



**HAL**  
open science

# La stérilisation des chats en Australie : facteurs d'influence et témoin d'une évolution des pratiques vétérinaires

Loïc Mazeau

## ► To cite this version:

Loïc Mazeau. La stérilisation des chats en Australie : facteurs d'influence et témoin d'une évolution des pratiques vétérinaires. Médecine vétérinaire et santé animale. 2022. dumas-03771844

**HAL Id: dumas-03771844**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03771844v1>**

Submitted on 12 Sep 2022

**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.

# LA STERILISATION DES CHATS EN AUSTRALIE : FACTEURS D'INFLUENCE ET TÉMOIN D'UNE EVOLUTION DES PRATIQUES VETERINAIRES

---

THESE

pour obtenir le titre de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**MAZEAU Loïc**

**Directrice de thèse : Mme Sylvie CHASTANT**

---

**JURY**

PRESIDENT :  
**M. Laurent MOLINIER**

Professeur à l'Université Paul Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :  
**Mme Sylvie CHASTANT**  
**M. Timothée VERGNE**

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE  
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE







---

## REMERCIEMENTS

---

**Au président du jury de thèse,**

**A Monsieur le Professeur Laurent MOLINIER**

Professeur des universités,  
Praticien hospitalier,  
*Médecine de la Reproduction*

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,  
Hommage respectueux et sincères remerciements.

**Au jury de thèse,**

**A Madame le Professeur Sylvie CHASTANT,**

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
*Reproduction*

Qui m'a fait confiance pour m'accompagner dans cette thèse,  
Sincères remerciements pour votre disponibilité, vos conseils et votre implication.

**A Monsieur le Docteur Timothée VERGNE,**

Maitre de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
*Maladies animales réglementées, santé publique vétérinaire*

Qui a très aimablement accepté de faire partie de mon jury de thèse,  
Sincères remerciements pour votre aide.

**À l'équipe de la Faculté de Sciences Vétérinaires de Sydney,**

**A Madame le Docteur Lara BOLAND**

Maitre de Conférences de la Faculté de Sciences Vétérinaires de Sydney,  
*Médecine canine et féline*

Qui m'a donné accès à ce projet et m'a accompagné dans sa réalisation,  
Sincères remerciements pour votre accueil chaleureux et pour cette opportunité.

**A Madame le Professeur Julia BEATTY**

Professeur de la Faculté de Sciences Vétérinaires de Sydney,  
*Médecine canine et féline*

Qui a supervisé la réalisation de ce projet, sa rédaction et sa publication,  
Sincères remerciements pour votre aide et votre implication.

**A Madame le Docteur Claire WYLIE**

Maître de Conférences de la Faculté de Sciences Vétérinaires de Sydney  
*Evidence-Based Practice*

Qui a participé à la construction de l'étude et à son étude statistique,  
Sincères remerciements pour vos conseils avisés et votre implication.

---

## TABLE DES MATIERES

---

<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>3</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>5</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Matériels et méthodes</b> .....	<b>17</b>
2.1. Élaboration des bases de données .....	17
2.2. Variables d'intérêt et recodage.....	19
2.3. Analyse statistique .....	25
<b>3. Résultats</b> .....	<b>27</b>
3.1. Description de la population d'étude .....	27
3.2. Prévalence et facteurs influençant la stérilisation chez les chats australiens .....	28
3.3. Facteurs influençant l'âge de stérilisation.....	31
3.4. Comparaison de l'âge de stérilisation entre deux cohortes consécutives de chats australiens ..	38
<b>4. Discussion</b> .....	<b>45</b>
4.1. Limites de l'étude.....	45
4.2. Pratiques actuelles et gestion des populations de chats .....	46
4.3. Facteurs d'influence des pratiques de stérilisation des chats en Australie.....	47
<b>5. Conclusion</b> .....	<b>50</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>51</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>59</b>





## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Variables disponibles et exploitées.....	18
<b>Figure 2.</b> Illustration de la VCAdb brute.....	19
<b>Figure 3.</b> Illustration de la VCAdb recodée pour l'étude de l'âge de stérilisation (script scriptF_AGE.py). ....	19
<b>Figure 4.</b> Structures définies par l'ABS : aires statistiques géographiques organisant le territoire australien et leurs interactions <sup>64</sup> . ....	22
<b>Figure 5.</b> Structures non définies par l'ABS : régions qui les composent et leurs interactions avec les structures de l'ABS <sup>64</sup> . ....	23
<b>Figure 6.</b> Carte des aires d'isolement définies par l'ABS en 2016 <sup>66</sup> .....	24
<b>Figure 7.</b> Distribution des chats de la VCAdb selon les indices socio-économiques.....	28
<b>Figure 8.</b> Taux de stérilisation des chats sur le territoire australien. ....	30
<b>Figure 9.</b> Corrélation entre le taux de stérilisation et les conditions socio-économiques du territoire. ....	31
<b>Figure 10.</b> Distribution de l'âge de stérilisation d'une cohorte de chats australiens stérilisés et nés entre 2010 et 2017 inclus. ....	33
<b>Figure 11.</b> Comparaison de l'influence des sexes, races et saisons de naissances sur l'âge de stérilisation. ....	35
<b>Figure 12.</b> Illustration de l'interaction entre sexe et race pour les 4 seuils d'âge de stérilisation. ....	37
<b>Figure 13.</b> Illustration de l'effet d'interaction entre aire d'isolement et saison de naissance pour l'âge de stérilisation à 6 mois. ....	37
<b>Figure 14.</b> Boxplots montrant la répartition de l'âge de stérilisation chez les chats nés entre 1995 et 2009 (en haut) et entre 2010 et 2017 (en bas). ....	39
<b>Figure 15.</b> Comparaison de la proportion de chats stérilisés avant l'âge de 4, 6, 12 et 24 mois dans une cohorte de chats australiens nés dans deux périodes consécutives. ....	39
<b>Figure 16.</b> Comparaison de l'influence des sexes sur l'âge de stérilisation dans les deux cohortes. ....	41
<b>Figure 17.</b> Comparaison de l'influence de la race sur l'âge de stérilisation dans les deux cohortes. ....	42
<b>Figure 18.</b> Comparaison de l'influence de l'isolement du foyer sur l'âge de stérilisation dans les deux cohortes. ....	43



## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> Avantages et risques de la SP selon la littérature.....	13
<b>Tableau 2.</b> Résumé des populations d'étude des 3 sections du projet.....	18
<b>Tableau 3.</b> Correspondances entre mois de naissance et saison de naissance utilisé par le script Python.....	20
<b>Tableau 4.</b> Distribution des chats de la VCAdb selon l'aire isolement.....	27
<b>Tableau 5.</b> Prévalence et facteurs d'influence de la stérilisation des chats australiens sur une cohorte née entre 2010 et 2017 inclus.....	29
<b>Tableau 6.</b> Facteurs influençant l'âge de stérilisation.....	34
<b>Tableau 7.</b> Comparaison des populations des deux cohortes.....	38
<b>Tableau 8.</b> Résultats de la régression logistique multivariable entre l'âge de stérilisation et la période de naissance.....	40



## LISTE DES ABREVIATIONS

**ABS** : Australian Bureau of Statistics

**AIC** : Akaike Information Criterion

**IC<sub>95</sub>** : Intervalle de Confiance à 95%

**EPR** : Electronic Patient Record – Dossier patient numérique

**IER** : Index of Economic Resources - Index des ressources économiques

**IER<sub>q</sub>** : Index quantile of Economic Resources - Quantile de l'index des ressources économiques

**IRSD** : Index of Relative Socio-economic Disadvantage - Index du désavantage socio-économique relatif

**IRSD<sub>q</sub>** : Index quantile of Relative Socio-economic Disadvantage - Quantile de l'index du désavantage socio-économique relatif

**ISFM** : International Society of Feline Medicine

**MCA** : Major Cities of Australia - Villes australiennes majeures

**NA** : Non Accessible

**OR** : Odds-Ratio

**RA** : Remoteness Area - Aire d'isolement

**RSPCA** : Royal Society for Prevention of Cruelty to Animals

**SA3** : Aire Statistique de niveau 3

**SP** : Stérilisation Précoce (avant 4 mois d'âge)

**VCA** : VetCompass Australia

**VCadb** : base de données globale de VetCompass Australia 2017

## ***États Australiens***

**ACT** : Australian Capital Territory - Territoire de la Capitale

**QLD** : Queensland

**NSW** : New South Wales - Nouvelles Galles du Sud

**SA** : Southern Australia - Australie du Sud

**TAS** : Tasmania - Tasmanie

**VIC** : Victoria

**WA** : Western Australia - Australie Occidentale

## 1. Introduction

En Australie, la pression de prédation par les chats errants et sauvages sur la faune est un réel problème, notamment vis-à-vis des populations d'oiseaux, de petits mammifères, et en second lieu, de lézards<sup>1,2</sup>. Malgré de faibles densités de populations de chats errants en zone rurale (0,003 à 0,001/ha en moyenne)<sup>3</sup>, leur territoire peut s'étendre à 2,86ha dans ces zones<sup>4</sup>. Sachant qu'on estime alors à plus de 99,8% la proportion du territoire australien occupé par des chats errants<sup>5</sup>, la pression exercée sur la faune sauvage peut être à l'origine d'une diminution massive des populations, d'échecs de réintroduction d'espèces et même d'extinction de certaines<sup>6,7</sup>.

Trois types d'action peuvent contribuer à la réduction de la population de chats errants : la stérilisation, l'identification et recensement de leur animal, et son confinement total. Les chats errants sont considérés comme un problème par 70% des habitants du Queensland<sup>8</sup>. En effet, il est souvent rapporté que ces chats montent et donc salissent leur voiture. Mais les nuisances ne concernent pas que les carrosseries : prédation de faune sauvage, dommages dans le jardin, attaque d'oiseaux domestiques, nuisances sonores lors de bagarres ou jets d'urine malodorants sur le mobilier sont tout autant rapportés par ces habitants<sup>9</sup>. Tant les propriétaires que les non-propriétaires de chats considèrent que certaines mesures telles que l'obligation de stérilisation – excepté pour les éleveurs recensés – et d'identification des chats devraient être prises. Mais si propriétaires comme non-propriétaires de chats sont en faveur d'accorder à la municipalité le pouvoir de limiter le nombre de chats par foyer, seuls les non-propriétaires pensent que le confinement total serait une mesure nécessaire<sup>8</sup>. La stérilisation des chats domestiques et leur identification semblent alors être les deux mesures envisageables pour l'aide au contrôle des populations de chats errants et sauvages en Australie.

La réduction de la reproduction des chats domestiques contribue à prévenir les portées non souhaitées. En effet, une femelle peut donner naissance à 1 à 3 portées de 1 à 6 chatons chaque année<sup>10</sup>. Ces portées non souhaitées sont fréquemment la conséquence de pubertés précoces venant surprendre les propriétaires<sup>11</sup> avec des premières chaleurs à 3,5 mois d'âge pour certaines femelles<sup>12</sup> – au lieu d'intervenir entre 5 et 9 mois<sup>10,13,14</sup>. Les portées non-souhaitées sont fréquentes (jusqu'à 80% des portées au Royaume-Uni)<sup>11,15</sup>, et constituent jusqu'à 30% des abandons en refuges<sup>12,16,17</sup>, dans lesquels les chats de moins de 6 mois sont une majorité<sup>18-21</sup>. Ces portées non-souhaitées alimentent les populations de chats errants<sup>22</sup>, ce qui pose non seulement un problème de bien-être animal mais aussi constitue une pression supplémentaire sur la faune sauvage, déjà mise en danger par la perte d'habitat, le réchauffement climatique et les autres prédateurs<sup>23,24</sup>.

La stérilisation chirurgicale, ou castration chirurgicale, est une opération de convenance qui prévient effectivement la survenue de portées non-souhaitées notamment si elle est réalisée avant la puberté<sup>25</sup>. La stérilisation précoce (SP) est réalisée lorsque le chaton atteint un poids d'1kg, ce qui correspond habituellement à un âge de 4 mois. Actuellement, l'âge traditionnel de stérilisation aux États-Unis<sup>26,27</sup>, au Royaume-Uni<sup>12,28</sup>, en France<sup>29</sup> et en Australie<sup>30</sup> est de 6 mois d'âge. La SP est une pratique répandue dans les refuges australiens depuis plus de 30 ans,



et est encouragée par l'ISFM (International Society of Feline Medicine)<sup>31</sup>, la RSPCA Australia (Royal Society for Prevention of Cruelty to Animals in Australia)<sup>32</sup> et The Cat Group (Royaume-Uni)<sup>33</sup>. Il est tout à fait légitime de s'inquiéter des potentiels risques que pourrait constituer une SP : augmentation du risque anesthésique, du risque de développement de maladies orthopédiques, comportementales et du tractus urinaire bas<sup>34</sup>, sachant que certains de ces derniers ont été démontré chez le chien<sup>35-37</sup>. Ces risques sont aujourd'hui de plus en plus controversés chez le chat et la littérature fournit de nombreuses preuves rassurantes au sujet de la sécurité de cette pratique voire des avantages apportés, résumées dans le Tableau 1 ci-après<sup>12,38-51</sup>.

La prise de conscience de l'impact de la SP sur la surpopulation de chats errants ne pourra se faire qu'une fois cette pratique adoptée par le corps vétérinaire, relai indispensable à l'éducation des clients et la formation des générations suivantes de vétérinaires. Cependant, la profession vétérinaire ne défend pas la SP à l'heure actuelle<sup>34</sup>. La plupart des vétérinaires sondés en Australie en 2013 recommandent la stérilisation des chats à 6 mois d'âge, et perçoivent le risque anesthésique comme la raison principale de ne pas recommander la SP<sup>30</sup>. En 2015, seul un tiers des enseignants des écoles vétérinaires Australiennes préconisait la SP, et la plupart des étudiants vétérinaires étaient diplômés sans avoir étudié la SP<sup>30,34</sup>. Dans l'État de l'Australian Capital Territory (ACT), où la stérilisation à 3 mois est obligatoire depuis 2007, seuls 5 vétérinaires sondés sur 52 recommandaient effectivement cet âge à leurs clients.

L'identification des variables ayant un effet tant sur le fait qu'un chat soit stérilisé que sur l'âge auquel l'acte est réalisé peut donner des clés afin de promouvoir la SP. À ce jour, peu d'études sur la prévalence et les facteurs d'influence de la stérilisation existent. En 2009, un sondage mené auprès des propriétaires de chats au Royaume-Uni a révélé que 92% des chats de plus de 6 mois étaient stérilisés, mais que ce taux n'était que de 66% pour les chats âgés de 6 à 12 mois<sup>15</sup>. Sur 900 chats présentés pour une identification par transpondeur en Australie Occidentale (Western Australia - WA), en 2012 et 2013, respectivement, seulement 49% et 28% des chats âgés de moins de 2 ans étaient stérilisés, contre 90% des chats de plus de 2 ans. Or l'âge de stérilisation est crucial pour le contrôle des populations de chats errants. Cette dernière étude ne montrait pas de différence entre les taux de stérilisation des mâles et celui des femelles, pour les deux années<sup>52</sup>.

**Tableau 1** Avantages et risques de la SP selon la littérature.

ABAU = Affections du Bas Appareil Urinaire. Per-op = per-opératoire. Post-op = post-opératoire. <sup>1</sup>Effet protecteur de la stérilisation augmenté si réalisée avant 6 mois d'âge. <sup>2</sup>Agression de jeu, destruction, peur de certains bruits/mouvements. <sup>3</sup>Chasse, destruction, comportement sexuel, peur, recherche d'attention, vol de nourriture, agressivité. <sup>4</sup>Bone-specific alkaline phosphatase (BAP), carboxy-terminal collagen teleopeptide (CTX), 17-β estradiol, progesterone, calcium (Ca) et phosphore (P). <sup>5</sup>Chasse, peur, destruction, recherche d'attention, vol de nourriture, vocalises, défaut de socialisation envers humains et animaux, agressivité, hyperactivité, toilettage excessif.

