in the Torres Strait, Australia. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 181, p. 104534. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.09.008>]

- BUTLER, J.R.A., BINGHAM, J. (2000) Demography and dog-human relationships of the dog population in Zimbabwean communal lands. *Veterinary Record* vol. 147, n° 16, p. 442-446. [<https://doi.org/10.1136/vr.147.16.442>]
- CAMINITI, A., SALA, M., PANETTA, V., *et al.* (2014) Completeness of the dog registry and estimation of the dog population size in a densely populated area of Rome. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 113, n° 1, p. 146-151. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.10.003>]
- CAPELLO, K., BORTOLOTTI, L., LANARI, M., *et al.* (2015) Estimate of the size and demographic structure of the owned dog and cat population living in Veneto region (north-eastern Italy). *Preventive Veterinary Medicine* vol. 118, n° 1, p. 142-147. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.10.017>]
- CARVELLI, A., SCARAMOZZINO, P., IACOPONI, F., *et al.* (2020) Size, demography, ownership profiles, and identification rate of the owned dog population in central Italy. *PLoS One* vol. 15, n° 10, p. e0240551. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240551>]
- CHAO, A. (1987) Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics* vol. 43, n° 4, p. 783-791.
- CHAO, A., TSAY, P.K., LIN, S.-H., *et al.* (2001) The applications of capture-recapture models to epidemiological data. *Statistics in Medicine* vol. 20, n° 20, p. 3123-3157. [<https://doi.org/10.1002/sim.996>]
- CHRISTLEY, R.M., MURRAY, J.K., ANDERSON, K.L., *et al.* (2020) Impact of the First COVID-19 Lockdown on Management of Pet Dogs in the UK. *Animals* vol. 11, n° 1, p. 5. [<https://doi.org/10.3390/ani11010005>]
- CHRISTLEY, R.M., PINCHBECK, G.L., BOWERS, R.G., *et al.* (2005) Infection in social networks: using network analysis to identify high-risk individuals. *American Journal of Epidemiology* vol. 162, n° 10, p. 1024-1031. [<https://doi.org/10.1093/aje/kwi308>]
- CORMACK, R.M., JUPP, P.E. (1991) Inference for Poisson and Multinomial Models for Capture-Recapture Experiments. *Biometrika* vol. 78, n° 4, p. 911-916. [<https://doi.org/10.2307/2336943>]
- CROZET, G., LACOSTE, M.-L., RIVIÈRE, J., *et al.* (2022) Management practices of dog and cat owners in France (pet traveling, animal contact rates and medical monitoring): Impacts on the introduction and the spread of directly transmitted infectious pet diseases. *Transboundary and Emerging Diseases* vol. 69, n° 3, p. 1256-1273. [<https://doi.org/10.1111/tbed.14088>]
- CROZET, G., RIVIÈRE, J., RAPENNE, E., *et al.* (2023) Quantitative risk assessment of rabies being introduced into mainland France through worldwide noncommercial dog and cat movements. *Risk Analysis* vol. 43, n° 5, p. 896-916. [<https://doi.org/10.1111/risa.13976>]
- CSÁRDI, G., NEPUSZ, T., TRAAG, V., *et al.* igraph: Network Analysis and Visualization - version 2.0.3 (2024) [Logiciel], The i-graph core team.
- CUTT, H., GILES-CORTI, B., KNUIMAN, M., *et al.* (2008) Understanding Dog Owners' Increased Levels of Physical Activity: Results From RESIDE. *American Journal of Public Health* vol. 98, n° 1, p. 66-69. [<https://doi.org/10.2105/AJPH.2006.103499>]
- CZUPRYNA, A.M., BROWN, J.S., BIGAMBO, M.A., *et al.* (2016) Ecology and Demography of Free-Roaming Domestic Dogs in Rural Villages near Serengeti National Park in Tanzania. *PLoS One* vol. 11, n° 11, p. e0167092. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167092>]

- DARROCH, J.N., FIENBERG, S.E., GLONEK, G.F.V., *et al.* (1993) A Three-Sample Multiple-Recapture Approach to Census Population Estimation with Heterogeneous Catchability. *Journal of the American Statistical Association* vol. 88, n° 423, p. 1137-1148. [<https://doi.org/10.1080/01621459.1993.10476387>]
- DIAS COSTA, E., MARTINS, C.M., CUNHA, G.R., *et al.* (2017) Impact of a 3-year pet management program on pet population and owner's perception. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 139, p. 33-41. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.01.001>]
- DIAS, R.A., GUILLOUX, A.G.A., BORBA, M.R., *et al.* (2013) Size and spatial distribution of stray dog population in the University of São Paulo campus, Brazil. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 110, n° 2, p. 263-273. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.12.002>]
- DJOKIC, V., FREDDI, L., DE MASSIS, F., *et al.* (2023) The emergence of *Brucella canis* as a public health threat in Europe: what we know and what we need to learn. *Emerging Microbes & Infections* vol. 12, n° 2, p. 2249126. [<https://doi.org/10.1080/22221751.2023.2249126>]
- DOWNES, M., CANTY, M.J., MORE, S.J. (2009) Demography of the pet dog and cat population on the island of Ireland and human factors influencing pet ownership. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 92, n° 1, p. 140-149. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.07.005>]
- DÜRR, S., DHAND, N.K., BOMBARA, C., *et al.* (2017) What influences the home range size of free-roaming domestic dogs? *Epidemiology & Infection* vol. 145, n° 7, p. 1339-1350. [<https://doi.org/10.1017/S095026881700022X>]
- DÜRR, S., WARD, M.P. (2014) Roaming behaviour and home range estimation of domestic dogs in Aboriginal and Torres Strait Islander communities in northern Australia using four different methods. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 117, n° 2, p. 340-357. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.07.008>]
- ESCCAP FRANCE (2023) Guides de vermifugation individuelle des chiens et des chats. [<https://www.esccap.fr/nos-recommandations-contre-les-parasites/771-guides-de-vermifugation-individuelle-des-chiens-et-des-chats.html>] (consulté le 13/03/2024).
- FACCO (2022) Population animale. In FACCO. [<https://www.facco.fr/chiffres-cles/les-chiffres-de-la-population-animale/>] (consulté le 05/09/2023).
- FEDIAF (2022) Statistics. In *European Petfood - FEDIAF*. [<https://europeanpetfood.org/about/statistics/>] (consulté le 01/09/2023).
- FREIWALD, A., LITSTER, A., WENG, H.-Y. (2014) Survey to investigate pet ownership and attitudes to pet care in metropolitan Chicago dog and/or cat owners. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 115, n° 3, p. 198-204. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.03.025>]
- GATES, M., WALKER, J., ZITO, S., *et al.* (2019) Cross-sectional survey of pet ownership, veterinary service utilisation, and pet-related expenditures in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal* vol. 67, n° 6, p. 306-314. [<https://doi.org/10.1080/00480169.2019.1645626>]
- GOOGLE MAPS (2024) Google Maps. In *Google Maps*. [<https://www.google.fr/maps/@48.8104907,2.3609853,17.29z?entry=ttu>] (consulté le 02/05/2024).