	Risque <b>diminué</b> par la SP	Risque <b>augmenté</b> par la SP	Risque <b>identique</b>	Temps de suivi post-op (mois)
Stubbs, W., et al. (1996)			Fermeture des cartilages de croissance, prise de poids, comportements sexuels, comportements agressifs ou au contraire affectueux	12
Howe, L. M. (1997)	Complications mineures per-op.		Complications per-op. majeures	0-0,25
Howe, L. M., et al. (2000)			Développement de maladie infectieuse, problèmes de comportement, problèmes urinaires	Mediane 37
Kustritz, M. V. R. (2002)			Obésité, Développement de maladies infectieuses, Fermeture des cartilages de croissance, Développement d'ABAU	>12
Spain, C. V., et al. (2004)	Développement d'abcès, asthme félin, gingivite Agressivité, hyperactivité, marquages urinaires	Timidité auprès des inconnus, Tendance à se cacher	Comportements sexuels	Mediane 47

<i>Overley, B., et al. (2005)</i>	Développement de carcinome mammaire <sup>1</sup>		Rétrospectif
<i>Porters, N., et al. (2014)a</i>	Temps opératoire, complications post-op.	Complications per-op.	
<i>Porters, N., et al. (2014)b</i>		Comportements indésirables chez le jeune <sup>2</sup> puis chez l'adolescent voire l'adulte <sup>3</sup>	24
<i>Perry, K. L., et al. (2014)</i>	Temps de fermeture des cartilages de croissance		17
<i>Roberts, M. L., et al. (2015)</i>		Complications post-op. de la plaie	0,25
<i>Uçmak, M., et al. (2015)</i>	Temps de fermeture des cartilages de croissance	Concentrations plasmatiques en marqueurs osseux <sup>4</sup> , croissance osseuse, densité osseuse	9
<i>Porters, N., et al. (2015)</i>		Développement d'ABAU, fractures, boiteries, hypersensibilité et dermatoses associées	12
<i>Moons, C. P., et al. (2018)</i>		Comportements indésirables <sup>5</sup>	60

Le défaut de connaissances sur le sujet de la stérilisation provient notamment d'un manque d'accessibilité à des données fiables sur les populations de chats. Ainsi, quasiment l'intégralité des études à ce sujet ont eu recours à des sondages, dont les biais et le nombre de répondants représentent souvent une limite<sup>15,23,52-56</sup>. VetCompass est un projet lancé en 2007 par le RVC (Royal Veterinary College) au Royaume-Uni. Cette base de données recense les dossiers cliniques anonymisés des patients de vétérinaires et les mets à disposition de la recherche. Ce projet nourrit alors des études épidémiologiques à très grande échelle dans les secteurs de la science et médecine vétérinaire, chez les carnivores domestiques et chez les équins. En 2016, VetCompass a été introduit en Australie grâce au soutien des différentes écoles vétérinaires ayant formé un consortium en vue de convaincre le Conseil Australien de la Recherche de l'intérêt de la mise en place de cet outil. Il existe alors aujourd'hui deux bases de données : VetCompass UK, et VetCompass AU (VCA). Le premier, VetCompass UK, compte aujourd'hui plus de 20 millions d'animaux différents provenant de plus de 1800 centres vétérinaires participants<sup>57</sup>. VCA reçoit pour le moment les données provenant d'une trentaine de centres hospitaliers et cliniques vétérinaires<sup>58</sup>. Pour chaque patient présenté dans l'un de ces centres des données sur le patient (espèce, race, robe, date de naissance, sexe, statut sexuel, numéro d'identification, code postal du propriétaire) et son histoire (anamnèse, commémoratifs, diagnostic, traitement, coût et dates importantes) sont enregistrées anonymement<sup>59</sup>. Cette base de données nous a ainsi permis d'appliquer pour la première fois l'analyse grande échelle de dossiers médicaux électroniques anonymes (Electronic Patient Record - EPR) à l'étude, dans toute l'Australie, de la pratique de la stérilisation des chats par leur vétérinaire traitant.

Les travaux réalisés ici investiguent donc la prévalence et les facteurs influençant la stérilisation des chats présentés dans les cliniques vétérinaires en Australie. À travers l'étude de leurs dossiers médicaux, l'objectif de ces travaux est triple : 1) investiguer la prévalence et les indicateurs de la stérilisation chez les chats domestiques présentés aux vétérinaires en Australie, 2) étudier l'âge auquel la stérilisation a été réalisée et les indicateurs de cet âge, et 3) comparer l'âge de stérilisation chez les chats nés entre 2010 et 2017 face aux chats nés entre 1995 et 2009. Ces trois objectifs constitueront trois études différentes au sein de cette thèse, dont les populations d'étude différeront de l'une à l'autre.

L'objectif de cette étude est ainsi d'essayer de comprendre les points de levier sur lesquels les vétérinaires praticiens peuvent se concentrer afin d'améliorer le taux de stérilisation des chats en Australie, notamment via l'amélioration du dialogue avec les propriétaires de ces chats.



## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. *Élaboration des bases de données*

Les données des chats domestiques présentés chez leur vétérinaire traitant – adhérent à VCA – en Australie entre le 2 Janvier 1993 et le 9 Novembre 2018 inclus et dont le statut sexuel était enregistré ont été extraits de la base de données globale de VetCompass Australia 2017 (VCADB).

Cette étude, divisée en 3 sections, a nécessité de constituer des sous-bases de données propres à chacune de ces sections à partir de la VCADB (Tableau 2).

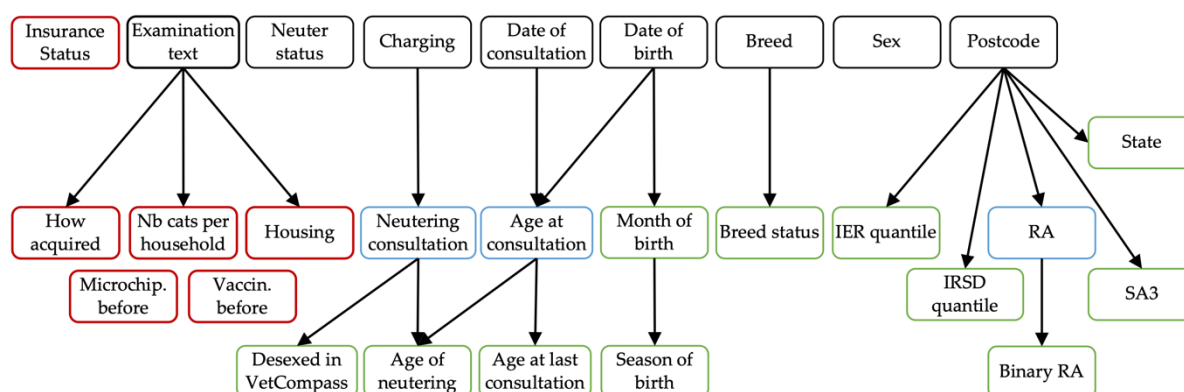
La base de données initiale comportait déjà le statut sexuel et avait pour objectif, pour rappel, d'étudier la prévalence de la stérilisation et les facteurs influençant cette prévalence. Nous pouvions donc l'exploiter en tant que tel, sans modification de sa population. Cependant, afin d'étudier l'âge de stérilisation il nous fallait identifier les chats qui avaient effectivement dans leur dossier médical une trace de leur stérilisation, apparaissant sous la forme d'un acte témoin facturé dans une ligne de consultation. Ainsi, connaître leur âge lors de cette consultation, et donc de cet acte, revenait à connaître l'âge auquel ils avaient été stérilisés. Une liste des actes indicatifs d'une « stérilisation » a été établie en identifiant manuellement 57 de ces actes parmi les 558 différents actes facturés présents dans la base de données. Grâce à un code Python, une nouvelle variable intitulée « Neutering consultation » a été ajoutée dans la base de données et comprenait l'item facturé s'il faisait partie de la liste, une case vide sinon. Nous avons alors constitué un nouveau fichier de données ne comprenant que les animaux qui avaient dans leur dossier une de ces consultations, dit « Desexed in VetCompass ». A ce nouveau fichier a été ajouté une colonne contenant l'âge de stérilisation, identifié par l'âge qu'avait l'animal à la consultation précédemment identifiée comme associée à l'acte de stérilisation. Cette sous-base de données comprenait ainsi 18 893 chats dont l'âge de stérilisation était connu.

Les deux bases de données, la VCADB complète et la sous-base de données des chats « Desexed in VetCompass » pour rappel, recensaient des animaux sur plus de deux décennies au cours desquelles les pratiques vétérinaires vis-à-vis de la stérilisation avaient probablement évolué. Nous avons alors décidé de n'étudier le statut et l'âge de stérilisation que sur les chats nés après 2010 inclus en incluant donc ceux nés avant le 1<sup>er</sup> Janvier 2010. Pour la troisième étude, cependant, portant sur l'évolution des pratiques pour rappel, deux groupes ont donc été extraits de la base de données « Desexed in VetCompass », alors exploitée dans sa totalité : les chats nés entre le 1<sup>er</sup> Janvier 1995 et le 31 Décembre 2009 inclus, et ceux nés entre le 1<sup>er</sup> Janvier 2010 et le 31 Décembre 2017 inclus.

Une analyse préliminaire d'un échantillon aléatoire de 1500 chats de la VCADB a été menée afin d'identifier les variables accessibles et estimables (Fig. 1).

**Tableau 2.** Résumé des populations d'étude des 3 sections du projet.

	<i>Etude 1 : Taux de stérilisation</i>	<i>Etude 2 : Âge de stérilisation</i>	<i>Etude 3 : Évolution des pratiques</i>
<i>Chats « Desexed in VetCompass »</i>	X	X	X
<i>Autres chats</i>	X		
<i>Chats 1995-2009</i>			X
<i>Chats 2010-2017</i>	X	X	X



**Figure 1.** Variables disponibles et exploitées.

Graphique présentant l'obtention des variables d'intérêt (vert) à partir des données brutes (noir) via certaines variables intermédiaires (bleu). Certaines variables n'ont pas pu être exploitées ou obtenues (rouge).

Deux scripts ont été écrits sur le logiciel Pyzo 4.10.2 (Pyzo, open source), basé sur Python 3.8.2. Le premier (scriptF\_AGE.py) a permis de créer le fichier de données avec les chats « Desexed in VetCompass » et de recoder les variables d'intérêt pour l'analyse statistique ultérieure ; alors que le second (scriptF\_STATUS.py) recodait seulement les variables d'intérêt.

La VCADB était sous forme d'un tableau, traité sous Microsoft Excel pour Mac (v16.35, Microsoft inc.) comportant une ligne pour chaque consultation de chaque animal. Le fichier initial comprenait : les identifiants du patient et de la consultation, la date de naissance, la race, le sexe, le statut sexuel, le code postal du propriétaire, un rapport de consultation, la date de la consultation, et le statut d'assurance (Fig.2). Sous forme de tableau, chaque ligne correspondait à une consultation d'un animal pour un total de 2 003 542 lignes. Les deux scripts permettaient de créer un nouveau fichier de données avec une seule ligne par patient et seules les variables

d'intérêt (Fig.3). Le statut de stérilisation, variable brute et ne nécessitant pas de recodage, était codé en binaire (0 pour entier, 1 pour stérilisé) en sortie de la VCADB.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	Database Name	Consultation Number	Comb consult	Patient Number	Comb patient	Clinic Code	Patient Desexed	Consultation Date	Examination Text	Patient Species	Patient Breed	Patient Sex	Patient Date of Birth	Postcode	AgeAtConsultationMonths	vaccination	neuter	Insured
1	RxNSW	532879CA	RxNSW532879C	19717CA	RxNSW19717CA	110	1	03:23,0	Original Vel Cat	Domestic SI Female		24/11/2002	2747	36	NULL	NULL	NO	
2	RxNSW	532424CA	RxNSW532424C	19717CA	RxNSW19717CA	110	1	19:58,0	Original Vel Cat	Domestic SI Female		24/11/2002	2747	36	NULL	NULL	NO	
3	RxNSW	532082CA	RxNSW532082C	19717CA	RxNSW19717CA	110	1	00:00,0	Cat	Domestic SI Female		24/11/2002	2747	36	NULL	NULL	NO	
4	RxNSW	532330CA	RxNSW532330C	19717CA	RxNSW19717CA	110	1	59:27,0	Original Vel Cat	Domestic SI Female		24/11/2002	2747	36	NULL	NULL	NO	
5	RxNSW	531988CA	RxNSW531988C	19717CA	RxNSW19717CA	110	1	00:00,0	Status epile Cat	Domestic SI Female		24/11/2002	2747	36	NULL	NULL	NO	
6	RxNSW	535377CA	RxNSW535377C	19717CA	RxNSW19717CA	110	1	04:34,0	Original Vel Cat	Domestic SI Female		24/11/2002	2747	37	NULL	NULL	NO	
7	RxNSW	535035CA	RxNSW535035C	19717CA	RxNSW19717CA	110	1	00:00,0	Inappetent; Cat	Domestic SI Female		24/11/2002	2747	37	NULL	NULL	NO	

Figure 2. Illustration de la VCADB brute.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	Comb patient	Patient Desexed	Year of birth	Age of neutering	Age of neutering threshold 6m	Age of neutering threshold 12m	Age of neutering threshold 24m	Month of birth	Season of birth	Coded sex	Coded breed	Remoteness Area	Coded RA	State	Postcode	SA3 Name	SA3 Code	IER decile	IRSD decile
1	RxQLD132	1	1999	206	>6months	>12month	>24month	4	Autumn	Female	Pure breed	Major Cité	1	QLD	4035	Bald Hills -	30201	10	10
2	RxNSW10	1	2001	91	>6months	>12month	>24month	2	Summer	Female	Domestic	Major Cité	1	NSW	2747	Blacktown	11602	6	5
3	RxVIC100	1	2014	9	>6months	<=12mont	<=24mont	11	Spring	Male	Domestic	Major Cité	1	VIC	3752	Whittlesea	20904	9	8
4	RxNSW10	1	2003	13	>6months	>12month	<=24mont	1	Summer	Female	Domestic	Major Cité	1	NSW	2749	Penrith	12403	8	6
5	RxQLD133	1	2007	5	<=6month	<=12mont	<=24mont	6	Winter	Male	Domestic	Major Cité	1	QLD	4034	Bald Hills -	30201	6	7
6	RxVIC101	1	2015	8	>6months	<=12mont	<=24mont	9	Spring	Male	Domestic	Major Cité	1	VIC	3754	Nilumbik -	20903	9	8
7	RxNSW10	1	2003	3	<=6month	<=12mont	<=24mont	4	Autumn	Male	Domestic	Major Cité	1	NSW	2750	Penrith	12403	5	5
8	RxQLD160	1	2006	32	>6months	>12month	>24month	3	Autumn	Male	Domestic	Major Cité	1	QLD	4128	Loganlea -	31105	9	9

Figure 3. Illustration de la VCADB recodée pour l'étude de l'âge de stérilisation (script scriptF\_AGE.py).

## 2.2. Variables d'intérêt et recodage

Au sein du fichier de données, certaines informations étaient erronées et les animaux correspondants ont donc été écartés de l'étude. Ainsi, 0,16% présentaient soit un âge négatif (date de la consultation antérieure à la date de naissance), soit un âge supérieur à 300 mois (25 ans). Cet âge est très difficilement atteint par ces animaux, et il est extrêmement rare qu'il soit dépassé<sup>60,61</sup>. Enfin, 0,018% des sujets étaient d'une espèce autre que féline, et ont donc également été supprimés du fichier de données. La base de données finale comportait ainsi un total de 79 130 chats, âgés de moins d'un mois à 24,5 ans.

- *Statut d'assurance*

L'étude préliminaire a permis de montrer que le statut d'assurance du patient était inexploitable car incorrectement rempli. En effet, alors qu'en Australie 21% des foyers avec un chat possèdent une assurance pour leur animal<sup>62</sup>, notre échantillon ne montrait qu'un taux de 0,6% de couverture.

- *Texte de consultation*

Le texte de la consultation, rédigé de manière libre par le vétérinaire à la fin de cette dernière, a également été abandonné. En effet, son analyse nécessite une recherche automatique par mots-clés. Or cette modalité de recherche, testée pour l'identification par transpondeur, présente en pratique une valeur prédictive positive de seulement 25,7%<sup>63</sup>. Il a été considéré ici que cette



valeur était trop faible, et qu'elle l'aurait été d'autant plus que les variables souhaitées ne relevaient pas d'un terme d'identification aussi simple que « microchipping », lequel pouvant déjà être rédigé d'un grand nombre de façons par les vétérinaires<sup>63</sup>.

- *Date de naissance, saison de naissance*

La date de naissance a permis de déduire directement dans Excel non seulement l'âge de l'animal à chaque consultation (par soustraction depuis la date de la consultation), mais également le mois de naissance. Le script Python faisait ensuite correspondre ce mois de naissance à la saison de naissance (Tableau 3).

**Tableau 3.** Correspondances entre mois de naissance et saison de naissance utilisé par le script Python.

<i>Mois de naissance</i>	<i>Saison de naissance</i>
12-1-2	Summer
3-4-5	Autumn
6-7-8	Winter
9-10-11	Spring
0-NUL	NA

- *Race*

Les différentes races de la colonne « Patient Breed » ont permis au script Python de trier les chats en deux catégories : chat de race (« Pure Breed »), et chat européen (« Domestic »). Ainsi, si cette colonne contenait les termes « Domestic » (ex. « Domestic Short Hair ») ou « X » (ex. « Burmese X » pour croisé Burmese), le chat était catégorisé comme « Domestic ». Si cette colonne contenait « Other », « Unknown » ou « NULL », la race était considérée comme non attribuée (NA). Les autres races étaient considérées comme « Pure Breed ». Python étant sensible à la casse, il a été vérifié qu'aucun nom de race ne contenait la lettre « X » (en capital) et donc ne serait mal catégorisée.

- *Sexe*

Le sexe a été recodé en mâle, femelle, ou NA lorsque le sexe n'était pas indiqué.