- GSELL, A.S., KNOBEL, D.L., CLEVELAND, S., *et al.* (2012) Domestic dog demographic structure and dynamics relevant to rabies control planning in urban areas in Africa: the case of Iringa, Tanzania. *BMC Veterinary Research* vol. 8, n° 1, p. 236. [<https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-236>]
- HAM, S.A., EPPING, J. (2006) Dog Walking and Physical Activity in the United States. *Preventing Chronic Disease* vol. 3, n° 2, p. A47.
- HAMPSON, K., COUDEVILLE, L., LEMBO, T., *et al.* (2015) Estimating the Global Burden of Endemic Canine Rabies. *PLoS Neglected Tropical Diseases* vol. 9, n° 4, p. e0003709. [<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003709>]
- HEATH, S., WILSON, C. (2014) Canine and Feline Enrichment in the Home and Kennel: A Guide for Practitioners. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice, Behavior: A Guide for Practitioners* vol. 44, n° 3, p. 427-449. [<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.01.003>]
- HORISBERGER, U., STÄRK, K.D.C., RÜFENACHT, J., *et al.* (2004) Demographie der Hundepopulation in der Schweiz. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* vol. 146, n° 5, p. 223-232. [<https://doi.org/10.1024/0036-7281.146.5.223>]
- HUDSON, E.G., BROOKES, V.J., DÜRR, S., *et al.* (2017) Domestic dog roaming patterns in remote northern Australian indigenous communities and implications for disease modelling. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 146, p. 52-60. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.07.010>]
- I-CAD (2023) Le Baromètre de l'identification des carnivores domestiques est en ligne. *In i-cad.fr*. [<https://www.i-cad.fr/actualites/barometre-identification-edition-2023>] (consulté le 07/10/2023).
- IFOP/WOOPETS (2020) Tel maître, tel chien ou chat ? Les Français et leurs animaux de compagnie. *In IFOP*. [<https://www.ifop.com/publication/tel-maitre-tel-chien-ou-chat-les-francais-et-leurs-animaux-de-compagnie/>] (consulté le 04/12/2023).
- IGOHO-MORADEL, M. (2023) Vaccination, des progrès mais aussi des disparités - La Semaine Vétérinaire n° 1991 du 26/05/2023. *In Le Point Vétérinaire.fr*. [<https://www.lepointveterinaire.fr/publications/la-semaine-veterinaire/article/n-1991/vaccination-des-progres-mais-aussi-des-disparites.html>] (consulté le 18/03/2024).
- INSEE (2024) Dossier complet - Commune du Kremlin-Bicêtre (94043) | Insee. [<https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=COM-94043>] (consulté le 06/05/2024).
- IPSOS/SANTÉVET (2019) 3e enquête Ipsos/SantéVet: mieux connaître les maîtres. *In SantéVet*. [<https://www.santevet.com/articles/3e-enquete-ipsos-santevet-mieux-connaître-les-maitres>] (consulté le 26/09/2023).
- ISTAT (2024) Demographic indicators. [<http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=18462&lang=en#>] (consulté le 04/04/2024).
- KISIEL, L.M., JONES-BITTON, A., SARGEANT, J.M., *et al.* (2016) Owned dog ecology and demography in Villa de Tezontepec, Hidalgo, Mexico. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 135, p. 37-46. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.10.021>]
- KITALA, P., MCDERMOTT, J., KYULE, M., *et al.* (2001) Dog ecology and demography information to support the planning of rabies control in Machakos District, Kenya. *Acta Tropica* vol. 78, n° 3, p. 217-230. [[https://doi.org/10.1016/S0001-706X\(01\)00082-1](https://doi.org/10.1016/S0001-706X(01)00082-1)]

- KITTISIAM, T., PHIMPRAPHAI, W., *et al.* (2022) Social Network Analysis of Free-roaming Dogs in Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus. Thèse de médecine vétérinaire, Kasetsart University.
- KNOBEL, D.L., LAURENSEN, M.K., KAZWALA, R.R., *et al.* (2008) A cross-sectional study of factors associated with dog ownership in Tanzania. *BMC Veterinary Research* vol. 4, n° 1, p. 5. [<https://doi.org/10.1186/1746-6148-4-5>]
- KONGKAEW, W., COLEMAN, P., PFEIFFER, D.U., *et al.* (2004) Vaccination coverage and epidemiological parameters of the owned-dog population in Thungsong District, Thailand. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 65, n° 1, p. 105-115. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2004.05.009>]
- KWAN, N.C.L., INOUE, M., YAMADA, A., *et al.* (2019) Evaluating the contact rate between companion dogs during dog walking and the practices towards potential cases of rabies among dog owners in Japan. *Zoonoses and Public Health* vol. 66, n° 4, p. 393-400. [<https://doi.org/10.1111/zph.12573>]
- LAAGER, M., MBILO, C., MADAYE, E.A., *et al.* (2018) The importance of dog population contact network structures in rabies transmission. *PLoS Neglected Tropical Diseases* vol. 12, n° 8, p. e0006680. [<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006680>]
- LIAO, Y., HUANG, P.-H., CHEN, Y.-L., *et al.* (2018) Dog ownership, dog walking, and leisure-time walking among Taiwanese metropolitan and nonmetropolitan older adults. *BMC Geriatrics* vol. 18, n° 1, p. 85. [<https://doi.org/10.1186/s12877-018-0772-9>]
- MAHER, E.K., WARD, M.P., BROOKES, V.J. (2019) Investigation of the temporal roaming behaviour of free-roaming domestic dogs in Indigenous communities in northern Australia to inform rabies incursion preparedness. *Scientific Reports* vol. 9, n° 1, p. 14893. [<https://doi.org/10.1038/s41598-019-51447-8>]
- MARTÍNEZ-LÓPEZ, B., PEREZ, A.M., SÁNCHEZ-VIZCAÍNO, J.M. (2009) Social Network Analysis. Review of General Concepts and Use in Preventive Veterinary Medicine. *Transboundary and Emerging Diseases* vol. 56, n° 4, p. 109-120. [<https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2009.01073.x>]
- MARTINS, C.M., MOHAMED, A., GUIMARÃES, A.M.S., *et al.* (2013) Impact of demographic characteristics in pet ownership: Modeling animal count according to owners income and age. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 109, n° 3, p. 213-218. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.10.006>]
- MCNAMARA, J., DRAKE, J., WISEMAN, S., *et al.* (2018) Survey of European pet owners quantifying endoparasitic infection risk and implications for deworming recommendations. *Parasites & Vectors* vol. 11, n° 1, p. 571. [<https://doi.org/10.1186/s13071-018-3149-1>]
- MINDEKEM, R., KAYALI, U., YEMADJI, N., *et al.* (2005) Impact of canine demography on rabies transmission in N'djamena, Chad. *Medecine tropicale* vol. 65, n° 1, p. 53-58.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2020) Communiqué de presse - Cas de rage détecté en France chez un chiot ramené du Maroc. *In Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire*. [<https://agriculture.gouv.fr/cas-de-rage-detecte-en-france-chez-un-chiot-ramene-du-maroc>] (consulté le 29/04/2024).



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (2006) Code rural et de la pêche maritime : Sous-section 4 : Identification des carnivores domestiques. (Articles D212-63 à D212-71). *In Légifrance*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000006183209/>] (consulté le 07/10/2023).