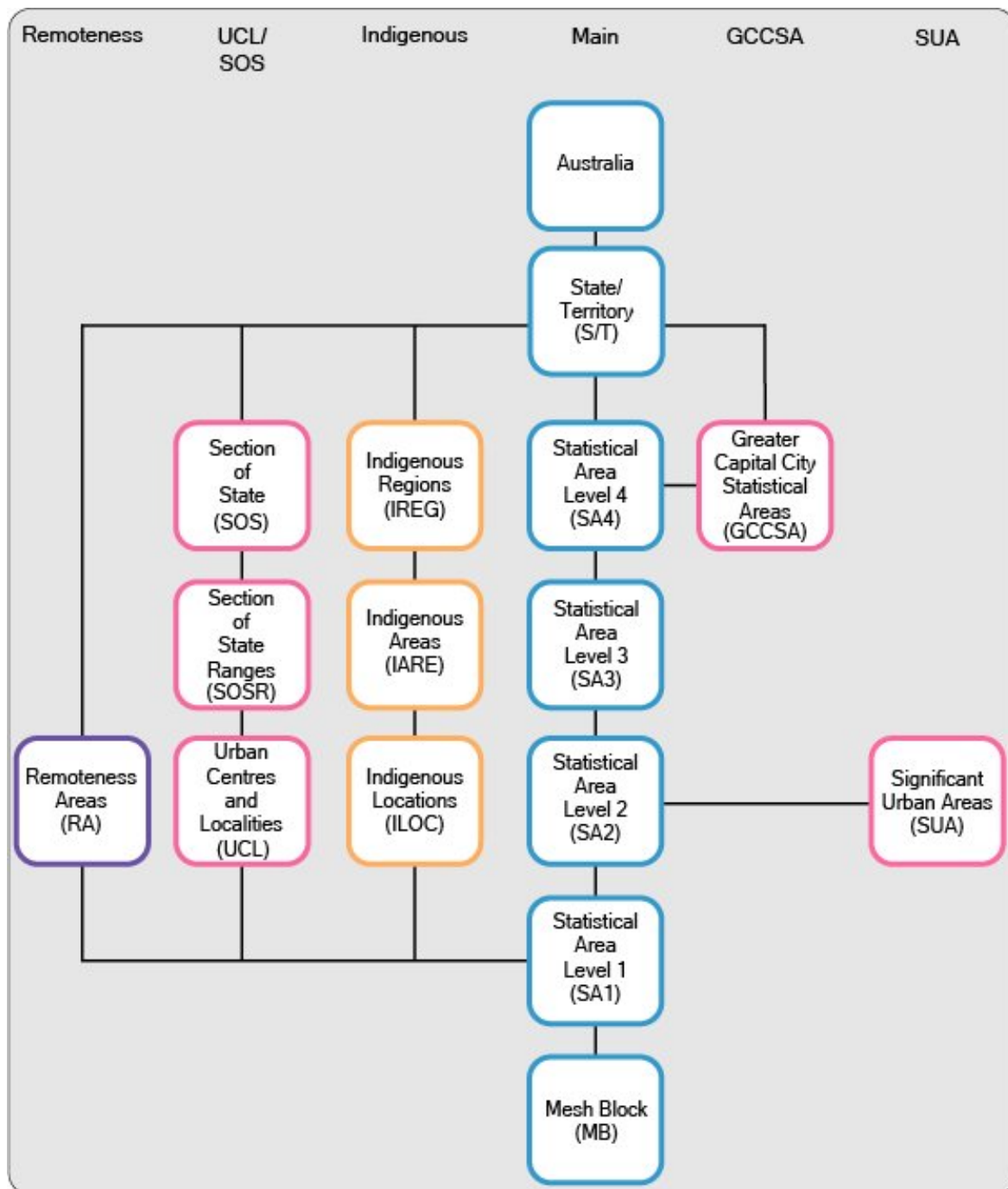
- *Localisation géographique*

L'ABS (Australian Bureau of Statistics) est une agence australienne fournissant des statistiques officielles sur de vastes domaines tels que l'économie, le social, la démographie ou l'environnement. Ce bureau a défini différentes divisions géographiques du territoire<sup>64</sup>, décrites dans la Figure 4. Il fait également des liens entre ces divisions et d'autres définies par d'autres organismes, telles que le code postal ou les différentes régions de gestion des ressources naturelles (Fig. 5). Il met à disposition du grand public différents fichiers de correspondance

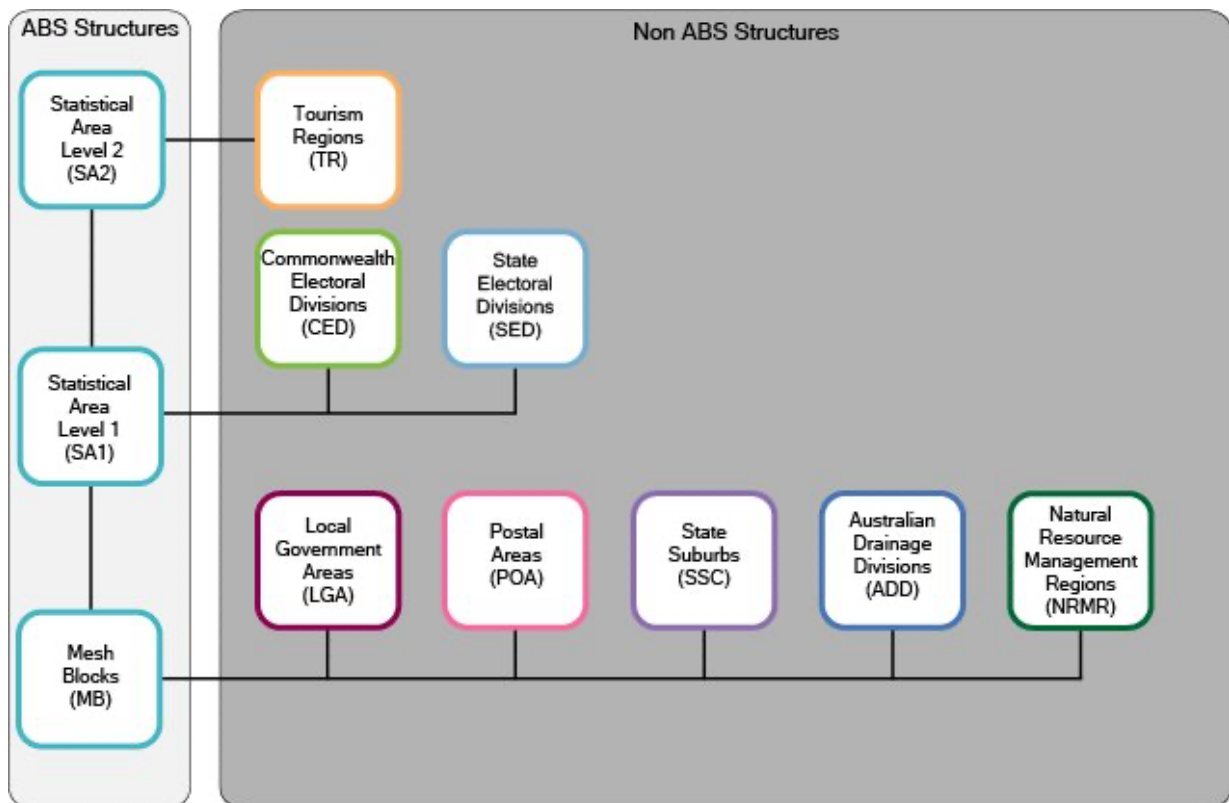
entre ces différentes structures, mais également des données statistiques. Ainsi, nous avons utilisé ces fichiers pour obtenir à partir du code postal l'État, l'aire d'isolement (Remoteness Area), deux indicateurs socio-économiques (IER, IRSD) caractérisant les propriétaires. Ces fichiers nous ont aussi permis de réaliser des cartes choroplèthes. La correspondance entre le code postal et les différentes structures étudiées a été faite de manière informatique et automatique via les scripts Python, grâce aux différents fichiers fournis par l'ABS.

L'État de résidence de l'animal a été obtenu via les fichiers Postal Areas ASGS Edition 2016 et State Suburbs ASGS Edition 2016<sup>65</sup>, fournis par l'ABS, qui ont permis la correspondance depuis le code postal. Chaque chat se voyait alors attribué à un des 6 États d'Australie : Victoria (VIC – Victoria), Nouvelle Galles du Sud (NSW – New South Wales), Queensland (QLD – Queensland), Australie du Sud (SA – Southern Australia, équivalent au territoire de la capitale australienne, ACT – Australian Capital Territory, qui sera la dénomination utilisée), Australie occidentale (WA – Western Australia), et Tasmanie (TAS – Tasmania). Les chats provenant de l'État de Tasmanie ont été exclus car trop peu nombreux (N=3).

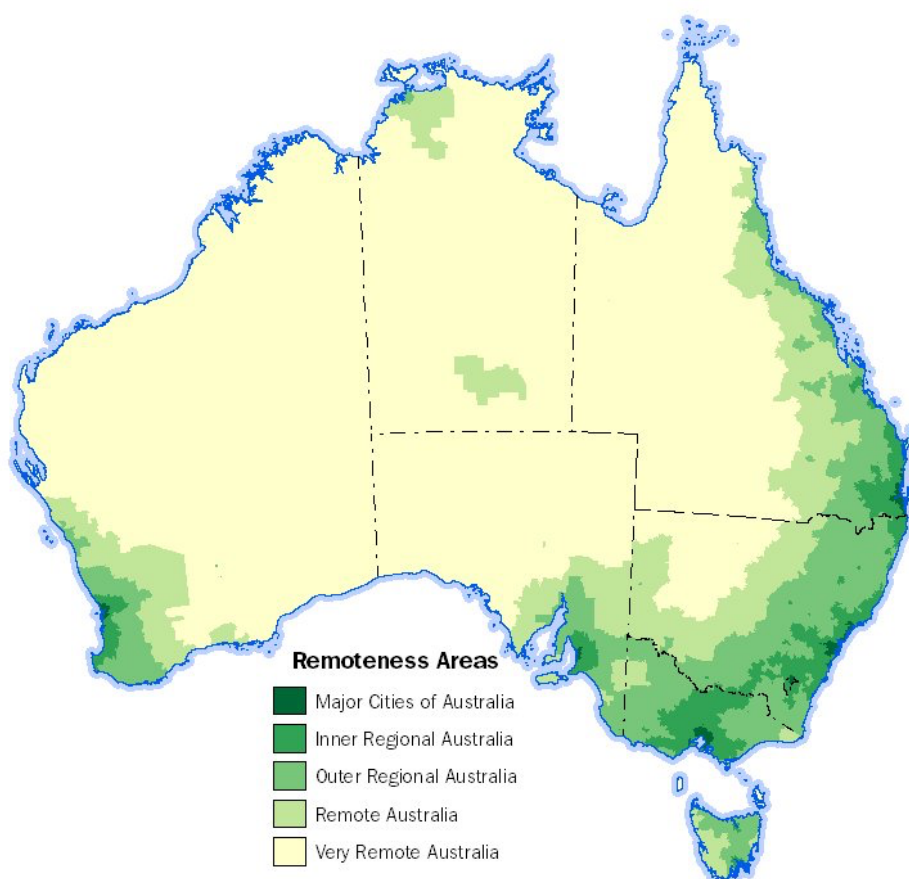
Les aires d'isolement (RA – Remoteness Area) divisent l'Australie en 5 classes d'isolement selon un critère relatif d'accessibilité à différents services<sup>66</sup> (Tableau 5, Figure 6). Ce critère est mesuré via l'index d'accessibilité et d'isolement d'Australie (ARIA+ – Accessibility and Remoteness Index of Australia), lui-même basé sur la distance aux autres villes et la taille de ces villes, et les centres de services les plus proches<sup>67</sup>. Les aires les plus isolées étaient trop peu représentées dans notre étude, alors nous avons regroupé les aires en deux catégories : villes majeures d'Australie (Major Cities of Australia - MCA), et les autres (Others).



**Figure 4.** Structures définies par l'ABS : aires statistiques géographiques organisant le territoire australien et leurs interactions<sup>64</sup>.  
De bas en haut : de la division la plus fine à la plus large.



**Figure 5.** Structures non définies par l'ABS : régions qui les composent et leurs interactions avec les structures de l'ABS<sup>64</sup>.



**Figure 6.** Carte des aires d'isolement définies par l'ABS en 2016<sup>66</sup>.

- *Indicateurs socio-économiques*

Parmi les critères étudiés par l'ABS, nous avons sélectionné pour notre étude deux critères socio-économiques. Le premier, l'index de désavantage socio-économique relatif (IRSD – Index of Relative Socio-economic Disadvantage), est un indicateur socio-économique faisant le bilan d'un panel d'informations sur les conditions économiques et sociales de la population et des foyers d'une aire géographique donnée<sup>68</sup>. Ainsi, un score faible indique un désavantage relatif plus important, ce qui signifie par exemple que l'aire géographique concernée regroupe beaucoup de foyers à faibles revenus et/ou une grande proportion d'habitants peu ou pas qualifiés et/ou exerçant une activité professionnelle à faibles qualifications. Le second, l'index des ressources économiques (IER – Index of Economic Resources), se concentre sur l'aspect financier des avantages et désavantages socio-économiques relatifs en résumant des variables liées au salaire et aux biens du foyer<sup>68</sup>. Il exclut alors par exemple les variables relatives à l'éducation ou la profession, qui ne permettent pas une mesure directe des ressources économiques. Nous avons regroupé ces index par quantile afin de faciliter l'analyse statistique ultérieure. Le premier quantile de l'IRSD représente ainsi les foyers au plus grand désavantage socio-économique, et le premier quantile de l'IER représente les foyers aux ressources économiques les plus faibles. Ainsi, chaque animal s'est vu attribuer le quantile correspondant

à la position de chacun des index de l'aire géographique de son foyer (extrapolé du code postal). La correspondance entre code postal et index a été réalisée par les différents scripts Python via le fichier « Postal Area, Indexes, SEIFA 2016 » fourni par l'ABS<sup>68</sup>.

### 2.3. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées sur R Studio (v.1.2.5033) et Excel pour Mac (v16.35). Le seuil de significativité statistique a été fixé à  $p < 0,05$ .

Pour les deux premières sections de l'étude, une première régression logistique univariante a d'abord été réalisée afin d'estimer l'influence de chaque variable explicative seule sur le résultat par l'obtention des odds-ratios (OR) et intervalles de confiance à 95% (CI<sub>95</sub>) correspondants. Le modèle linéaire multivariante était ensuite construit en excluant certaines variables via le calcul du critère d'information d'Akaike (AIC). Ce dernier permet d'estimer la perte d'information sur le résultat qu'engendre son estimation par un modèle en particulier<sup>69</sup>. Ainsi, plus ce critère sera faible, meilleure sera l'estimation par le modèle considéré. Ce critère permet en statistiques de comparer différents modèles afin de sélectionner le plus pertinent pour expliquer une variable d'intérêt<sup>70,71</sup>. En pratique, le modèle a d'abord été construit en incluant toutes les variables explicatives ayant montré un résultat significatif dans la régression logistique univariante, puis la fonction *step* de R était utilisée afin d'exclure les potentielles variables augmentant l'AIC, et donc diminuant la pertinence du modèle. Enfin, afin d'identifier de potentielles interactions entre les variables explicatives à intégrer dans le modèle, la fonction *glmulti* du package R *glmulti* a été utilisée. Cette dernière se base sur l'AIC afin de comparer un très grand nombre de modèles différents et de sélectionner ceux à l'AIC le plus faible<sup>72,73</sup>. La vraisemblance du modèle résultant de cette fonction était ensuite vérifiée manuellement. Une régression logistique multivariante a alors été réalisée sur ce modèle. Afin de visualiser les effets d'interactions pour chaque modèle, le package R *Effects* a été utilisé et permet de visualiser les résidus de différentes classes d'une variable et leur intervalle de confiance au sein des classes d'une autre variable. Il permet ainsi de comparer les différences d'influence d'une même variable au sein des différentes classes de l'autre variable<sup>74</sup>.

La comparaison des pratiques de stérilisation sur les deux périodes étudiées dans la troisième partie de l'étude a été réalisée sur l'âge moyen de stérilisation, en mois. Ainsi, les deux moyennes ont été comparées via un test t de Welsh. Ce dernier est une adaptation du test t de Student ne nécessitant pas l'hypothèse d'homogénéité des variances, hypothèse ici non vérifiée par un test de Fisher<sup>75</sup>. L'hypothèse de distribution normale a été acceptée arbitrairement au vu du nombre de données (2808 et 16 085  $\gg$  30)<sup>76</sup> et après inspection visuelle de leur distribution. L'influence de la période de naissance a également été montrée par régression logistique multivariante en incluant cette variable dans les modèles linéaires précédemment utilisés pour l'étude de l'âge de stérilisation.



### 3. Résultats

Après avoir décrit la population de chats de la VCADB, nous présenterons dans cette partie les résultats des analyses statistiques descriptive et inférentielles pour chacune des trois sections de l'étude, séparément. En effet, chacune étudie des populations différentes. Pour rappel, la première étudie la prévalence de la stérilisation et les facteurs d'influence, alors que la seconde étudie l'âge de stérilisation. Enfin la troisième compare l'âge de stérilisation pour deux périodes distinctes afin d'évaluer l'évolution des pratiques vétérinaires vis-à-vis de la stérilisation.