MURRAY, J.K., BROWNE, W.J., ROBERTS, M.A., *et al.* (2010) Number and ownership profiles of cats and dogs in the UK. *Veterinary Record* vol. 166, n° 6, p. 163-168. [<https://doi.org/10.1136/vr.b4712>]

NEWBURY, S., GODHARDT-COOPER, J., POULSEN, K.P., *et al.* (2016) Prolonged intermittent virus shedding during an outbreak of canine influenza A H3N2 virus infection in dogs in three Chicago area shelters: 16 cases (March to May 2015). *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 248, n° 9, p. 1022-1026. [<https://doi.org/10.2460/javma.248.9.1022>]

PDSA (2022) The PAW Report 2022. [<https://www.pdsa.org.uk/what-we-do/pdsa-animal-wellbeing-report/paw-report-2022>] (consulté le 04/04/2024).

PDSA (2019) Past PAW Report 2019. [<https://www.pdsa.org.uk/what-we-do/pdsa-animal-wellbeing-report/past-reports>] (consulté le 28/03/2024).

PEREIRA, A., MARTINS, Â., BRANCAL, H., *et al.* (2016) Parasitic zoonoses associated with dogs and cats: a survey of Portuguese pet owners' awareness and deworming practices. *Parasites & Vectors* vol. 9, n° 1, p. 245. [<https://doi.org/10.1186/s13071-016-1533-2>]

PÉREZ, G.E., CONTE, A., GARDE, E.J., *et al.* (2018) Movement and home range of owned free-roaming male dogs in Puerto Natales, Chile. *Applied Animal Behaviour Science* vol. 205, p. 74-82. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.05.022>]

PIERACCI, E.G., WALLACE, R., MASKERY, B., *et al.* (2024) Dogs on the move: Estimating the risk of rabies in imported dogs in the United States, 2015–2022 (sous presse). *Zoonoses and Public Health*. [<https://doi.org/10.1111/zph.13122>]

PRATA, J.C. (2020) Strategies for the Improvement of Pet Health and Welfare in Portugal Based on a Pilot Survey on Husbandry, Opinion, and Information Needs. *Animals* vol. 10, n° 5, p. 848. [<https://doi.org/10.3390/ani10050848>]

PULCZER, A.S., JONES-BITTON, A., WALTNER-TOEWS, D., *et al.* (2013) Owned dog demography in Todos Santos Cuchumatán, Guatemala. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 108, n° 2, p. 209-217. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.07.012>]

RAMÓN, M.E., SLATER, M.R., WARD, M.P. (2010) Companion animal knowledge, attachment and pet cat care and their associations with household demographics for residents of a rural Texas town. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 94, n° 3-4, p. 251-263. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.01.008>]

RATSITORAHINA, M., RASAMBAINARIVO, J.H., RAHARIMANANA, S., *et al.* (2009) Dog ecology and demography in Antananarivo, 2007. *BMC Veterinary Research* vol. 5, n° 1, p. 21. [<https://doi.org/10.1186/1746-6148-5-21>]

RAYNOR, B., DE LA PUENTE-LEÓN, M., JOHNSON, A., *et al.* (2020) Movement patterns of free-roaming dogs on heterogeneous urban landscapes: Implications for rabies control. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 178, p. 104978. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.104978>]

R-CORE TEAM R - version 4.2.1. (2022) [Logiciel], R Foundation for Statistical Computing

RIBADEAU-DUMAS, F., DACHEUX, L., BOURHY, H. (2013) La rage. *Médecine/Sciences* vol. 29, n° 1, p. 47-55. [<https://doi.org/10.1051/medsci/2013291013>]

RIVEST, L.-P., BAILLARGEON, S. Rcapture: Loglinear Models for Capture-Recapture Experiments version 1.4-4. (2022) [Logiciel], The Comprehensive R Archive Network

RIVEST, L.-P., BAILLARGEON, S. (2007) Applications and extensions of Chao's moment estimator for the size of a closed population. *Biometrics* vol. 63, n° 4, p. 999-1006. [<https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2007.00779.x>]

ROUSSEL, C., DRAKE, J., ARIZA, J.M. (2019) French national survey of dog and cat owners on the deworming behaviour and lifestyle of pets associated with the risk of endoparasites. *Parasites & Vectors* vol. 12, n° 1, p. 480. [<https://doi.org/10.1186/s13071-019-3712-4>]

Rstudio - version 2022.12.0+353 (2022) [Logiciel], Posit Software, PBC

SAEKI, J., TANAKA, A. (2021) Canine Leptospirosis Outbreak in Japan. *Frontiers in Veterinary Science* vol. 8. [<https://doi.org/10.3389/fvets.2021.763859>]

SCC (2023) Société Centrale Canine. [<https://www.centrale-canine.fr/>] (consulté le 09/10/2023).

SCHOFIELD, G., MUMMERY, K., STEELE, R. (2005) Dog ownership and human health-related physical activity: an epidemiological study. *Health Promotion Journal of Australia* vol. 16, n° 1, p. 15-19. [<https://doi.org/10.1071/he05015>]

SERAFINI, C. a. V., ROSA, G.A., GUIMARAES, A.M.S., *et al.* (2008) Survey of Owned Feline and Canine Populations in Apartments from a Neighbourhood in Curitiba, Brazil. *Zoonoses and Public Health* vol. 55, n° 8-10, p. 402-405. [<https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2008.01171.x>]

SERVAS, V., MAILLES, A., NEAU, D., *et al.* (2005) An imported case of canine rabies in Aquitaine: Investigation and management of the contacts at risk, August 2004-March 2005. *Eurosurveillance* vol. 10, n° 11, p. 9-10. [<https://doi.org/10.2807/esm.10.11.00578-en>]

SLATER, M.R., DI NARDO, A., PEDICONI, O., *et al.* (2008) Cat and dog ownership and management patterns in central Italy. *Preventive Veterinary Medicine* vol. 85, n° 3, p. 267-294. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2008.02.001>]

STULL, J.W., ANDERSON, M.E.C., WEESE, J.S. (2019) The Dynamic Nature of Canine and Feline Infectious Disease Risks in the Twenty-first Century. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice, Small Animal Infectious Disease* vol. 49, n° 4, p. 587-598. [<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2019.02.002>]

STULL, J.W., KASTEN, J.I., EVASON, M.D., *et al.* (2016) Risk reduction and management strategies to prevent transmission of infectious disease among dogs at dog shows, sporting events, and other canine group settings. *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 249, n° 6, p. 612-627. [<https://doi.org/10.2460/javma.249.6.612>]

THE WORLD BANK (2024) World Bank Open Data. *In World Bank Open Data*. [<https://data.worldbank.org>] (consulté le 04/04/2024).

- THORPE, R.J., SIMONSICK, E.M., BRACH, J.S., *et al.* (2006) Dog Ownership, Walking Behavior, and Maintained Mobility in Late Life. *Journal of the American Geriatrics Society* vol. 54, n° 9, p. 1419-1424. [<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2006.00856.x>]
- UK PETFOOD (2022) Statistics. [<https://www.ukpetfood.org/information-centre/statistics.html>] (consulté le 26/09/2023).
- VOORHEES, I.E.H., GLASER, A.L., TOOHEY-KURTH, K.L., *et al.* (2017) Spread of Canine Influenza A(H3N2) Virus, United States. *Emerging Infectious Diseases Journal* vol. 23, n° 12, p.1950-1957. [<https://doi.org/10.3201/eid2312.170246>]
- WAREMBOURG, C., FOURNIÉ, G., ABAKAR, M.F., *et al.* (2021) Predictors of free-roaming domestic dogs' contact network centrality and their relevance for rabies control. *Scientific Reports* vol. 11, n° 1, p. 12898. [<https://doi.org/10.1038/s41598-021-92308-7>]
- WESTGARTH, C., GASKELL, R.M., PINCHBECK, G.L., *et al.* (2009) Walking the dog: exploration of the contact networks between dogs in a community. *Epidemiology & Infection* vol. 137, n° 8, p. 1169-1178. [<https://doi.org/10.1017/S0950268808001544>]
- WESTGARTH, C., PINCHBECK, G.L., BRADSHAW, J.W., *et al.* (2007) Factors associated with dog ownership and contact with dogs in a UK community. *BMC Veterinary Research* vol. 3, n° 1, p. 5. [<https://doi.org/10.1186/1746-6148-3-5>]
- WESTGARTH, C., PINCHBECK, G.L., BRADSHAW, J.W.S., *et al.* (2008) Dog-human and dog-dog interactions of 260 dog-owning households in a community in Cheshire. *Veterinary Record* vol. 162, n° 14, p. 436-442. [<https://doi.org/10.1136/vr.162.14.436>]
- WEY, T., BLUMSTEIN, D.T., SHEN, W., *et al.* (2008) Social network analysis of animal behaviour: a promising tool for the study of sociality. *Animal Behaviour* vol. 75, n° 2, p. 333-344. [<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.06.020>]
- WILLIAMS, C., SWISHER, S., MILLER, N., *et al.* (2024) Human exposures to *Brucella canis* from a pregnant dog during an international flight: Public health risks, diagnostic challenges and future considerations (sous presse). *Zoonoses and Public Health*. [<https://doi.org/10.1111/zph.13121>]
- WILSON-AGGARWAL, J.K., OZELLA, L., TIZZONI, M., *et al.* (2019) High-resolution contact networks of free-ranging domestic dogs *Canis familiaris* and implications for transmission of infection. *PLOS Neglected Tropical Diseases* vol. 13, n° 7, p. e0007565. [<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007565>]
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (2018) WHO expert consultation on rabies: third report, WHO technical report series. Geneva, World Health Organization.
- XIAO, C., YE, J., ESTEVES, R.M., *et al.* (2016) Using Spearman's correlation coefficients for exploratory data analysis on big dataset. *Concurrency and Computation: Practice and Experience* vol. 28, n° 14, p. 3866-3878. [<https://doi.org/10.1002/cpe.3745>]

# Annexes

---

## Annexe 1 : Consentement éclairé

### Consentement éclairé – Recueil de données

Madame, Monsieur,

Nous réalisons une étude sur les contacts entre chiens domestiques en France. Ainsi nous souhaitons vous poser des questions et recueillir des données sur vous et votre/vos chien(s) et sur le déroulé de vos promenades avec ce/ces derniers. Des analyses statistiques à des fins scientifiques seront réalisées sur ces données qui auront au préalable été anonymisées et vous ne pourrez donc pas être identifié.e dans la présentation finale des résultats.

Promoteur du projet : Unité de recherche EpiMAI de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort (sous la direction du **Pr Barbara DUFOUR**) – 7 avenue du Général de Gaulle, 94700 Maisons-Alfort.

Les informations recueillies par ce questionnaire seront également enregistrées dans un fichier informatisé par Léa-Marie Ravaux pour la **production de données statistiques à des fins scientifiques**. Les données personnelles recueillies via ce questionnaire sont utilisées sur la base de votre consentement.

Les données collectées seront communiquées aux seuls destinataires suivants : Unité de recherche EpiMAI de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort.

Les données seront conservées pendant 3 ans. Vous pouvez accéder aux données vous concernant, les rectifier, demander leur effacement ou exercer votre droit à la limitation du traitement de vos données. Vous pouvez retirer à tout moment votre consentement au traitement de vos données.

Consultez le site [cnil.fr](http://cnil.fr) pour plus d'informations sur vos droits.

Pour exercer ces droits ou pour toute question sur le traitement de vos données dans ce dispositif, vous pouvez contacter : [guillaume.crozet@vet-alfort.fr](mailto:guillaume.crozet@vet-alfort.fr) ou [julie.riviere@vet-alfort.fr](mailto:julie.riviere@vet-alfort.fr), [donnees-personnelles@vet-alfort.fr](mailto:donnees-personnelles@vet-alfort.fr)

Si vous estimez, après nous avoir contactés, que vos droits « Informatique et Libertés » ne sont pas respectés, vous pouvez adresser une réclamation à la CNIL.

Je, soussigné **NOM Prénom** \_\_\_\_\_  
déclare consentir à l'utilisation des données personnelles recueillies dans le cadre de cette étude pour la finalité précisée ci-dessus.

**Date, lieu**

**Signature**

## Annexe 2 : Questionnaire complet

Questionnaire: réseaux de contacts entre chiens domestiques en Île-de-France

### Commentaires :

Donner un numéro de questionnaire + Rajouter un questionnaire allégé pour les autres chiens (juste informations démographiques).

Si le propriétaire a plusieurs chiens, ne poser que les questions sur le profil du chien pour les autres chiens : le questionnaire sera associé grâce à un numéro.

### Numéro de questionnaire :

**Avez-vous plus de 18 ans ?**

Oui Non (si non arrêt du questionnaire)

**Combien de chiens avez-vous ?**

\_\_\_chien(s)

**Promenez-vous vos chiens ensemble ?**

Oui Non Pas tous

Commentaires : Si les chiens sont promenés ensemble, on va approximer le fait qu'ils interagissent de la même façon avec leur environnement.

**Est-ce votre lieu de promenade habituel ?**

Oui Non

**Êtes-vous le propriétaire de ce(s) chien(s) ?**

Oui Non

**Si oui, depuis combien de temps le(s) possédez-vous (en années, mettre 0,5 pour 6 mois, toute demie année commencée doit être comptée) ?**

\_\_\_\_\_ ans

**Est-ce toujours vous qui promenez le(s) chien(s) ?**

Oui Non

**Si non, combien d'autres personnes peuvent le(s) promener ?**

\_\_\_\_\_

**Si non, est-ce que les autres personnes qui promènent le(s) chien(s) le font sur le même lieu que vous ?**

Oui : \_\_\_\_\_ personnes Non

## Profil du/des chien(s) (promenés dans la zone)

Pour chaque chien :

**1. Sexe**

Mâle                      Femelle

**2. Race :**

**Si la race est indéterminée / chien croisé, indiquez le format du chien**

Petit format              Format moyen              Grand format

**3. Couleur/Robe :**

**4. Âge**

\_\_\_\_\_ ans \_\_\_\_\_ mois

**Si l'âge est indéterminé, sélectionnez l'un de ces choix ci-dessous**

Jeune                      Adulte                      Âgé

**5. Stérilisation**

Stérilisé                      Non stérilisé                      Je ne sais pas

Si la personne est propriétaire du chien :

**6. Pour quelle(s) raison(s) avez-vous adopté ce chien ? (plusieurs réponses possibles)**

Compagnie

Garde

Chasse

Sport

Travail (chien de troupeau, chien policier, ...)