#### 3.1. Description de la population d'étude

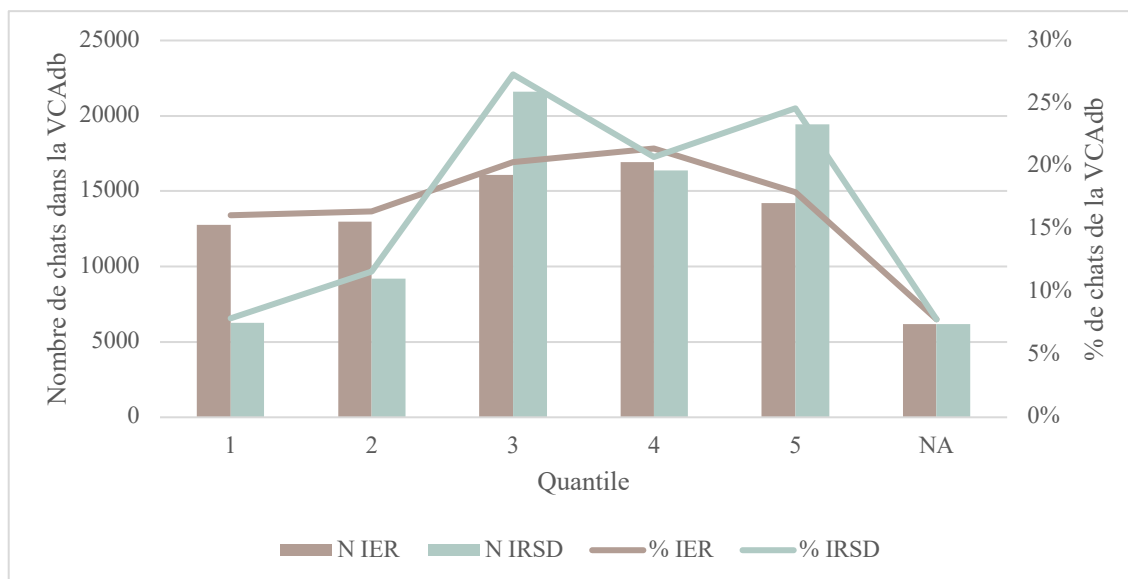
La VCADB était constituée de 79 130 chats dont le statut sexuel était enregistré. De ces chats, 52 941 étaient nés après le 1<sup>er</sup> Janvier 2010 inclus. Enfin, l'âge de stérilisation a pu être obtenu pour 16 085 de ces derniers.

Les sexes étaient équitablement représentés, avec 51% de mâles et 48,6% de femelles. On retrouvait cependant une majorité de chats croisés (78,5%), pour 20,3% de chats de race. Ces deux variables étaient disponibles pour la quasi-totalité des chats, les valeurs non disponibles (NA) n'en concernant que respectivement 0,4% et 1,2%. Les variables relatives à la situation géographiques ou aux ressources du foyer ont pour rappel été extrapolées à partir du code postal, et montraient donc toutes un taux de NA similaire (~ 8%). Le QLD était l'état le plus représenté (35,4%), suivi du NSW (24,9%) et du VIC (23,2%). Les autres États étaient sous-représentés, avec 2,5% de chats de l'ACT, 4,3% du SA et 1,9% du WA. Les chats de la VCADB provenaient majoritairement de grandes villes australiennes (75,3%) (Tableau 4, Figure 7), de foyers au désavantage socio-économique moyen à faible, et aux ressources économiques moyennes à élevées (Figure 7). Enfin, les chats étaient nés majoritairement pendant le printemps (33,3%) puis l'été (28,3%) avec un minimum de naissances en hiver (15,7%). La date de naissance n'était pas disponible pour 2,2% des chats.

**Tableau 4.** Distribution des chats de la VCADB selon l'aire isolement.

	Others				Major Cities of Australia	NA	Total
	<i>Very Remote Australia</i>	<i>Remote Australia</i>	<i>Outer Regional Australia</i>	<i>Inner Regional Australia</i>			
<b>Number of cats (%)</b>	5 (0,007%)	7 (0,01%)	3 948 (5,4%)	9 445 (12,9%)	59 558 (75,3%)	6167 (7,8%)	79 130 (100%)
	13 405 (16,9%)						





**Figure 7.** Distribution des chats de la VCadb selon les indices socio-économiques. IER = indice des ressources économiques, divisé en quantiles. IRSD = indice de désavantage socio-économique, divisé en quantiles.

### 3.2. Prévalence et facteurs influençant la stérilisation chez les chats australiens

Le statut de stérilisation était enregistré pour 52 941 chats nés entre 2010 et 2017 inclus, et 83,6% d'entre eux étaient stérilisés (CI<sub>95</sub> 83,3-83,9%) (Figure 8). Dans les régressions logistiques univariées, toutes les variables étudiées avaient une influence significative. Le Tableau 5 ci-dessous présente les variables qui restaient significatives dans la régression logistique multivariée.

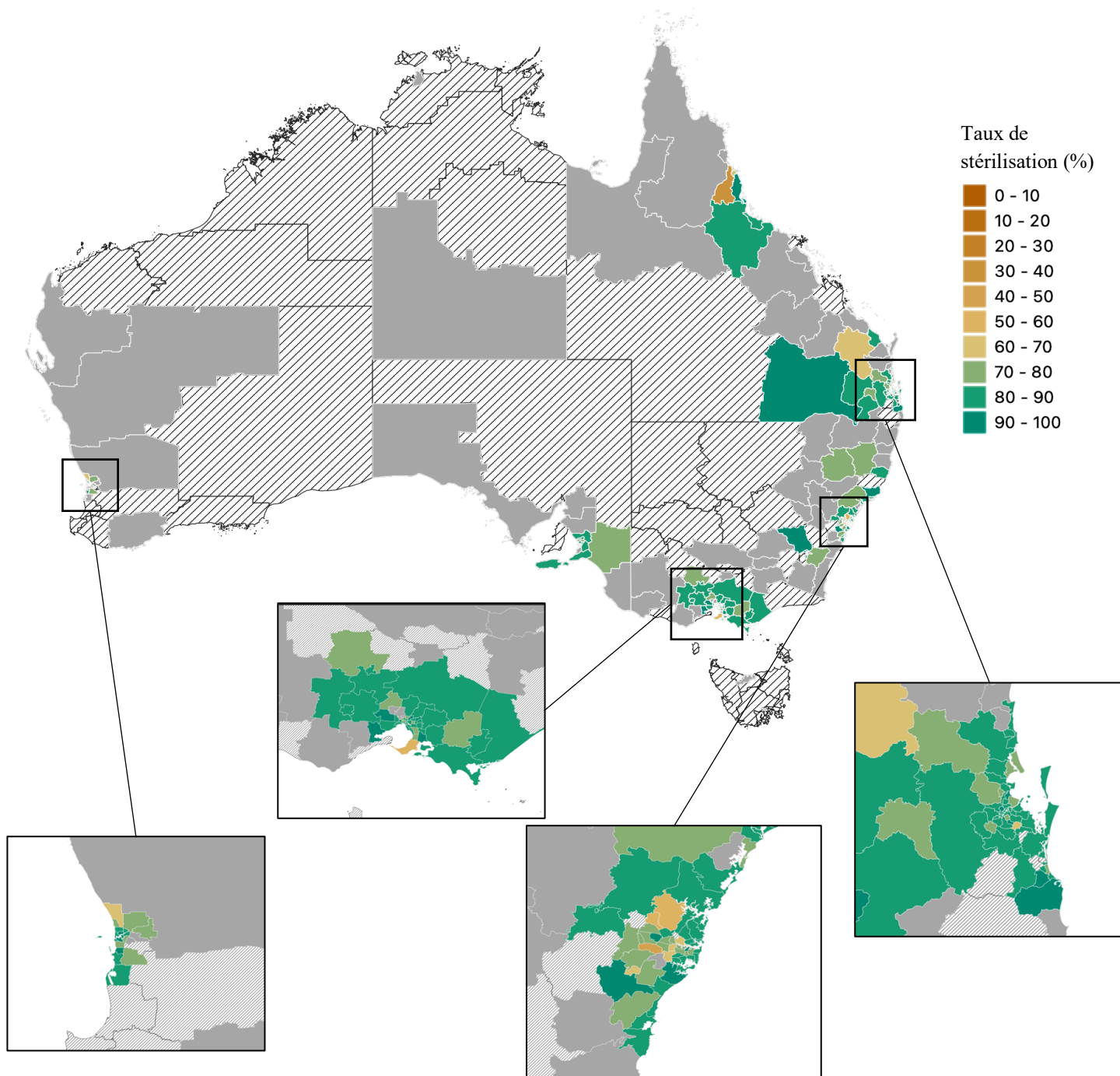
Les chats mâles étaient plus à risque d'être stérilisé que les femelles, de même que les chats croisés face aux chats de pure race (Tableau 5). La différence entre sexes était d'autant plus marquée chez les chats de race (*iOR* 1,15 (1,01 – 1,31),  $p = 0,031$ ). Au sein des États australiens, les chats provenant des Nouvelles Galles du Sud, l'Australie occidentale et le Territoire de la capitale montraient des taux de stérilisation comparables. En comparaison, ceux de l'état du Victoria et de l'Australie du Sud étaient plus à risque d'être stérilisés alors que ceux du Queensland étaient moins à risque.

Les conditions socio-économiques ont montré une influence significative sur le statut de stérilisation. En effet, les chats étaient moins à risque d'être stérilisés dans les régions isolées (Tableau 5) mais aussi dans les foyers à revenus les plus faibles ainsi que ceux au désavantage socio-économique le plus élevé. Ainsi, le taux de stérilisation s'est trouvé fortement corrélé tant à l'index des ressources économiques ( $R^2 = 0,951$ ) qu'à celui de désavantage socio-économique relatif ( $R^2 = 0,9756$ ) (Figure 9).

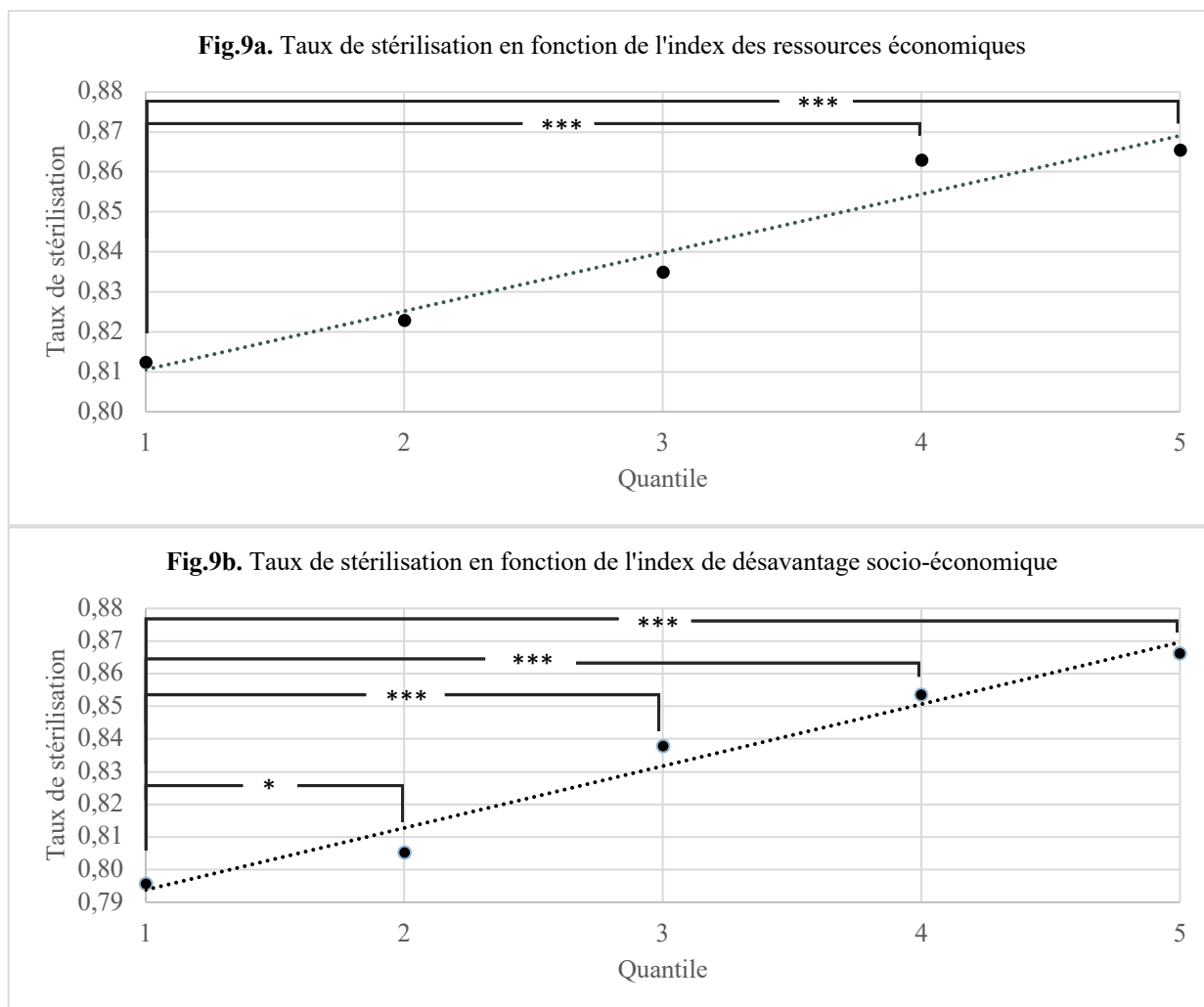
**Tableau 5.** Prévalence et facteurs d'influence de la stérilisation des chats australiens sur une cohorte née entre 2010 et 2017 inclus.

Les valeurs significatives ( $p < 0,05$ ) sont indiquées en gras. CI<sub>95</sub> = intervalle de confiance à 95%. NSW = Nouvelles Galles du Sud. ACT = Territoire de la Capitale. QLD = Queensland. SA = Australie du Sud. VIC = Victoria. WA = Australie Occidentale. MCA = grandes villes australiennes.

Variable	Catégorie	Nombre de chats	Prévalence (%) de la stérilisation et CI <sub>95</sub>	Odds-ratios	p-value
<b>Population totale</b>	-	<b>52 941</b>	<b>83,6 (83,3-83,9)</b>	-	-
<i>Sexe</i>	Femelle	26 348	81,0 (80,5-81,4)	<i>Référence</i>	
	Mâle	26 279	87,0 (86,6-87,5)	1,37 (1,29-1,45)	<b>&lt;0,001</b>
<i>Race</i>	Croisé	41 702	84,8 (84,5-85,2)	<i>Référence</i>	
	Pure race	10 411	83,4 (82,7-84,1)	0,79 (0,70-0,88)	<b>&lt;0,001</b>
<i>État</i>	NSW	13 555	80,3 (79,6-80,9)	<i>Référence</i>	
	ACT	1 059	88,2 (86,3-90,2)	1,03 (0,82-1,30)	0,77
	QLD	19 502	84,2 (83,7-84,7)	0,73 (0,68-0,78)	<b>&lt;0,001</b>
	SA	2 009	87,9 (86,5-89,3)	1,47 (1,24-1,75)	<b>&lt;0,001</b>
	VIC	11 364	86,8 (86,2-87,4)	1,28 (1,17-1,39)	<b>&lt;0,001</b>
	WA	1 109	85,3 (83,2-87,3)	0,96 (0,77-1,19)	0,70
<i>Aire d'isolement</i>	MCA	39 252	84,4 (83,7-85,2)	<i>Référence</i>	
	Autre	9 285	82,1 (81,7-82,4)	0,87 (0,80-0,94)	<b>&lt;0,001</b>
<i>Index des ressources économiques (quantile)</i>	1	9 094	81,2 (80,4-82,0)	<i>Référence</i>	
	2	8 876	82,3 (81,5-83,0)	1,05 (0,95-1,15)	0,27
	3	10 990	83,5 (82,8-84,1)	1,06 (0,96-1,17)	0,23
	4	10 679	86,3 (85,6-86,9)	1,17 (1,05-1,31)	<b>0,003</b>
	5	8 883	86,5 (85,8-87,2)	1,19 (1,05-1,35)	<b>0,004</b>
<i>Index de désavantage socio-économique relatif (quantile)</i>	1	4 335	79,5 (78,3-80,7)	<i>Référence</i>	
	2	6 466	80,5 (79,5-81,4)	1,14 (1,02-1,27)	<b>0,01</b>
	3	14 844	83,7 (83,1-84,3)	1,34 (1,20-1,51)	<b>&lt;0,001</b>
	4	10 635	85,3 (84,6-86,0)	1,31 (1,16-1,49)	<b>&lt;0,001</b>
	5	12 242	86,6 (86,0-87,2)	1,52 (1,32-1,74)	<b>&lt;0,001</b>



**Figure 8.** Taux de stérilisation des chats sur le territoire australien.  
 Carte choroplèthe de l’Australie, découpée en aires statistiques de niveau 3 (SA3) et représentant le taux de stérilisation des chats dans chacune de ces aires. Les aires grises comprenaient un nombre trop faible de chats ( $\leq 10$ ) et le taux n’en a donc pas été extrait pour cette représentation. Carte établie à partir des chats de la VCAdb (n=72 130).



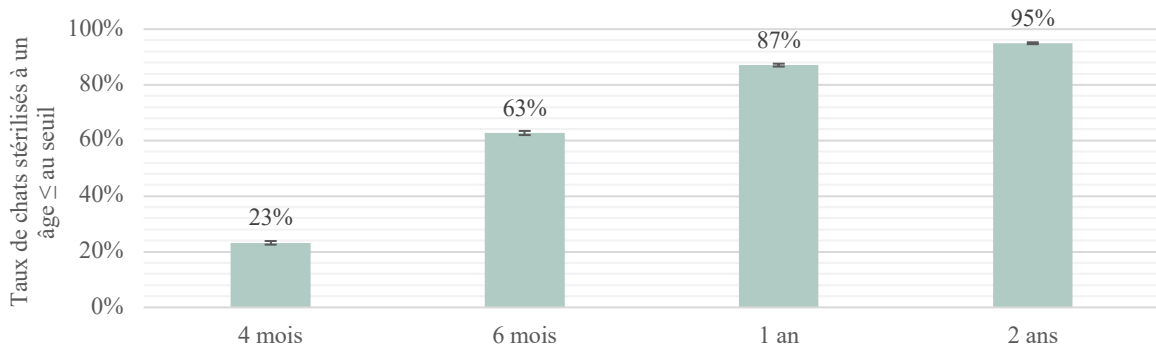
**Figure 9.** Corrélation entre le taux de stérilisation et les conditions socio-économiques du territoire. Régressions linéaires d'une cohorte de chats australiens nés entre 2010 et 2017 inclus (n=51 920) en fonction de l'index (en quantile) des ressources économiques (**Fig.9a**) et en fonction de l'index (en quantile) de désavantage socio-économique relatif (**Fig. 9b**). \* quand  $p < 0,05$ . \*\*\* quand  $p < 0,001$ .