Autre : \_\_\_\_\_

**7. Lieu de vie du chien :**

Dans le domicile

Dans le domicile avec accès à un jardin

Dans le jardin (pas d'accès à l'intérieur)

En chenil

Autre : \_\_\_\_\_

**8. Votre chien a-t-il la possibilité de sortir seul du jardin/domicile et de vagabonder dehors, sans surveillance (ex : absence de clôture, accès direct à la rue...) ?**

Oui

Non

Je ne sais pas

**9. Combien de fois par an emmenez-vous votre chien chez le vétérinaire pour des bilans de santé ?**

\_\_\_\_\_ fois par an

**10. Votre chien est-il vacciné contre la rage et sa vaccination est-elle à jour (le rappel du vaccin doit se faire 3 ans au plus tard après la précédente injection) ?**

Oui et sa vaccination est à jour

Oui mais sa vaccination n'est pas à jour

Non

Je ne sais pas

**11. Contre quelle(s) autre(s) maladie(s) votre chien est-il vacciné (avec une vaccination à jour) ?**

Hépatite de Rubarth

Maladie de Carré

Maladie de Lyme

Leptospirose

Leishmaniose

Toux du chenil

Parvovirose

Piroplasmose

Pas d'autre vaccin

Mon chien a d'autres vaccins mais je ne connais pas les maladies

Je ne sais pas si mon chien a d'autres vaccins

Les vaccins de mon chien ne sont pas à jour

Autre maladie non citée : \_\_\_\_\_

**12. Votre chien est-il vermifugé régulièrement (au moins deux fois par an) ?**

Oui            Non            Je ne sais pas

**13. Votre chien est-il traité contre les parasites externes ?**

Oui, toute l'année

Oui, seulement au printemps et/ou en été

Oui, ponctuellement

Non, jamais

Je ne sais pas

Même si la personne n'est pas propriétaire du chien :

**14. Tendance à l'agressivité vis à vis d'autres chiens :**

**Connus :**

> 1 x / j.            1x/j. Environ            Rarement            Jamais

**Inconnus :**

> 1 x / j.            1x/j. Environ            Rarement            Jamais



**15. Tendance à l'agressivité vis à vis des personnes**

**Connues :**

Oui Non

**Inconnues :**

Oui Non

**16. A-t-il des affections chroniques qui pourraient potentiellement influencer l'activité de ses promenades (exemple : durée, fréquence, etc.) ?**

Oui Non Je ne sais pas

**Si oui, quelle(s) affection(s) ? : \_\_\_\_\_**

**Si oui, comment cela influence-t-il l'activité de ses promenades (en termes de durée, fréquence, distance, contacts avec les chiens ou avec les personnes, ...) ?**

\_\_\_\_\_

**17. Si votre chien souffrait d'une pathologie aiguë (momentanée) : diarrhée, boiterie, fatigue importante inhabituelle, perte d'équilibre, etc..., cela pourrait-il impacter son activité et ses promenades ?**

Oui Non

**Comment cela influencerait-il l'activité de ses promenades (en termes de durée, fréquence, distance, contacts avec les chiens ou avec les personnes, ...) ?**

\_\_\_\_\_

**Si la personne est propriétaire du chien :**

**18. Avez-vous d'autres espèces animales dans le foyer ?**

Oui Non

**19. Si oui, quelle(s) espèce(s) et combien ?**

\_\_Chat(s)      \_\_Autre(s) : \_\_\_\_\_

**20. Comment votre chien se comporte-t-il avec votre (vos) autre(s) chien(s) ? (plusieurs réponses possibles)**

Ils jouent ensemble

Ils dorment ensemble

Ils sont indifférents l'un envers l'autre

J'observe parfois des comportements agressifs

Autre (précisez) :

**21. Comment votre chien se comporte-t-il avec votre (vos) chat(s) ? (plusieurs réponses possibles)**

Ils jouent ensemble

Ils dorment ensemble

Ils sont indifférents l'un envers l'autre

J'observe parfois des comportements agressifs

Mon/mes chat(s) sort(ent) quasiment toute la journée. Il y a donc peu de contacts chien-chat

Autre (précisez) :

## Informations concernant les promenades

Pour le chien que vous possédez depuis le plus longtemps :

**1. En général sur une semaine, combien de promenades avec votre chien réalisez-vous dans cette zone ?**

Nb/semaine \_\_\_\_\_

**2. Quelle est la durée moyenne d'une promenade dans cette zone ?**

\_\_\_\_\_ heures \_\_\_\_\_ minutes

**3. Le chien est-il en laisse ou marche-t-il librement lors de ces promenades ?**

Toujours en laisse

Sans laisse dans certaines zones (parcs...) ou à certains moments (= mixte)

Toujours libre

**Si mixte ou quasi-toujours en laisse, précisez les endroits où il est en liberté et le % du temps de promenade en liberté : \_\_\_\_\_ et \_\_\_\_\_ %**  
du temps de promenade en liberté

**Si libre possible (libre ou mixte), est-il toujours dans votre champ de vision ?**

Oui Non Ça dépend des zones

**4. Réalisez-vous des promenades hors de cette zone/quartier au cours de la semaine (qui nécessiteraient de prendre la voiture ou les transports par exemple) ?**

Oui Non

**Si oui où ?**

Bois

Parc

Ville

Campagne

Autre (précisez) : \_\_\_\_\_

**Pendant combien de temps en moyenne ?**

\_\_\_\_\_

**5. Pensez-vous avoir vu toutes les interactions de votre chien avec d'autres chiens au cours de la semaine (quel que soit le lieu) ? si non pourquoi**

Oui Non (expliquez) :

**6. Si votre chien entre en contact ou va entrer en contact avec un autre chien, est-ce que vous le retenez pour éviter le contact ? si oui pourquoi ?**

\_\_\_\_\_

## Trajet de la promenade

1. Vos trajets de promenade dans cette zone incluent-ils un lieu de regroupement de chiens (type parc, stade, ...) ?

Oui, à chaque promenade      Oui, parfois      Non, jamais

Préciser parfois (proportion des promenades) : \_\_\_\_\_

2. Donner le nom du/des lieu(x) de regroupement de chiens que vous fréquentez :

\_\_\_\_\_

3. Combien de temps restez-vous en moyenne dans ce type de lieu lors d'une seule promenade ?

\_\_\_\_\_

4. Laissez-vous votre chien aller au contact (ex. : jeu) avec les autres chiens dans ces lieux ?

Oui      Non      Cela dépend des moments (précisez : \_\_\_\_\_)

5. Combien de trajets de promenade différents réalisez-vous dans cette zone ?

\_\_\_\_\_ trajets différents

6. Tracez vos trajets habituels de promenades réalisées avec votre chien dans cette zone sur une semaine, en faisant également figurer les lieux de regroupement (par une croix).

7. Veuillez indiquer les créneaux horaires approximatifs auxquels vous avez fait cette / ces promenade(s) pendant la semaine pour chaque trajet de promenade identifié : jour de la semaine et plage horaire

### Trajet N°1 (plage horaire)

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche

### Trajet N°2

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche

### Trajet N°3

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche

Contacts entre chiens lors de la semaine précédente (promenades et autres, c-à-d lors de la promenade habituelle, lors de promenade dans d'autres zones, au domicile avec les chiens du propriétaire, au domicile si visite d'autres personnes, etc.)

Énoncer définition **contact** : “ Sont considérés comme des contacts toutes interactions : Amicales (jeu), Neutres (reniflement) ou agression (altercations entre chiens, morsures...) “

Pour le chien possédé depuis le plus longtemps :

1. Êtes-vous capable de lister tous les chiens avec lesquels votre chien est entré en contact au cours de la semaine dernière ?

Oui                      Non

Si oui, répondre précisément aux questions suivantes, sinon répondre approximativement

2. Avec combien de chien(s) différent(s) votre chien entre-t-il en contact pendant la semaine au cours de vos promenades ?

\_\_\_\_\_chien(s)

3. Combien de contact(s) au total votre chien a-t-il avec les autres chiens pendant la semaine au cours de vos promenades ?

\_\_\_\_\_contact(s)

Si pas possible de lister les chiens :

4. Quel est le nombre minimal de contacts avec un même chien en une semaine (i.e. combien de fois avez-vous rencontré sur une semaine le/les chiens que vous voyez le moins souvent) ?

\_\_\_\_\_

5. Quel est le nombre maximal de contacts avec un même chien en une semaine (i.e. combien de fois avez-vous rencontré sur une semaine le/les chiens que vous voyez le plus souvent) ?

\_\_\_\_\_

6. Quel est le nombre moyen de contacts avec un même chien en une semaine (i.e. combien de fois avez-vous rencontré en moyenne sur une semaine un même chien) ?

\_\_\_\_\_

Remplir les tableaux suivants :

*NB : ne prend pas en compte les contacts avec les animaux du foyer*

Si pas possible de lister les chiens en contact, donner les principaux chiens rencontrés

*Remplir autant de lignes que de besoin*

	<b>Caractéristiques (race, couleur, taille, propriétaire...)</b>	<b>Type(s) de "contact"</b> = Amical (jeu), agression, neutre (reniflement)	<b>Circonstance</b> = lieu de promenade habituel, lieu de promenade autre	<b>Durée moyenne de "contact"</b>	<b>Nb de "contacts" au cours en général sur une semaine</b>
<b>Chien 1</b>		Amical Neutre Agression		Durée de contact amical :  Durée de contact neutre :  Durée de l'agression :	Nombre de contacts amicaux :  Nombre de contacts neutres :  Nombre d'agressions :
<b>Chien 2</b>		Amical Neutre Agression		Durée de contact amical :  Durée de contact neutre :  Durée de l'agression :	Nombre de contacts amicaux :  Nombre de contacts neutres :  Nombre d'agressions :

7. Avec combien de chien(s) différent(s) votre chien est-il entré en contact lors du mois dernier au cours de visites de proches ?

\_\_\_\_\_chien(s)

Visites de proches :

	Caractéristiques (race, couleur, taille, propriétaire...)	Durée moyenne de "contact"	Nb de visites au cours du mois dernier
Chien 1			
Chien 2			

Notes et commentaires :



**8. Votre chien est-il susceptible d'avoir des contacts en dehors des promenades ou visite de vos proches (ex : à travers un grillage, ...) ?**

Oui                  Non                  Je ne sais pas

**Si                  oui                  précisez                  :** \_\_\_\_\_

**9. Au cours de l'année passée, votre chien a-t-il déjà eu des contacts avec des animaux vivants de la faune sauvage pendant ses promenades ?**

Oui                  Non                  Je ne sais pas

**Si oui, avec quelle(s) espèce(s) ? Et combien environ ? (noter par exemple : rat (10), hérisson (5), ...)**

\_\_\_\_\_

Période de crise sanitaire : COVID-19 et les promenades

**1. Est-ce que la crise sanitaire due à la COVID-19 a modifié la façon dont vous promenez votre chien actuellement ?**

Oui                  Non

**Si oui, comment (durée, fréquence, distance, contacts, ...) ?**

\_\_\_\_\_

## Profil du propriétaire du/des chien(s)

### Genre

Masculin      Féminin      Autre

### Classe d'âge

- a. 15-19 ans
- b. 20-24 ans
- c. 25-29 ans
- d. 30-34 ans
  
- e. 35-39 ans
- f. 40-44 ans
- g. 45-49 ans
- h. 50-54 ans
- i. 55-59 ans
- j. 60-64 ans
- k. 65 ans ou plus

### Type d'activité

- a. Agriculteur exploitant
- b. Artisan, commerçant ou chef d'entreprise
- c. Cadre et profession intellectuelle supérieure
- d. Profession intermédiaire
- e. Employé
- f. Ouvrier
- g. Retraité
- h. Sans activité professionnelle

#### **Si oui, sélectionnez un ci-dessous**

- i. Elèves, étudiants
- ii. Chômeur
- iii. Sans emploi

Autre : \_\_\_\_\_

### Si actif

- a. Plein temps
- b. Temps partiel

**Exercez-vous un métier en lien avec les animaux ou étudiez-vous afin d'exercer un métier en lien avec les animaux ?**

Oui            Non

**Si oui lequel ? (si vous êtes étudiant, précisez votre futur métier)**

Vétérinaire

ASV

Educateur

Eleveur

Association de protection animale

Animalerie

Soigneur

Maitre-chien

Autre \_\_\_\_\_ :

**Quel est votre niveau d'activité physique (ne pas prendre en compte les promenades de chiens à proximité du domicile) ?**

Sportif très actif (> 4h de sport par semaine)

Sportif actif (1 à 4h de sport par semaine)

Sportif peu actif (<1h par semaine)

Sédentaire (pas de sport ou très exceptionnel)

**Composition du foyer**

Vivant seul                      Vivant en couple                      Avec colocataire(s)  
    Chez ses parents                      Autre                      : \_\_\_\_\_

**Enfants vivant au foyer**

    Enfants                      Sans enfants

**Si                      oui,                      combien                      ?                      \_\_\_\_\_**

**Type du logement**

    Maison/appartement avec jardin

    Maison/appartement sans jardin

    SDF

### Annexe 3 : Impact d'une éventuelle affection aiguë sur la promenade

Dans le questionnaire, une question hypothétique était posée afin de savoir si une éventuelle affection aiguë pouvait impacter la façon dont les promenades sont réalisées, et si oui comment. Cela permettait de mettre en évidence un changement dans les habitudes de promenade en cas de maladie, notamment infectieuse, ce qui pourrait amener à une propagation de l'agent pathogène dans le réseau

La majorité des propriétaires pensaient qu'une potentielle maladie aiguë influencerait sur leur promenade. Les principales conséquences évoquées étaient une baisse de la durée de promenade, une promenade à la demande du chien, une baisse de la distance de promenade, ou une promenade adaptée aux conseils de leur vétérinaire. Il est donc possible qu'une éventuelle maladie infectieuse ne se propagerait pas facilement dans le réseau si des signes cliniques venaient à se manifester chez l'animal, bien qu'aucun propriétaire n'ait déclaré vouloir empêcher les contacts avec d'autres chiens dans ce cas.