### 3.3. Facteurs influençant l'âge de stérilisation

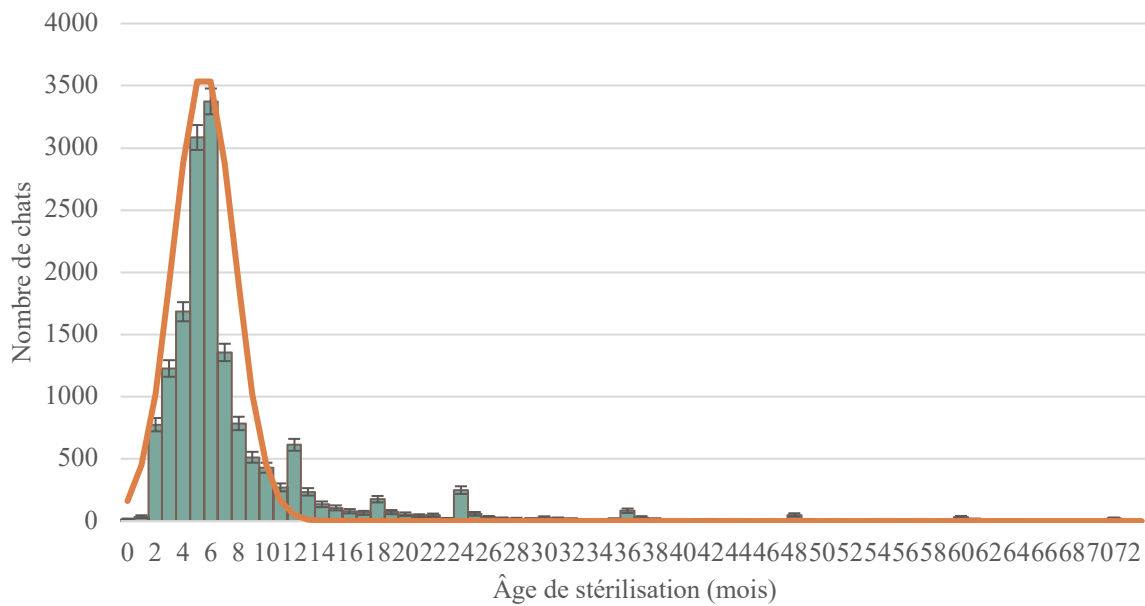
L'âge de stérilisation a pu être obtenu pour 16 085 chats « Desexed in VetCompass » nés entre 2010 et 2017 inclus. Le sexe et la race, enregistrés dans plus de 99% de notre échantillon (respectivement 0,1% et 0,5% de NA), montraient une population à sexes équitablement représentés avec 53,9% de mâles, et une majorité de chats de race croisée (80,6%). Dans cette population, la majorité des naissances se produisait au printemps (38,0%) pour ensuite décroître au cours des saisons avec un minimum en hiver (13,1%). Les chats de cette population provenaient pour la plupart de lieux avec un accès facile aux ressources, 76,2% d'entre eux provenant de villes majeures australiennes.

Au sein de cette population de chats stérilisés, 23,2% avaient été stérilisés avant l'âge de 4 mois, 62,6% avant 6 mois, 87% avant 1 an et la quasi-totalité étaient stérilisés avant l'âge de 2 ans (95%) (Fig. 10a). L'âge de stérilisation montre une distribution s'apparentant à une loi normale de paramètres (5,5 ; 2,3) (Fig. 10b, Fig. 10c). Toutes les variables étudiées montraient une influence significative sur l'âge de stérilisation dans la régression logistique univariable et ont donc été incluses dans le modèle. Les résultats de la régression logistique multivariable sont présentés dans le Tableau 6.

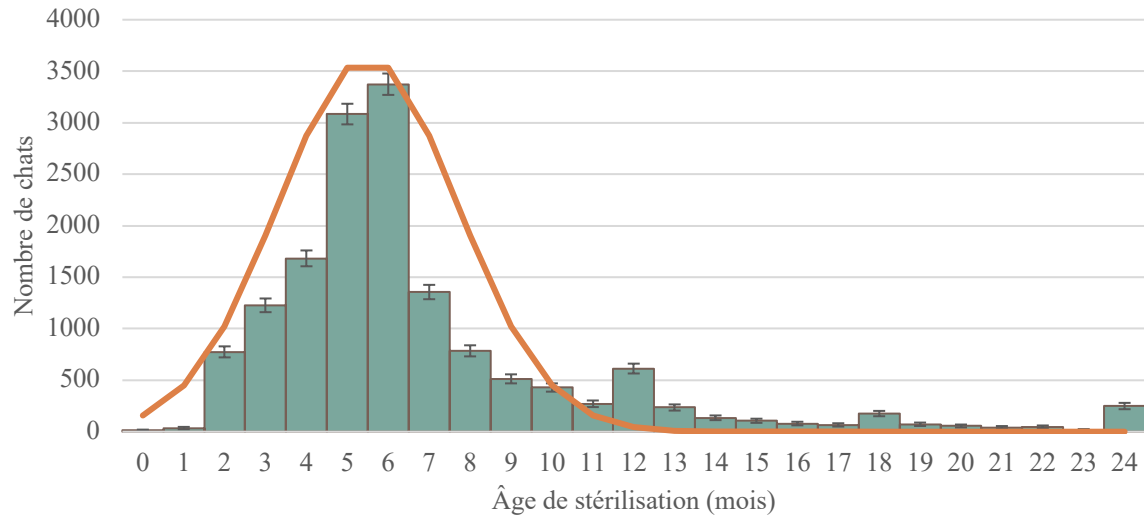
**Fig.10a** Taux de stérilisation pour chaque seuil d'âge



**Fig.10b** Répartition de l'âge de stérilisation dans la VCAdb



**Fig.10c** Répartition de l'âge de stérilisation dans la VCAdb (vue rapprochée)



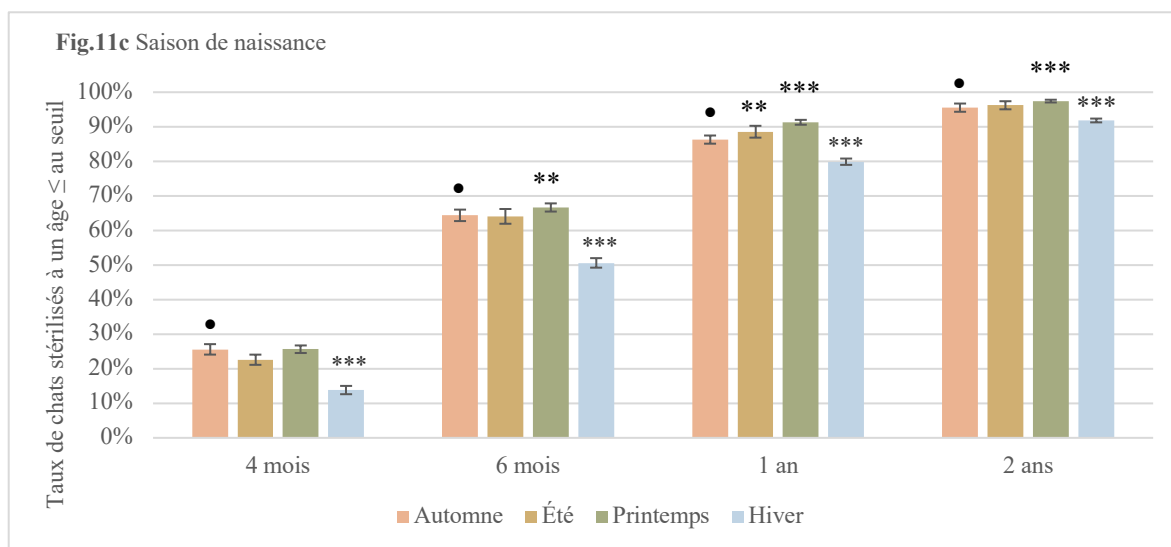
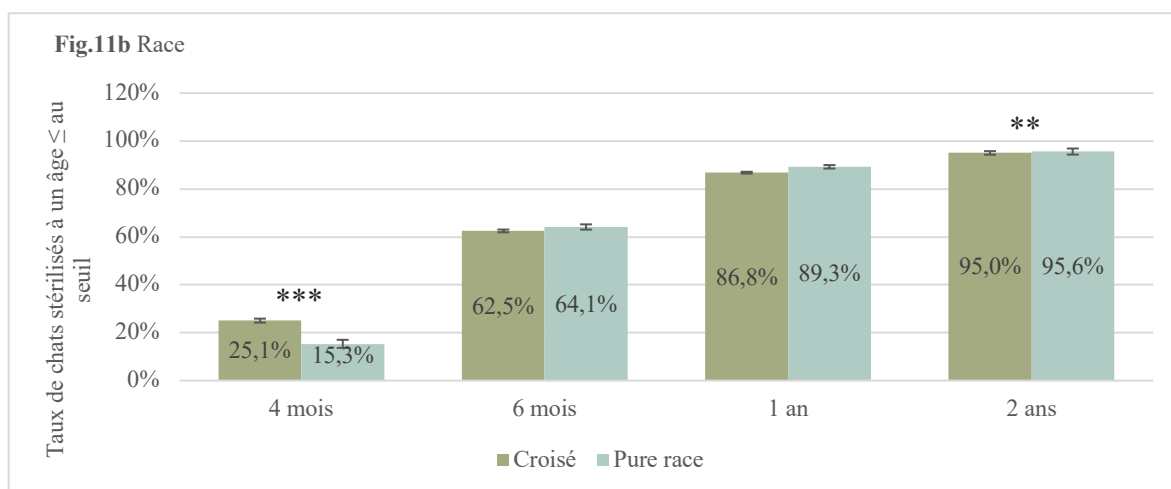
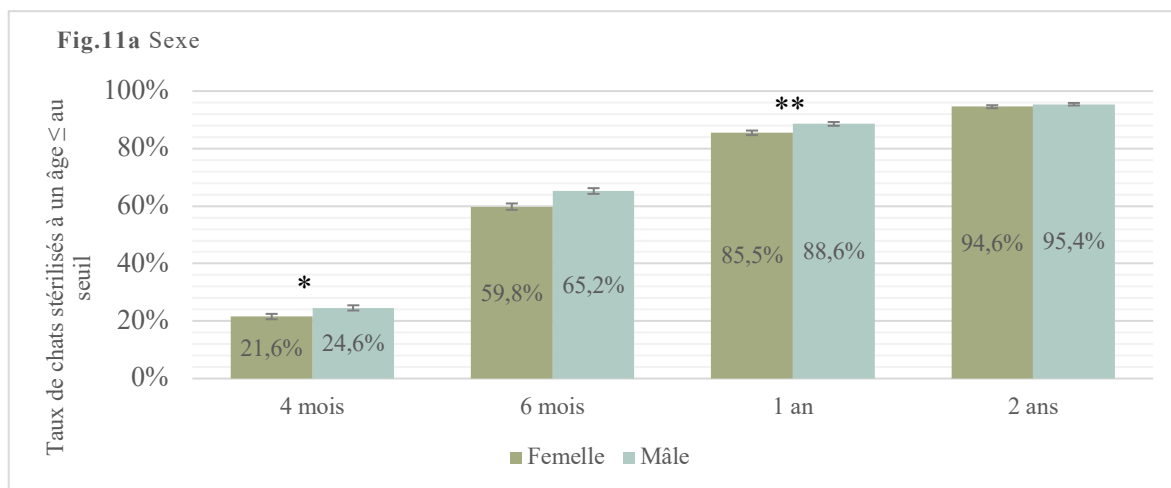
**Figure 10.** Distribution de l'âge de stérilisation d'une cohorte de chats australiens stérilisés et nés entre 2010 et 2017 inclus.

Les barres d'erreur représentent l'IC<sub>95</sub> associé. La courbe orange des figures 10b et 10c représente une loi normale de paramètres (5,5 ; 2,3).

**Tableau 6.** Facteurs influençant l'âge de stérilisation.

Les valeurs significatives (<0.05) sont indiquées en gras. OR pour Odds-Ratios. CI<sub>95</sub> = intervalle de confiance à 95%. NSW = Nouvelles Galles du Sud. ACT = Territoire de la Capitale. QLD = Queensland. SA = Australie du Sud. VIC = Victoria. WA = Australie Occidentale. MCA = grandes villes australiennes.

Variable	Categorie	Age de stérilisation (CI <sub>95</sub> )							
		≤ 4 mois		≤ 6 mois		≤ 1 an		≤ 2 ans	
		OR	p-value	OR	p-value	OR	p-value	OR	p-value
Sexe	Femelle	Référence		Référence		Référence		Référence	
	Mâle	1,18 (1,09–1,29)	< 0,001	0,82 (0,66–1,03)	0,09	1,18 (1,06–1,31)	<b>0,003</b>	0,95 (0,79–1,14)	0,64
Race	Croisé	Référence		Référence		Référence		Référence	
	Pure race	0,39 (0,30–0,50)	< 0,001	0,93 (0,75–1,17)	0,57	1,01 (0,74–1,40)	0,93	0,64 (0,49–0,84)	<b>0,001</b>
Saison de naissance	Automne	Référence		Référence		Référence		Référence	
	Printemps	0,95 (0,79–1,15)	0,64	1,20 (1,06–1,34)	<b>0,002</b>	1,68 (1,44–1,95)	< 0,001	1,76 (1,39–2,24)	< 0,001
	Été	0,81 (0,66–1,00)	0,05	0,96 (0,85–1,09)	0,58	1,25 (1,07–1,45)	<b>0,005</b>	1,19 (0,94–1,51)	0,13
	Hiver	0,57 (0,43–0,75)	< 0,001	0,60 (0,52–0,70)	< 0,001	0,57 (0,48–0,67)	< 0,001	0,51 (0,40–0,64)	< 0,001
État	NSW	Référence		Référence		Référence		Référence	
	ACT	0,44 (0,17–0,97)	0,06	0,86 (0,67–1,12)	0,28	0,91 (0,62–1,37)	0,63	1,01 (0,55–2,03)	0,96
	QLD	0,67 (0,53–0,84)	< 0,001	0,94 (0,86–1,02)	0,18	1,19 (1,05–1,34)	<b>0,005</b>	1,39 (1,15–1,69)	< 0,001
	SA	0,45 (0,24–0,80)	<b>0,009</b>	0,96 (0,80–1,15)	0,70	1,18 (0,91–1,56)	0,21	1,49 (0,96–2,43)	0,08
	VIC	1,45 (1,14–1,84)	<b>0,002</b>	1,20 (1,09–1,33)	< 0,001	1,13 (0,98–1,31)	0,08	1,39 (1,10–1,77)	<b>0,005</b>
	WA	0,36 (0,08–1,20)	0,12	1,10 (0,78–1,58)	0,56	1,57 (0,88–3,13)	0,15	3,18 (0,99–19,4)	0,10
Aire d'isolement	MCA	Référence		Référence		–	–	–	–
	Autre	0,93 (0,69–1,24)	0,63	1,21 (0,98–1,49)	0,06	–	–	–	–
Index des ressources économiques (quantile)	1	Référence		–	–	–	–	–	–
	2	1,38 (1,17–1,62)	< 0,001	–	–	–	–	–	–
	3	2,02 (1,69–2,41)	< 0,001	–	–	–	–	–	–
	4	1,60 (1,31–1,94)	< 0,001	–	–	–	–	–	–
	5	1,77 (1,42–2,20)	< 0,001	–	–	–	–	–	–
Index de désavantage socio-économique relatif (quantile)	1	Référence		Référence		Référence		Référence	
	2	0,86 (0,71–1,04)	0,12	1,02 (0,83–1,25)	0,82	1,22 (1,01–1,48)	<b>0,03</b>	1,36 (1,00–1,85)	<b>0,04</b>
	3	0,80 (0,66–0,98)	<b>0,03</b>	0,93 (0,78–1,11)	0,45	1,18 (1,00–1,39)	<b>0,04</b>	1,27 (0,97–1,64)	0,06
	4	0,68 (0,54–0,85)	< 0,001	1,04 (0,85–1,27)	0,64	1,44 (1,19–1,74)	< 0,001	1,55 (1,15–2,09)	<b>0,004</b>
	5	0,76 (0,60–0,96)	<b>0,02</b>	1,35 (1,11–1,65)	<b>0,002</b>	2,06 (1,68–2,53)	< 0,001	2,24 (1,62–3,11)	< 0,001
Sexe X Race	OR Sexe chez Croisés	Référence		Référence		Référence		Référence	
	OR Sexe chez Pure race	1,89 (1,49–2,43)	< 0,001	1,37 (1,15–1,63)	< 0,001	1,75 (1,34–2,29)	< 0,001	2,64 (1,72–4,10)	< 0,001
Saison de naissance X aire d'isolement	Automne	Référence		Référence		–	–	–	–
	Printemps	1,03 (0,79–1,33)	0,81	0,77 (0,61–0,96)	<b>0,02</b>	–	–	–	–
	Été	0,85 (0,64–1,12)	0,25	0,95 (0,76–1,20)	0,72	–	–	–	–
	Hiver	0,42 (0,28–0,64)	< 0,001	0,52 (0,40–0,69)	< 0,001	–	–	–	–



**Figure 11.** Comparaison de l'influence des sexes, races et saisons de naissances sur l'âge de stérilisation.

Les barres d'erreur représentent l'IC<sub>95</sub> associé. \* quand  $p < 0,05$ . \*\* quand  $p < 0,01$ . \*\*\* quand  $p < 0,001$ . • référence.