Variable	Catégorie	Valeur de l'indicateur
<b>Hypothèse : si votre chien souffrait d'une affection aiguë, cela influencerait-il votre promenade? (%)</b>	Oui	82 % (22/27)
	Non	19 % (5/27)
<b>Influence d'une affection aiguë hypothétique sur la promenade (parmi les réponses positives à la question précédente) (%)</b>	Baisse durée	45 % (10/22)
	Baisse distance	32 % (7/22)
	Augmentation de fréquence	5 % (1/22)
	À la demande du chien	41 % (9/22)
	Selon les conseils du vétérinaire	9 % (2/22)

**Annexe 4 : Données du modèle « capture – recapture »**

<b>Numéro du chien</b>	<b>Observation 1</b>	<b>Observation 2</b>	<b>Observation 3</b>
1	1	0	0
2	1	0	0
3	1	0	0
4	1	0	0
5	1	1	0
6	1	0	0
7	1	0	0
8	1	0	0
9	1	1	1
10	1	0	0
11	1	0	0
12	1	0	0
13	1	0	0
14	1	0	0
15	1	0	1
16	1	0	0
17	1	0	0
18	0	1	1
19	0	1	0
20	0	1	0
21	0	1	0
22	0	1	0
23	0	1	0
24	0	0	1
25	0	0	1
26	0	0	1
27	0	0	1
28	0	0	1
29	0	0	1
30	0	0	1

*Les numéros ne correspondent pas aux numéros des chiens présentés dans le manuscrit des questionnaires mais constituent une numérotation à part.*

**Annexe 5 : Caractéristiques intra-réseau de centralité du réseau d'affiliation total**

<b>Nœuds</b>	<b>Proximité</b>	<b>Degré</b>	<b>Intermédierité</b>
<b>C1</b>	0,00197239	13	48,5
<b>C2</b>	0,00160256	23	7
<b>C3</b>	0,00195313	12	6
<b>C4</b>	0,00234742	15	38,3333333
<b>C5</b>	0,00255102	26	74,1666667
<b>C6</b>	0,0025	23	59,4166667
<b>C7</b>	0,00112867	18	0
<b>C8</b>	0,00257069	8	111,5
<b>C9</b>	0,00161031	18	3
<b>C10</b>	0,00163399	22	0,75
<b>C11</b>	0,00200803	18	33
<b>C12</b>	0,00201207	26	0
<b>C13</b>	0,00148588	26	0
<b>C14</b>	0,00260417	16	55,4166667
<b>C15</b>	0,00201207	23	0
<b>C16</b>	0,00165838	27	5
<b>C17</b>	0,00103627	25	0
<b>C18</b>	0,00154083	27	0
<b>C19</b>	0,00225734	23	30,5
<b>C20</b>	0,0012285	23	0
<b>C21</b>	0,0015625	22	0
<b>C22</b>	0,00239808	23	15,8333333
<b>C23</b>	0,00276243	27	79,6666667
<b>C24</b>	0,00163666	24	0
<b>C25</b>	0,0015674	9	0
<b>C26</b>	0,00189394	24	0
<b>C27</b>	0,00242131	20	37,0833333
<b>C28</b>	0,0018315	22	5,5
<b>C29</b>	0,00225734	23	30,5

**Annexe 6 : Caractéristiques intra-réseau de centralité du réseau d'affiliation limité aux lieux de regroupement**

<b>Nœuds</b>	<b>Proximité</b>	<b>Degré</b>	<b>Intermédialité</b>
<b>C1</b>	0,0026178	8	35,5
<b>C2</b>	0,00265957	15	6
<b>C3</b>	0,0031746	9	23,5
<b>C4</b>	0,00326797	5	3,4
<b>C5</b>	0,00384615	11	113,233333
<b>C6</b>	0,00160772	2	0
<b>C7</b>	0,00244499	13	1,5
<b>C8</b>	NA	0	0
<b>C9</b>	0,0021978	6	2
<b>C10</b>	NA	0	0
<b>C11</b>	0,00282486	11	6,5
<b>C12</b>	0,00226244	11	0
<b>C13</b>	0,00204082	21	0
<b>C14</b>	0,00320513	10	34,8333333
<b>C15</b>	0,00269542	15	8
<b>C16</b>	0,0031348	19	30,1666667
<b>C17</b>	0,00247525	21	0
<b>C18</b>	0,00271739	24	9,83333333
<b>C19</b>	0,0037594	20	46,2333333
<b>C20</b>	0,00266667	21	0,33333333
<b>C21</b>	0,00263852	15	22
<b>C22</b>	0,00265252	15	16,5
<b>C23</b>	0,00323625	17	68,6666667
<b>C24</b>	0,00186916	7	0
<b>C25</b>	0,00187617	3	0
<b>C26</b>	0,00189753	17	0
<b>C27</b>	0,00247525	16	0
<b>C28</b>	NA	0	0
<b>C29</b>	0,0037594	20	46,2333333

\*NA : Non applicable

### Annexe 7 : Caractéristiques intra-réseaux de centralité du réseau direct

Nœuds	Proximité	Degré	Intermédiarité	Nœuds	Proximité	Degré	Intermédiarité	Nœuds	Proximité	Degré	Intermédiarité	Nœuds	Proximité	Degré	Intermédiarité
C1	6,89E-05	3	122	C28	1,02E-02	5	3	C56	7,30E-03	1	0	C84	4,58E-05	1	0
C2	1,21E-04	7	199	C29	1,62E-04	8	18,33	C57	3,56E-03	1	0	C85	4,26E-05	1	0
C3	7,69E-02	3	3	C31	8,44E-05	2	120	C58	6,71E-03	1	0	C86	7,42E-05	1	0
C4	2,00E-01	1	0	C32	7,79E-05	3	0	C59	1,11E-04	1	0	C87	9,13E-05	1	0
C5	1,16E-04	2	42	C33	1,28E-04	3	0	C61	1,26E-04	1	0	C88	9,49E-05	1	0
C6	1,08E-04	7	336	C34	7,31E-05	2	4	C62	7,81E-03	2	0,33	C89	9,13E-05	1	0
C7	8,26E-03	5	10	C35	1,63E-04	5	81	C63	7,81E-03	2	0,33	C90	3,33E-03	1	0
C8	6,50E-05	1	0	C36	1,58E-04	3	0	C64	7,81E-03	2	0,33	C91	5,00E-03	1	0
C9	1,29E-04	4	293	C37	7,79E-05	3	0	C65	6,25E-03	2	0	C92	5,00E-03	1	0
C10	1,02E-02	5	3	C38	1,58E-04	3	0	C66	1,20E-04	1	0	C93	3,70E-03	1	0
C11	1,41E-04	4	582	C39	1,59E-04	1	0	C67	8,25E-05	1	0	C94	3,70E-03	1	0
C12	1,41E-04	6	536	C40	6,53E-05	2	42	C68	6,83E-05	1	0	C95	3,70E-03	1	0
C13	1,27E-04	3	83	C41	3,11E-05	1	0	C69	8,25E-05	1	0	C96	3,70E-03	1	0
C14	4,55E-02	3	3	C42	1,13E-04	2	0	C70	1,35E-04	2	432	C97	3,70E-03	1	0
C15	1,27E-04	5	477	C43	1,15E-04	2	0	C71	8,56E-05	1	0	C98	2,74E-03	1	0
C16	NA*	0	0	C44	7,90E-05	1	0	C72	9,60E-05	1	0	C99	1,16E-03	1	0
C17	3,33E-02	1	0	C45	4,35E-02	1	0	C73	3,85E-02	1	0	C100	1,10E-03	1	0
C18	9,52E-03	3	3	C46	4,35E-02	1	0	C74	2,38E-02	1	0	C101	2,74E-03	1	0
C19	1,62E-04	8	18,33	C47	5,26E-02	1	0	C75	2,38E-02	1	0	C102	7,31E-05	1	0
C20	1,62E-04	9	34,33	C48	2,00E-01	1	0	C76	1,07E-04	2	306	C103	5,87E-05	1	0
C21	4,77E-05	3	83	C49	5,17E-05	1	0	C77	1,21E-04	1	0	C104	8,31E-05	1	0
C22	1,03E-04	6	302	C50	1,07E-04	1	0	C78	1,05E-04	1	0	C105	7,51E-05	1	0
C23	7,14E-03	3	3	C51	1,05E-04	1	0	C79	3,33E-02	1	0	C106	7,51E-05	1	0
C24	4,44E-03	6	35	C52	1,05E-04	1	0	C80	5,13E-03	1	0	C107	1,10E-04	1	0
C25	4,35E-03	5	30	C53	1,05E-04	1	0	C81	6,06E-03	1	0				
C26	9,69E-05	5	36	C54	3,83E-03	1	0	C82	6,06E-03	1	0				
C27	1,05E-04	6	50	C55	3,83E-03	1	0	C83	5,83E-05	1	0				