- *Stérilisation en SP*

Le risque d'être stérilisé avant l'âge de 4 mois et donc dans le cadre d'une SP était significativement influencé par toutes les variables excepté l'isolement du foyer. Ainsi, la SP était plus répandue chez les chats mâles (Fig. 11a), et les chats croisés étaient à risque largement supérieur d'être stérilisé précocement (Fig. 11b) par rapport aux chats de pure race. Les chats provenant de foyers aux plus grandes ressources économiques et les moins défavorisés étaient également significativement plus stérilisés en SP, bien qu'aucune corrélation linéaire n'ait pu être mise en évidence (IERq :  $R^2 = 0,37$  ; IRSDq :  $R^2 = 0,01$ ). L'état du Victoria montrait la plus grande proportion de chats stérilisés avant 4 mois (34,2%), suivi par les NSW (22,9%), l'ACT (18,5%), le QLD (16,4%) puis le SA (12,9%).

- *Stérilisation à 6 mois, 1 an et 2 ans*

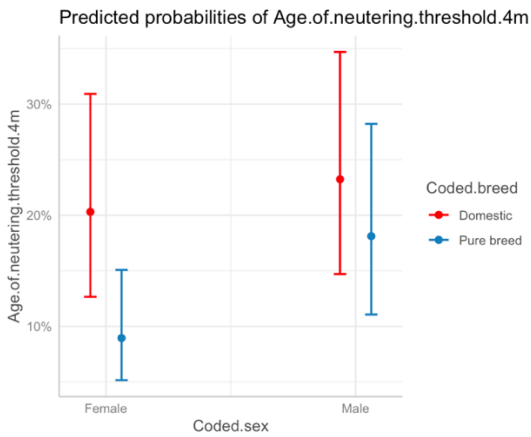
Bien que le sexe et la race ne montraient aucune influence sur la fréquence de stérilisation avant l'âge de 6 mois, les chats mâles étaient davantage stérilisés avant l'âge d'1 an que les femelles (Fig. 10a), et les chats croisés étaient significativement plus à risque d'être stérilisé avant l'âge de 2 ans que les chats de pure race (Fig. 11b). Quel que soit le seuil considéré, les chats nés en hiver étaient stérilisés plus tard que ceux nés au cours d'une autre saison alors que les chats nés au printemps étaient stérilisés plus précocement (Fig. 11c) que les autres (sauf pour le seuil de 4 mois d'âge). Alors que l'index sur les ressources économiques du foyer n'a pas été une variable incluse dans le modèle multivariable pour la stérilisation avant 6 mois, 1 an, et 2 ans, le désavantage socio-économique représentait une variable explicative significative, les foyers les plus défavorisés stérilisant leur(s) chat(s) plus tardivement. L'isolement du foyer ne montrait aucune influence sur l'âge de stérilisation et n'était pas inclus dans les modèles expliquant la stérilisation à 1 an et à 2 ans.

- *Interactions ente variables dans le modèle*

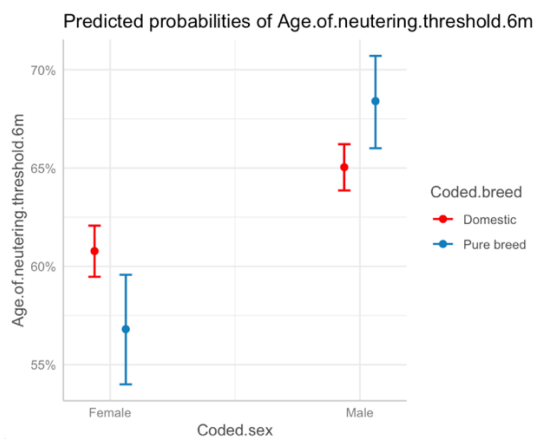
La race et le sexe ont montré une interaction significative pour la stérilisation avant 4 mois et avant 6 mois. Ainsi, l'influence du sexe était significativement plus marquée chez les chats de race : presque 2 fois plus pour un âge de stérilisation avant 4 mois, avant 6 mois et avant 1 an, et plus de 2,5 fois pour un âge de stérilisation avant 2 ans (Fig. 12).

L'effet de la saison de naissance sur l'âge de stérilisation était plus marqué chez les chats vivant en région isolée que chez les chats vivant dans une grande ville. Ainsi, la différence entre les chats nés en hiver par rapport à ceux nés dans une autre saison en région isolée était presque 2 fois plus élevée pour un âge de stérilisation avant 4 mois et avant 6 mois que pour les chats des villes majeures australiennes (Fig. 13).

**Fig.12a.** Seuil d'âge de 4 mois.



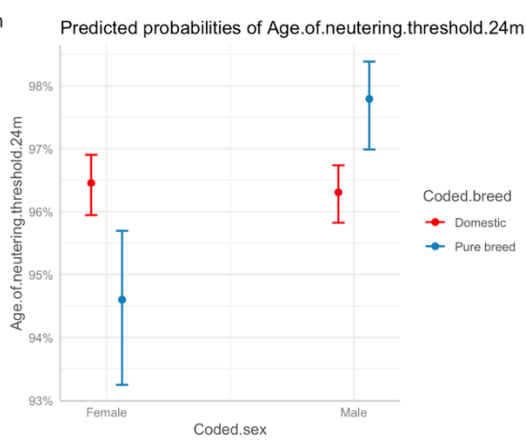
**Fig.12b.** Seuil d'âge de 6 mois.



**Fig.12a.** Seuil d'âge de 1 an.



**Fig.12b.** Seuil d'âge de 2 ans.



**Figure 12.** Illustration de l'interaction entre sexe et race pour les 4 seuils d'âge de stérilisation. Les graphiques montrent les probabilités et IC<sub>95</sub> correspondant. *Domestic* pour chat croisé, *Pure breed* pour chat de race.



**Figure 13.** Illustration de l'effet d'interaction entre aire d'isolement et saison de naissance pour l'âge de stérilisation à 6 mois. Les points et barres associées montrent les probabilités et IC<sub>95</sub> correspondant.

### 3.4. Comparaison de l'âge de stérilisation entre deux cohortes consécutives de chats australiens

Les taux de stérilisation étaient significativement différents entre les deux cohortes. La première (1995-2009) montrait un taux de stérilisation de 93,3% (93,0 – 93,6), alors que la seconde montrait un taux de stérilisation de 84,8% (84,5 – 85,1). La régression linéaire multivariable sur le taux de stérilisation dans la première cohorte ne montrait plus d'influence de la race. Les autres variables montraient cependant une influence similaire. Cependant, alors que les deux cohortes montraient des populations différentes en termes de sexe, race, saison de naissance et aire d'isolement (Tableau 7), aucune de ces variables n'ont montré d'interaction avec la période de naissance dans la régression logistique multivariable et donc ne peut expliquer les différences de taux entre les deux périodes.

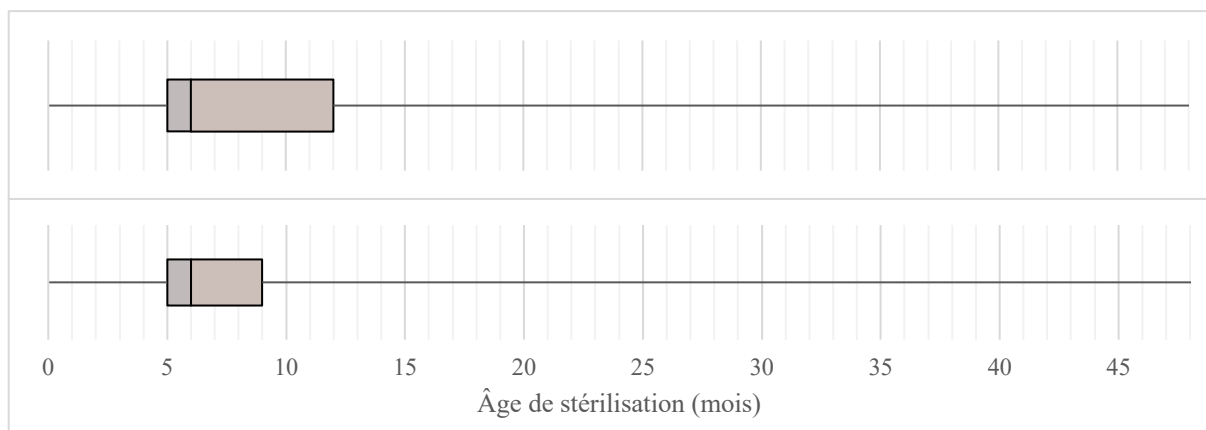
**Tableau 7.** Comparaison des populations des deux cohortes.

Les valeurs significatives lors du test  $\chi^2$  (<0.05) sont indiquées en gras. MCA = grandes villes australiennes.

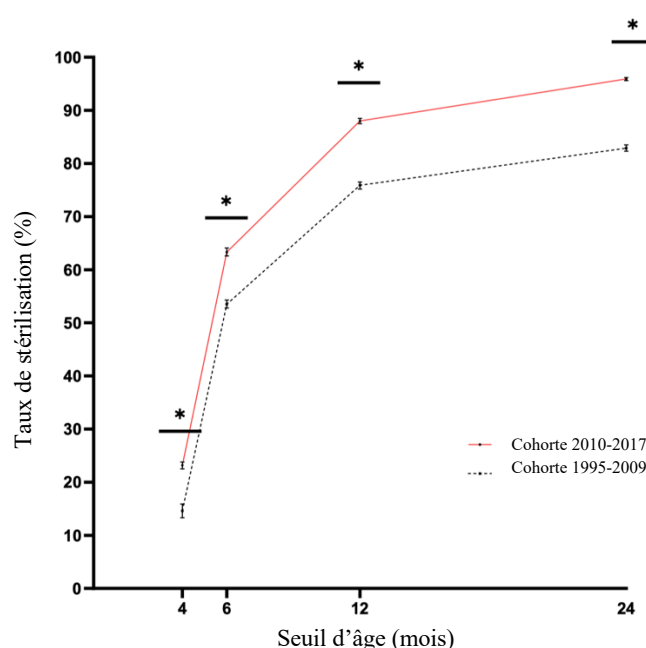
Variable	Catégorie	Nombre de chats (%) Cohorte 1995-2009	Nombre de chats (%) Cohorte 2010-2017	$\chi^2$ p-value
Sexe	Femelle	15 821 (53,4%)	23 480 (49,3%)	<b>&lt;0,001</b>
	Mâle	13 800 (46,6%)	24 099 (50,7%)	
Race	Croisé	23 038 (78,1%)	38 075 (80,2%)	<b>&lt;0,001</b>
	Pure race	6 456 (21,9%)	9 407 (19,8%)	
Saison de naissance	Automne	6 163 (20,8%)	10 068 (21,1%)	<b>&lt;0,001</b>
	Printemps	9 658 (32,6%)	16 681 (35,0%)	
	Été	8 476 (28,6%)	13 870 (29,1%)	
	Hiver	5 348 (18,0%)	7 085 (14,9%)	
Aire d'isolement	MCA	22 988 (83,0%)	35 415 (80,9%)	<b>&lt;0,001</b>
	Autres	4 699 (17,0%)	8 360 (19,1%)	

L'âge de stérilisation a été identifié pour 2808 chats nés entre le 1<sup>er</sup> Janvier 1998 et le 31 Décembre 2009 inclus. Le sexe et la race étaient identifiés pour 99,9% de la cohorte avec une répartition équitable entre sexes (48,6% de mâles) et une majorité de chats croisés (77,7%).

L'âge médian de stérilisation chez les chats nés entre 1998 et 2009 était de 6 mois avec un intervalle allant de 1 mois à un peu moins de 20 ans. L'âge médian était également de 6 mois pour les chats nés entre 2010 et 2017 mais 75% des chats de la première cohorte étaient stérilisés avant l'âge de 12 mois alors que ce 3<sup>e</sup> quartile se situait à 9 mois pour la seconde cohorte (Fig. 13). Au sein de la deuxième cohorte, 14,6% avaient été stérilisés avant l'âge de 4 mois, 53,6% avant l'âge de 6 mois, 75,9% avant 1 an et 24,1% à un âge supérieur à 1 an (Fig. 15).



**Figure 14.** Boxplots montrant la répartition de l'âge de stérilisation chez les chats nés entre 1995 et 2009 (en haut) et entre 2010 et 2017 (en bas).



**Figure 15.** Comparaison de la proportion de chats stérilisés avant l'âge de 4, 6, 12 et 24 mois dans une cohorte de chats australiens nés dans deux périodes consécutives. Les barres verticales représentent le  $CI_{95}$ . \* lorsque  $p < 0.05$ .

L'âge moyen de stérilisation chez les chats nés entre 2010 et 2017 ( $8,3 \pm 0,13$  mois) était significativement inférieur à l'âge moyen de stérilisation de ceux nés entre 1995 et 2009 ( $21,5 \pm 1,41$  mois) ( $p < 0,001$ ). Chez les chats nés entre 2010 et 2017, le risque d'être stérilisé avant chaque seuil d'âge était significativement plus élevé que chez les chats nés entre 1995 et 2010 tant dans la régression logistique univariable qu'en introduisant la variable « période de naissance » dans un modèle linéaire multivariable (Tableau 8).

**Tableau 8.** Résultats de la régression logistique multivariable entre l'âge de stérilisation et la période de naissance.

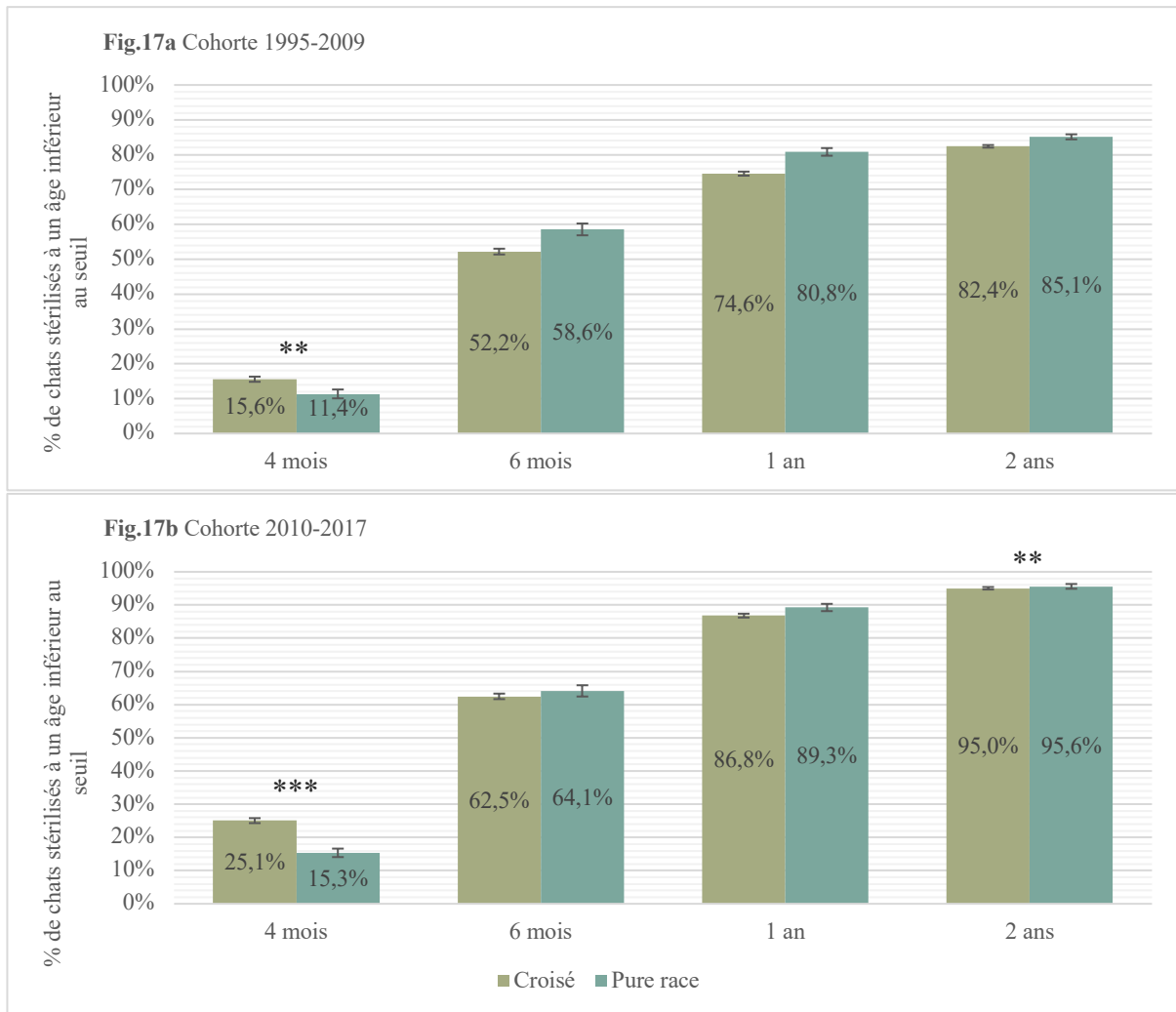
Valeurs significatives ( $p < 0,05$ ) indiquées en gras. Les modèles linéaires multivariés ici étudiés comprennent les mêmes variables que les modèles précédents expliquant l'âge de stérilisation, auxquelles a été ajoutée la période de naissance. *OR* pour Odds-Ratios.  $CI_{95}$  = intervalle de confiance à 95%.

Variable	Categorie	Age de stérilisation ( $CI_{95}$ )							
		≤ 4 mois		≤ 6 mois		≤ 1 an		≤ 2 ans	
		OR	p-value	OR	p-value	OR	p-value	OR	p-value
Période de naissance	1995-2009	Référence		Référence		Référence		Référence	
	2010-2017	1.72 (1.53-1.94)	< <b>0.001</b>	1.55 (1.42-1.69)	< <b>0.001</b>	2.51 (2.26-2.80)	< <b>0.001</b>	5.57 (4.85-6.38)	< <b>0.001</b>

La comparaison des régressions logistiques multivariées a également montré des différences quant aux facteurs d'influence de l'âge de stérilisation sur la cohorte de chats nés entre 1995 et 2009 face à la cohorte de chats nés entre 2010 et 2017. Ainsi, chez les chats nés entre 1995 et 2009 le sexe n'influait pas le taux de stérilisation précoce ( $p = 0,314$ ) (Fig. 16) alors que les chats croisés restaient plus fréquemment stérilisés avant 4 mois que les chats de race ( $p = 0,006$ ) (Fig. 17). En revanche, la race n'avait plus d'influence sur la stérilisation à 6, 12 et 24 mois ( $p = 0,620$  ;  $p = 0,681$  ;  $p = 0,662$ ) (Fig. 17) de même que le sexe ( $p = 0,659$  ;  $p = 0,893$  ;  $p = 0,220$ ) (Fig. 16). Contrairement à la seconde cohorte, les chats nés entre 1995 et 2009 et provenant d'aires isolées étaient plus à risque d'être stérilisés quel que soit le seuil considéré : 4 mois ( $p < 0,001$ ), 6 mois ( $p = 0,003$ ), 1 an ( $p = 0,006$ ), 2 ans ( $p < 0,001$ ) (Fig. 18). L'état de résidence ne montrait pas d'influence sur le risque de stérilisation avant 4 et 6 mois, cependant les chats de l'état du SA étaient très significativement plus à risque d'être stérilisés avant 1 an ( $OR\ 4,58\ (2,76 - 8,01)$  ;  $p < 0,001$ ) et 2 ans ( $OR\ 7,12\ (3,71 - 15,46)$  ;  $p < 0,001$ ) que les chats des NSW. Ils étaient suivis des chats provenant des états du SA et du NSW, puis des chats provenant des états de l'ACT, QLD et du VIC. Les ressources économiques comme le désavantage socio-économique n'avaient à l'époque pas d'influence sur la stérilisation précoce. Enfin, on retrouvait la même interaction entre sexe et race, l'effet du sexe (et donc d'être un mâle) étant significativement plus important chez les chats de race que chez les chats croisés (4 mois :  $iOR\ 1,97\ (1,09 - 3,61)$ ,  $p = 0,026$  ; 6 mois :  $iOR\ 1,53\ (1,06 - 2,22)$ ,  $p = 0,024$  ; 12 mois :  $iOR\ 2,32\ (1,44 - 3,78)$ ,  $p < 0,001$  ;  $iOR\ 1,95\ (1,16 - 3,31)$ ,  $p = 0,013$ ).



**Figure 16.** Comparaison de l'influence des sexes sur l'âge de stérilisation dans les deux cohortes. Les barres d'erreur représentent l'IC<sub>95</sub> associé. \* quand  $p < 0,05$ . \*\* quand  $p < 0,01$ . \*\*\* quand  $p < 0,001$ .



**Figure 17.** Comparaison de l'influence de la race sur l'âge de stérilisation dans les deux cohortes. Les barres d'erreur représentent l'IC<sub>95</sub> associé. \* quand  $p < 0,05$ . \*\* quand  $p < 0,01$ . \*\*\* quand  $p < 0,001$ .



**Figure 18.** Comparaison de l'influence de l'isolement du foyer sur l'âge de stérilisation dans les deux cohortes.

Les barres d'erreur représentent l'IC<sub>95</sub> associé. \* quand  $p < 0,05$ . \*\* quand  $p < 0,01$ . \*\*\* quand  $p < 0,001$ .





## 4. Discussion

Les résultats de cette étude fournissent les premières données à grande échelle de la pratique de la stérilisation des chats en Australie. Ces résultats, obtenus de dossiers médicaux, viennent nourrir la littérature existante constituée majoritairement d'études basées sur des sondages et portant sur l'attitude et avis des vétérinaires et propriétaires quant à la stérilisation<sup>15,23,30,52-54,77-79</sup>.

### 4.1. Limites de l'étude

Bien évidemment, cette étude montre des limites qui devraient être considérée lors de l'interprétation des résultats.

La première concerne la provenance de nos données. En effet, les dossiers médicaux des chats faisant partie de l'étude provenant exclusivement de cliniques vétérinaires faisant partie du projet VetCompass. Étaient alors exclus de l'étude tous les chats non médicalisés ou médicalisés dans d'autres cliniques vétérinaires. Il est alors fortement probable que les taux réels de stérilisation soient inférieurs à ceux retrouvés ici, notamment quand on sait que seuls 41% des chats en Australie sont enregistrés dans les registres officiels<sup>32</sup>.

A cause de la faible valeur prédictive positive de la recherche de mots-clés dans le texte de consultation<sup>63</sup> et de la complexité d'extraction des informations contenues, des données sur la population d'étude nous manquent et notamment sur la provenance et le style de vie des chats concernés. Ainsi, il est difficile d'évaluer si les chats présentés étaient destinés à être des animaux de compagnie ou s'ils faisaient partie d'un refuge, s'ils étaient destinés à la reproduction ou si c'étaient des chats errants, ou simplement s'ils avaient accès à l'extérieur. Ces informations représentent un biais qui ne pouvait donc pas être évalué.

L'impossibilité d'exploitation du texte de consultation a fermé l'accès à des données qu'il aurait été à la fois intéressant d'étudier mais qui auraient surtout pu constituer des biais. Parmi elles on retrouve l'accès à l'extérieur, le nombre d'animaux du foyer ou encore la médicalisation du l'animal (via la fréquence de vaccination notamment).

Telle que le montre la Figure 7, les données analysées ici provenaient de zones du territoire australien réparties de manière hétérogène avec de variations importantes dans la taille des échantillons. Ainsi, les grandes variations entre États ou aire d'isolement (Tab. 5) peuvent avoir représenté un biais dans nos résultats.

Il est enfin possible que les données d'un même chat présenté plusieurs fois aient été comptées plus d'une fois, bien qu'une étude précédente sur la VCADB a montré que moins de 0,01% des données pouvaient être affectées par ce biais<sup>63</sup>.

#### 4.2. Pratiques actuelles et gestion des populations de chats

Le taux de stérilisation de 83,6% des chats en Australie identifiée ici est une nouvelle preuve que ce pays fait partie des plus hauts taux de stérilisation de chats. Les études précédentes<sup>15,52,80</sup>, basées sur des sondages, estimaient ce taux à 92%, 93,2%, 97,4%, 94% en 2009, 2012, 2013, et 2017, respectivement. En comparaison, ce taux était évalué à 80% en 2009 aux États-Unis<sup>56</sup> et 43% en 2008 en Italie<sup>55</sup>. Plus récemment, en 2017, ce taux a été estimé à 77% au Royaume-Uni<sup>81</sup>. Cependant, alors que ces études fournissent un instantané du taux de stérilisation, elles ne prennent pas en compte l'historique des chats et notamment l'âge auquel ils ont été stérilisés.

Une évolution des pratiques en matière de stérilisation a été mise en évidence dans cette étude, montrant une stérilisation réalisée à un âge de plus en plus précoce. Ainsi, la stérilisation précoce (avant l'âge de 4 mois) était 1,76 fois plus fréquente chez les chats nés entre 2010 et 2017 que chez les chats nés entre 1995 et 2009. Cette évolution des pratiques se retrouvait significative pour tous les seuils d'âge étudiés, avec des probabilités de stérilisation avant le seuil augmentées jusqu'à un facteur de 4,89 (pour l'exemple de la stérilisation à 2 ans d'âge). Malgré cette évolution, la stérilisation précoce reste encore peu répandue notamment chez les femelles où elle ne concerne que 21,5% d'entre elles. Notre étude met ainsi en évidence les pratiques actuelles de stérilisation à 6 mois d'âge, recommandées le plus fréquemment par les vétérinaires australiens<sup>30,79</sup>. Cependant, le taux de stérilisation semble avoir baissé au cours des deux périodes passant alors de 93,3% à 84,8%. Aucune variable étudiée ici ne semble expliquer cette différence.

Stériliser une femelle à un âge supérieur ou égal à 6 mois peut sembler être sans conséquence majeure au vu des chances qu'elle ait atteint la puberté ou qu'elle ait pu avoir des contacts avec un mâle. Cependant, l'atteinte de la puberté à un âge inférieur à 6 mois n'est pas exceptionnel<sup>82</sup> et il a été récemment trouvé que 63% des chats d'Australie et de Nouvelle-Zélande avaient accès à l'extérieur<sup>80</sup>. Dans une optique de contrôle de population, il est donc tout à fait pertinent d'éliminer la possibilité de gestation en adoptant la SP comme pratique standard, d'autant que la sécurité de cette pratique tant à court-terme qu'à long-terme est largement validée par le corps scientifique<sup>12,38-46</sup>. Il est cependant rassurant dans nos résultats d'observer une telle augmentation de la fréquence de stérilisation avant l'âge de 1 an quand on sait que 14,6% de la population de chats en Australie et Nouvelle-Zélande est âgée de 1 an ou moins<sup>80</sup>.

L'impact que pourrait avoir un contrôle strict de la reproduction chez les chats de propriétaires sur les populations de chats errants et de refuge n'est cependant pas clairement déterminé. Les populations de chats domestiques (dépendant intégralement des humains), errants (avec des interactions ponctuelles avec les humains) et sauvages (totalement indépendant des humains) ont toutes une origine anthropogénique et l'Homme influence de manière significative tant leur abondance que les mouvements entre ces classes de population en leur donnant de la nourriture voire un foyer, via l'abandon ou au contraire l'adoption, etc.<sup>7</sup> Des modèles de dynamiques de ces populations commencent à émerger<sup>83</sup>. Ils se limitent pour l'instant à la simulation des

transferts entre différentes classes (domestiques, errants et sauvages) mais pourraient apporter des clés dans la gestion de ces populations dans le futur.

#### *4.3. Facteurs d'influence des pratiques de stérilisation des chats en Australie*

Dans les modèles multivariés pour les chats nés entre 2010 et 2017, le sexe, la race, l'État de résidence et les indices socioéconomiques montraient tous une influence significative tant sur la prévalence de la stérilisation que sur l'âge de stérilisation.

Les femelles étaient moins à risque d'être stérilisées que les mâles, et au sein des chats stérilisés les femelles étaient moins stérilisées en SP que les mâles. Les raisons pouvant expliquer cette différence n'ont pas été investiguées à ce jour. Cette différence pourrait faire suite aux frais de stérilisation supérieurs pour les femelles (300\$ contre 115\$ selon la RSPCA<sup>84</sup>) – bien qu'aucune interaction significative entre sexe et indice sur les ressources économiques n'ait été mise en évidence dans les modèles – ou à une plus grande réputation des chats mâles à fuir, errer, s'accoupler et se battre auprès du grand public que ne l'est la gestation d'une femelle non stérilisée, surtout à un jeune âge. Ainsi, les femelles pourraient constituer un premier levier intéressant pour la promotion de la SP.

Il était prévisible d'obtenir des taux de stérilisation inférieurs chez les chats de pure race car une partie d'eux est volontairement gardée entière à des fins de reproduction dans le cadre d'élevages. Cependant, il était surprenant d'observer que les chances de stérilisation en SP étaient 2,7 fois plus faibles chez ces derniers que chez les chats croisés. En effet, en France, la moitié des éleveurs demandent systématiquement de stériliser leurs portées avant la vente et 83% d'entre eux font stériliser leurs chatons à l'âge de 3 mois avant la vente. En effet, les éleveurs de chats de pure race en France voient dans la stérilisation précoce des avantages à la fois à court terme tels qu'une récupération post-chirurgicale plus rapide avec moins de complications, à long terme avec la réduction voire suppression du risque de maladies de la sphère génitale, mais aussi des relatifs au bien-être tels que la diminution du risque d'abandon ou la suppression de la possibilité d'une reproduction non souhaitée<sup>85</sup>. Cette différence de stérilisation précoce entre chats de race et chats croisés pourrait refléter une plus grande demande de la part des refuges et associations de protection – qui comportent une très grande majorité de chats croisés – de stériliser en SP que de la part des éleveurs. Cette possibilité peut être corroborée par la grande prévalence de chats croisés relevée ici (80,0%) mais aussi dans la littérature (70 à 80%) et l'origine des chats domestiques, ayant pour la majorité (56,6%) un historique inconnu car provenant d'un refuge (36%), d'une clinique vétérinaire (12%) ou de la rue (20%)<sup>80,86,87</sup>. L'interaction observée entre sexe et race – l'influence du sexe étant d'autant plus marquée chez les chats de race avec des femelles stérilisées de manière moins fréquentes et plus tardivement que les mâles – pourrait résulter d'une tendance des éleveurs à conserver les femelles pour les faire reproduire de manière plus fréquente que les mâles.

La saison de reproduction en Australie et Nouvelle-Zélande s'étend tout au long de l'année avec un pic au printemps (38%) et une décroissance après cette saison jusqu'en hiver (13%), ce

qui corrobore l'augmentation d'admissions dans les refuges au printemps et à l'été<sup>18,88,89</sup>. Les chats nés en hiver étaient stérilisés plus tard quel que soit l'âge seuil considéré. Ce résultat pourrait être expliqué par des campagnes de promotion de la stérilisation moins présentes en hiver du fait de la diminution du nombre de naissances à cette saison. On retrouve cette différence saisonnière au Royaume-Uni où la RSPCA (Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals) mène des campagnes de stérilisation en automne afin de prévenir le pic de naissances au printemps<sup>90</sup>.

L'État de résidence influençait tant le risque d'être stérilisé que l'âge de stérilisation et la prévalence de la stérilisation précoce. En comparaison avec les chats des NSW, les chats du VIC et du SA étaient plus à risque d'être stérilisé alors que ceux du QLD étaient moins à risque. En comparaison de nouveau avec les NSW, les chances d'être stérilisé en SP étaient 1,45 fois plus élevées chez les chats du VIC et 1,5 à 2,3 fois plus faibles pour les chats du QLD, SA et ACT. La stérilisation est gérée différemment entre les différents États et territoires australiens. Ainsi, il est obligatoire de stériliser un animal avant de le céder dans les États du WA, ACT et SA alors que le QLD, NSW et VIC<sup>86</sup> l'encouragent seulement sans obligation légale<sup>91</sup> via des frais d'enregistrement dans les registres nationaux réduits pour un chat stérilisé. Il est obligatoire de faire stériliser son chat dès l'âge de 3 mois dans l'ACT, dès l'âge de 6 mois dans le WA et SA<sup>91</sup>. Aucune relation entre la législation et nos résultats n'a pu être mise en évidence autre que la plus forte prévalence de la stérilisation dans l'État du SA avec des chances d'être stérilisé 1,47 fois plus élevées que dans l'état des NSW. Ainsi, dans l'ACT où la stérilisation des chats domestiques est obligatoire à 3 mois depuis 2007, la prévalence de la SP se retrouve seconde derrière le QLD et sans différence significative avec les NSW et le WA. Dans cet État, seuls 10% des vétérinaires recommandent effectivement la stérilisation à 3 mois et seulement un tiers d'entre eux savent que la stérilisation à 3 mois est obligatoire<sup>77</sup>. Il est donc aujourd'hui difficile d'évaluer si et comment la législation influence la reproduction des chats domestiques et donc, indirectement, les problématiques de surpopulation.

Les conditions socio-économiques avaient une influence tant sur la prévalence de la stérilisation que sur l'âge de stérilisation. Ainsi, on retrouvait davantage de chats entiers dans les zones isolées, à faible revenu ou défavorisées. Ce résultat est d'autant plus inquiétant qu'en Australie et Nouvelle-Zélande les chats ayant accès à l'extérieur sont majoritairement retrouvés dans les zones non-urbaines<sup>80</sup> où ils sont donc plus à risque d'être en contact avec des congénères. De plus, ces résultats corroborent la corrélation positive entre la densité de chats errants et les difficultés socio-économiques qui a été observée en Nouvelle-Zélande<sup>92</sup>. Ces résultats justifient tous une promotion accrue de la stérilisation dans les zones les plus défavorisées.

L'indicateur économique relatif notamment aux ressources économiques du foyer étudié ici influençait la prévalence de la stérilisation avec un risque d'être stérilisé presque 1,2 fois plus élevé dans les zones à plus hauts revenus que dans les zones aux revenus les plus modestes. L'effet des ressources économiques du foyer avait déjà été exploré avec des résultats encore

plus surprenants aux États-Unis où le taux de stérilisation variait de 51,4% pour les foyers à plus faibles revenus à 96,2% dans les foyers les plus aisés<sup>56</sup>.