\*NA : Non applicable



**Annexe 8 : Caractéristiques intra-réseau de centralité du réseau direct limité à 29 chiens**

<b>Nœud</b>	<b>Proximité</b>	<b>Degré</b>	<b>Intermédiarité</b>
<b>C1</b>	1,58E-03	1	0
<b>C2</b>	4,00E-02	2	1
<b>C3</b>	NA*	0	0
<b>C4</b>	NA*	0	0
<b>C5</b>	2,86E-02	1	0
<b>C6</b>	2,93E-03	2	2
<b>C7</b>	NA*	0	0
<b>C8</b>	NA*	0	0
<b>C9</b>	2,50E-02	1	0
<b>C10</b>	8,33E-04	1	0
<b>C11</b>	2,93E-03	2	2
<b>C12</b>	2,69E-03	1	0
<b>C13</b>	1,00E+00	1	0
<b>C14</b>	NA*	0	0
<b>C15</b>	1,00E+00	1	0
<b>C16</b>	NA*	0	0
<b>C17</b>	NA*	0	0
<b>C18</b>	NA*	0	0
<b>C19</b>	4,76E-03	2	0
<b>C20</b>	7,14E-03	2	1
<b>C21</b>	NA*	0	0
<b>C22</b>	NA*	0	0
<b>C23</b>	NA*	0	0
<b>C24</b>	2,00E-01	1	0
<b>C25</b>	2,00E-01	1	0
<b>C26</b>	1,19E-03	1	0
<b>C27</b>	1,19E-03	1	0
<b>C28</b>	8,33E-04	1	0
<b>C29</b>	4,76E-03	2	0

\*NA : Non applicable

# EXPLORATION D'UN RÉSEAU DE CONTACTS ENTRE CHIENS DE COMPAGNIE EN ÎLE-DE-FRANCE

---

**AUTEUR : Léa-Marie RAVAUX**

## **RÉSUMÉ :**

Dans un contexte d'augmentation des populations canines dans les pays développés, la gestion sanitaire et les habitudes de promenade des chiens de compagnie par leurs propriétaires sont au cœur des problématiques de circulation des maladies infectieuses, comme la rage. Or, les contacts entre chiens demeurent nombreux et de nature variée, qu'il s'agisse des mouvements d'animaux, des pratiques de promenade ou de la fréquentation importante des lieux de regroupement canin.

L'étude des réseaux de contacts permet d'apporter une vision globale de leur structure, et de leur potentiel dans la diffusion des maladies infectieuses. Cependant peu de données sont disponibles sur les réseaux de contacts entre chiens dans les pays développés. L'objectif de cette étude était de décrire les caractéristiques d'un réseau de contacts situé en Île-de-France à l'aide d'un questionnaire, et de proposer deux méthodes de reconstruction de ce réseau. La première méthode proposée, dite par affiliation, a permis d'établir une cooccurrence spatio-temporelle en s'appuyant sur les trajets de promenade effectués par les propriétaires. La deuxième méthode, dite directe, s'est appuyée sur une compilation de réseaux personnels des chiens du réseau.

Un faible taux de réponse au questionnaire (47 %) a été observé, compromettant l'exhaustivité du réseau. Une analyse descriptive des chiens, de leurs propriétaires et des habitudes de promenade a été réalisée. Les réseaux d'affiliation possédaient une structure avec une densité élevée, une transitivity élevée et des chemins courts, semblables aux réseaux de type « petit monde ». Or, ce type de structure de réseau de contacts a un potentiel non négligeable de contribution à la diffusion d'agents pathogènes. Les réseaux directs avaient une densité faible, une taille réduite et un nombre de composantes élevé compromettant la cohésion du réseau. Les résultats obtenus par les deux méthodes étaient donc divergents, en lien avec la différence de méthodologie et le manque d'exhaustivité des réponses au questionnaire. Pour le réseau d'affiliation, une étude limitée aux lieux de regroupement canin semblait être une bonne approximation de l'étude de la zone complète, avec une forte corrélation des pondérations des liens obtenues.

Cette étude constitue une première étape dans l'analyse des réseaux de contacts entre chiens de compagnie en France, en lien avec de nombreuses problématiques de santé publique. Les méthodes décrites représentent une démarche pertinente dans l'analyse des structures des populations canines et des dynamiques de propagation des maladies infectieuses. Plusieurs pistes d'amélioration pourraient être envisagées dans des études complémentaires sur le sujet.

**MOTS CLÉS : ANALYSE DE RÉSEAUX, CONTACTS, INTERACTIONS, CHIEN DE COMPAGNIE**

## **JURY :**

Président : Pr DESQUILBET Loïc

Directeur de thèse : Dr CROZET Guillaume

Examinatrice : Pr GILBERT Caroline

# EXPLORATION OF A CONTACT NETWORK BETWEEN DOMESTIC DOGS IN ILE-DE-FRANCE

---

**AUTHOR: Léa-Marie RAVAUX**

## **SUMMARY:**

With dog populations on the increase in developed countries, the health management and walking habits of domestic dogs by their owners are at the heart of the problems surrounding the circulation of infectious diseases, such as rabies. Contact between dogs are numerous and varied in nature, whether in terms of animal movements, walking practices or because of the large number of people gathering in dog parks.

The study of contact networks provides an overview of their structure and their potential for the spread of infectious diseases. However, little data is available on contact networks between dogs in developed countries. The aim of this study was to describe the characteristics of a contact network located in the Île-de-France region, using a questionnaire, and to propose two methods for reconstructing this network. The first method, known as "affiliation", was used to establish spatio-temporal co-occurrence, based on the owners' walking routes with their dogs. The second method, known as "direct" method, was based on a compilation of the personal networks of the dogs belonging to the network.

A low response rate to the questionnaire (47 %) was observed, compromising the completeness of the network. A descriptive analysis of the dogs, their owners and their walking habits was carried out. The affiliation networks had a structure with high density, high clustering coefficient and short paths, similar to 'small world' type networks. This type of structure has a significant potential to contribute to the spread pathogens. The direct networks had low density, small size and a high number of components, compromising the cohesion of the network. The results obtained by the two methods were therefore divergent, due to the difference in methodology and a lack of exhaustiveness of the responses to the questionnaire. For the affiliation network, a study limited to dog grouping locations seemed to be a good approximation for the study of the complete area, with a strong correlation in the edge weights obtained.

This study represents a first step in the analysis of contact networks between domestic dogs in France, which are linked to numerous public health issues. The methods described represent a relevant approach to analysing dog population structures and the dynamics of the spread of infectious diseases. Several areas for improvement could be considered in further studies on the subject.

**KEYWORDS:** NETWORK ANALYSIS, CONTACTS, INTERACTIONS, DOMESTIC DOG

## **JURY:**

Chairperson: Pr DESQUILBET Loïc

Thesis Director: Dr CROZET Guillaume

Reviewer: Pr GILBERT Caroline