Au sein des chats stérilisés, la stérilisation précoce était plus fréquente dans les zones les plus modestes, mais elle était corrélée négativement avec le désavantage socio-économique. Bien que ce résultat semble paradoxal, l'IRSD est basé sur des indicateurs plus variés que le salaire et prennent ainsi également en compte les qualifications et types d'emplois du secteur<sup>68</sup>. Une étude semblable au Royaume-Uni avait déjà relevé que la SP était plus fréquente dans les foyers aux revenus les plus faibles alors qu'à l'inverse la stérilisation à 6 mois était davantage répandue dans les foyers les plus aisés<sup>93</sup>. Ces résultats pourraient faire suite à des campagnes de promotion de la stérilisation plus insistées dans les régions les plus défavorisées – et non pas dans les régions à faibles revenus – via des prix réduits pour la SP ou car les chats proviendraient davantage de sources pratiquant la SP tels que les refuges.

## 5. Conclusion

L'exploitation de la base de données fournie par le projet VetCompass montre ici le potentiel mais aussi les limites de ce dernier. Il ouvre la possibilité de futurs projets de recherche rétrospectifs à très grande échelle, mais aussi prospectifs. Ces projets de recherches concernent l'intégralité des domaines de la médecine vétérinaire, et le débat actuel sur la stérilisation précoce pourrait par exemple être nourri par des études de prévalence des conséquences suspectées de cette pratique. En effet, en améliorant le recensement de maladies, affections, syndromes sur VetCompass par exemple via la mise en place d'une détection automatisée de mots-clés avec une bonne valeur prédictive positive, il serait possible d'exploiter ce projet à son plein potentiel et alors d'accéder à des résultats épidémiologiques extrêmement intéressants.

La grande majorité des chats présentés chez un vétérinaire en Australie sont stérilisés. Un shift significatif est observé quant à l'âge de stérilisation qui est donc réalisée de plus en plus tôt avec une stérilisation précoce de plus en plus reconnue et pratiquée, mais un nombre encore trop significatif de chats en âge de se reproduire reste non stérilisé au vu des objectifs australiens de stérilisation.

Les indicateurs influençant la stérilisation – tant sa prévalence que l'âge auquel elle est réalisée – identifiés ici apportent de nouvelles justifications à de futures campagnes de promotion de la stérilisation précoce. Ces futures campagnes pourront cibler de manière préférentielle ces indicateurs, et leur impact pourra être évalué via de nouvelles études à grande échelle sur les dossiers médicaux électroniques, dont l'intérêt a été ici démontré.

Les travaux réalisés ici ont mené à une publication dans la revue scientifique Scientific Reports en Janvier 2021<sup>94</sup> (Annexe 2).

## Bibliographie

- 1 Risbey, D.A., Calver, M.C., Short, J., Bradley, J.S. & Wright, I.W. The impact of cats and foxes on the small vertebrate fauna of Heirisson Prong, Western Australia. II. A field experiment. *Wildlife Research* **27**, 223-235 (2000).
- 2 Loss, S.R., Will, T. & Marra, P.P. The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature Communications* **4**, 1396, doi:10.1038/ncomms2380 (2013).
- 3 Paton, D. Loss of wildlife to domestic cats. *The Impact of Cats on Native Wildlife*. (Ed. C. Potter.) pp, 64-69 (1991).
- 4 Lilith, M., Calver, M. & Garkaklis, M. Roaming habits of pet cats on the suburban fringe in Perth, Western Australia: what size buffer zone is needed to protect wildlife in reserves. *Mosman NSW: Royal Zoological Soc New South Wales*, 65-72 (2008).
- 5 Legge, S. *et al.* Enumerating a continental-scale threat: How many feral cats are in Australia? *Biological Conservation* **206**, 293-303, doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.032> (2017).
- 6 Grayson, J. & Calver, M. Regulation of domestic cat ownership to protect urban wildlife: a justification based on the precautionary principle. (2004).
- 7 Crawford, H.M. *Improving nine lives: Trialling and assessing management strategies for stray cats (Felis catus) in Australia*, Murdoch University, (2019).
- 8 Grayson, J., Calver, M. & Styles, I. Attitudes of suburban Western Australians to proposed cat control legislation. *Australian Veterinary Journal* **80**, 536-543, doi:10.1111/j.1751-0813.2002.tb11030.x (2002).
- 9 Perry, G. in *Proceedings of the 8th National Conference on Urban Animal Management in Australia*, Gold Coast, Qld, Australia. (Australian Veterinary Association: Melbourne, Vic., Australia.) Available at [http://aiam.org.au/resources/Documents/1999%20UAM/PUB\\_Pro99\\_GaillePerry.pdf](http://aiam.org.au/resources/Documents/1999%20UAM/PUB_Pro99_GaillePerry.pdf) [verified 5 February 2020].
- 10 Nutter, F.B., Levine, J.F. & Stoskopf, M.K. Reproductive capacity of free-roaming domestic cats and kitten survival rate. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **225**, 1399-1402 (2004).
- 11 Welsh, C., Gruffydd-Jones, T., Roberts, M. & Murray, J. Poor owner knowledge of feline reproduction contributes to the high proportion of accidental litters born to UK pet cats. *Veterinary Record* **174**, 118-118, doi:<https://doi.org/10.1136/vr.101909> (2014).
- 12 Joyce, A. & Yates, D. Help stop teenage pregnancy! Early-age neutering in cats. *Journal of Feline Medicine & Surgery* **13**, 3-10, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfms.2010.11.005> (2011).



- 13 Tsutsui, T. & Stabenfeldt, G. Biology of ovarian cycles, pregnancy and pseudopregnancy in the domestic cat. *Journal of reproduction and fertility. Supplement* **47**, 29 (1993).
- 14 Jemmett, J. & Evans, J. A survey of sexual behaviour and reproduction of female cats. *Journal of Small Animal Practice* **18**, 31-37 (1977).
- 15 Murray, J., Roberts, M., Whitmars, A. & Gruffydd-Jones, T. Survey of the characteristics of cats owned by households in the UK and factors affecting their neutered status. *Veterinary Record* **164**, 137-141, doi:<https://doi.org/10.1136/vr.164.5.137> (2009).
- 16 Zito, S. *et al.* Reasons people surrender unowned and owned cats to Australian animal shelters and barriers to assuming ownership of unowned cats. *Journal of Applied Animal Welfare Science* **19**, 303-319, doi:<https://doi.org/10.1080/10888705.2016.1141682> (2016).
- 17 Miller, H., Ward, M. & Beatty, J.A. Population Characteristics of Cats Adopted from an Urban Cat Shelter and the Influence of Physical Traits and Reason for Surrender on Length of Stay. *Animals* **9**, 940, doi:<https://doi.org/10.3390/ani9110940> (2019).
- 18 Marston, L.C. & Bennett, P.C. Admissions of cats to animal welfare shelters in Melbourne, Australia. *Journal of Applied Animal Welfare Science* **12**, 189-213 (2009).
- 19 Alberthsen, C. *et al.* Cat admissions to RSPCA shelters in Queensland, Australia: description of cats and risk factors for euthanasia after entry. *Australian veterinary journal* **91**, 35-42, doi:<https://doi.org/10.1111/avj.12013> (2013).
- 20 Casey, R.A., Vandenbussche, S., Bradshaw, J.W. & Roberts, M.A. Reasons for relinquishment and return of domestic cats (*Felis silvestris catus*) to rescue shelters in the UK. *Anthrozoös* **22**, 347-358 (2009).
- 21 Fatjó, J. *et al.* Epidemiology of dog and cat abandonment in Spain (2008–2013). *Animals* **5**, 426-441 (2015).
- 22 Natoli, E. *et al.* Management of feral domestic cats in the urban environment of Rome (Italy). *Preventive veterinary medicine* **77**, 180-185 (2006).
- 23 Lilith, M., Calver, M., Styles, I. & Garkaklis, M. Protecting wildlife from predation by owned domestic cats: Application of a precautionary approach to the acceptability of proposed cat regulations. *Austral Ecology* **31**, 176-189 (2006).
- 24 Dickman, C.R. & Newsome, T.M. Individual hunting behaviour and prey specialisation in the house cat *Felis catus*: implications for conservation and management. *Applied Animal Behaviour Science* **173**, 76-87 (2015).
- 25 Roberts, M. & Clements, J. Using early neutering to control unwanted litters. *Veterinary Record* **176**, 570-571, doi:10.1136/vr.h2751 (2015).

- 26 Olson, P., Kustritz, M. & Johnston, S. Early-age neutering of dogs and cats in the United States (a review). *Journal of reproduction and fertility. Supplement* **57**, 223 (2001).
- 27 Spain, C.V., Scarlett, J.M. & Cully, S.M. When to Neuter Dogs and Cats: A Survey of New York State Veterinarians' Practices and Beliefs. *Journal of the American Animal Hospital Association* **38**, 482-488, doi:10.5326/0380482 (2002).
- 28 Murray, J.K., Skillings, E. & Gruffydd-Jones, T.J. Opinions of veterinarians about the age at which kittens should be neutered. *Veterinary Record* **163**, 381-385, doi:<https://doi.org/10.1136/vr.163.13.381> (2008).
- 29 Gagnon, A.-C., Langlade, C., Rosset, E. & Buff, S. French veterinarians' opinions and practices regarding early neutering of cats: a convenience sampling survey interpreted in an international context. *Veterinary Record* **187**, e120-e120, doi:<https://doi.org/10.1136/vr.105944> (2020).
- 30 Leung, O., Kelman, M., Hayward, M. & Ward, M. Survey of recommendations given by Australian veterinarians on the age of desexing of dogs and cats. *Aust. Vet. Pract* **46**, 72-82 (2016).
- 31 Sparkes, A.H. *et al.* ISFM guidelines on population management and welfare of unowned domestic cats (*Felis catus*). *Journal of Feline Medicine and Surgery* **15**, 811-817 (2013).
- 32 RSPCA (Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals). *Early-age desexing of dogs and cats*, <<https://www.rspca.org.au/sites/default/files/website/Campaigns/responsible-pet-ownership/Early%20Age%20Desexing%20Research%20Report%202010.pdf>>, Accessed 01/08/2020.
- 33 The Cat Group. *Timing of neutering*, <[http://www.thecatgroup.org.uk/policy\\_statements/neut.htm](http://www.thecatgroup.org.uk/policy_statements/neut.htm)>, Accessed 20 Sept.,2021.
- 34 Crawford, H.M. & Calver, M.C. Attitudes and practices of Australian veterinary professionals and students towards early age desexing of cats. *Animals* **9**, 2, doi:<https://doi.org/10.3390/ani9010002> (2019).
- 35 Hart, B.L., Hart, L.A., Thigpen, A.P. & Willits, N.H. Neutering of German Shepherd Dogs: associated joint disorders, cancers and urinary incontinence. *Vet Med Sci* **2**, 191-199, doi:10.1002/vms3.34 (2016).
- 36 Hart, B.L., Hart, L.A., Thigpen, A.P. & Willits, N.H. Long-term health effects of neutering dogs: comparison of Labrador Retrievers with Golden Retrievers. *PLoS One* **9**, e102241, doi:10.1371/journal.pone.0102241 (2014).
- 37 Torres de la Riva, G. *et al.* Neutering dogs: effects on joint disorders and cancers in golden retrievers. *PLoS One* **8**, e55937, doi:10.1371/journal.pone.0055937 (2013).

- 38 Howe, L.M. Short-term results and complications of prepubertal gonadectomy in cats and dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **211**, 57-62 (1997).
- 39 Kustritz, M.V.R. Early spay-neuter: clinical considerations. *Clinical techniques in small animal practice* **17**, 124-128, doi:<https://doi.org/10.1053/svms.2002.34328> (2002).
- 40 Faggella, A. & Aronsohn, M. Anesthetic techniques for neutering 6-to 14-week-old kittens. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **202**, 56-62 (1993).
- 41 Porters, N. *et al.* Prepubertal gonadectomy in cats: different injectable anaesthetic combinations and comparison with gonadectomy at traditional age. *Journal of feline medicine and surgery* **17**, 458-467 (2015).
- 42 Porters, N., De Rooster, H., Verschueren, K., Polis, I. & Moons, C.P. Development of behavior in adopted shelter kittens after gonadectomy performed at an early age or at a traditional age. *Journal of Veterinary Behavior* **9**, 196-206, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jveb.2014.05.003> (2014).
- 43 Roberts, M.L., Beatty, J.A., Dhand, N.K. & Barrs, V.R. Effect of age and surgical approach on perioperative wound complication following ovariohysterectomy in shelter-housed cats in Australia. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports* **1**, 2055116915613358 (2015).
- 44 Stubbs, W., Bloomberg, M., Scruggs, S., Shille, V. & Lane, T. Effects of prepubertal gonadectomy on physical and behavioral development in cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **209**, 1864 (1996).
- 45 Moons, C.P. *et al.* Effect of early-age gonadectomy on behavior in adopted shelter kittens—The sequel. *Journal of Veterinary Behavior* **26**, 43-47 (2018).
- 46 Porters, N. *et al.* Prepubertal gonadectomy in cats: different surgical techniques and comparison with gonadectomy at traditional age. *Veterinary Record* **175**, 223-223 (2014).
- 47 Howe, L.M. *et al.* Long-term outcome of gonadectomy performed at an early age or traditional age in cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **217**, 1661-1665, doi:10.2460/javma.2000.217.1661 (2000).
- 48 Yates, D. & Yeates, J. Prepubertal neutering of cats: three key points. *Vet Rec* **175**, 221-222, doi:10.1136/vr.g4935 (2014).
- 49 Porters, N. *et al.* Relationship between age at gonadectomy and health problems in kittens adopted from shelters. *Vet Rec* **176**, 572, doi:10.1136/vr.102678 (2015).
- 50 Spain, C.V., Scarlett, J.M. & Houpt, K.A. Long-term risks and benefits of early-age gonadectomy in cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **224**, 372-379, doi:10.2460/javma.2004.224.372 (2004).

- 51 Perry, K.L., Fordham, A. & Arthurs, G.I. Effect of neutering and breed on femoral and tibial physeal closure times in male and female domestic cats. *J Feline Med Surg* **16**, 149-156, doi:10.1177/1098612x13502977 (2014).
- 52 Johnson, J. & Calver, M. Prevalence of desexed cats in relation to age in a convenience sample of Western Australian cats. *Australian Veterinary Journal* **92**, 226-227, doi:10.1111/avj.12182 (2014).
- 53 McHarg, M., Baldock, C., Headey, B. & Robinson, A. National people and pets survey. *Australia, Urban Animal Management Coalition* (1995).
- 54 Murray, R. & Penridge, H.E. *Dogs and cats in the urban environment: a handbook of municipal pet management*. (Chiron Media, 1997).
- 55 Slater, M.R. *et al.* Cat and dog ownership and management patterns in central Italy. *Preventive veterinary medicine* **85**, 267-294 (2008).
- 56 Chu, K., Anderson, W.M. & Rieser, M.Y. Population characteristics and neuter status of cats living in households in the United States. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **234**, 1023-1030 (2009).
- 57 RVC (Royal Veterinary College). *Overview*, <<https://www.rvc.ac.uk/vetcompass/about/overview>>, Accessed 21 Sept,2021.
- 58 VetCompass Australia. *Participating Practices*, <<https://www.vetcompass.com.au/about-us/participating-practices/>>, Accessed June, 06,2021.
- 59 McGreevy, P. *et al.* VetCompass Australia: A National Big Data Collection System for Veterinary Science. *Animals (Basel)* **7**, doi:10.3390/ani7100074 (2017).
- 60 Hayashidani, H., Omi, Y., Ogawa, M. & Fukutomi, K. Epidemiological Studies on the Expectation of Life for Cats Computed from Animal Cemetery Records. *The Japanese Journal of Veterinary Science* **51**, 905-908, doi:10.1292/jvms1939.51.905 (1989).
- 61 Cozzi, B., Ballarin, C., Mantovani, R. & Rota, A. Aging and Veterinary Care of Cats, Dogs, and Horses through the Records of Three University Veterinary Hospitals. *Frontiers in Veterinary Science* **4**, doi:10.3389/fvets.2017.00014 (2017).
- 62 RSPCA (Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals). *How many pets are there in Australia?*, <<https://kb.rspca.org.au/knowledge-base/how-many-pets-are-there-in-australia/>>, Accessed 01/08/2020,2020.
- 63 McGreevy, P. *et al.* Identification of Microchip Implantation Events for Dogs and Cats in the VetCompass Australia Database. *Animals* **9**, 423 (2019).
- 64 ABS (Australian Bureau of Statistics). *Australian Statistical Geography Standard (ASGS)*, <[https://www.abs.gov.au/websitedbs/D3310114.nsf/home/Australian+Statistic+al+Geography+Standard+\(ASGS\)](https://www.abs.gov.au/websitedbs/D3310114.nsf/home/Australian+Statistic+al+Geography+Standard+(ASGS))>, Accessed June, 06,2021.
- 65 ABS (Australian Bureau of Statistics). 1270.0.55.003 - *Australian Statistical Geography Standard (ASGS): Volume 3 - Non ABS Structures, July 2016*

- <<https://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/1270.0.55.003July%202016?OpenDocument>>, Accessed June, 06,2021.
- 66 ABS (Australian Bureau of Statistics). 1270.0.55.005 - *Australian Statistical Geography Standard (ASGS): Volume 5 - Remoteness Structure, July 2016* <<https://www.abs.gov.au/websitedbs/D3310114.nsf/home/remoteness+structure>>, Accessed June, 06,2021.
- 67 University of Adelaide. *Accessibility/Remoteness Index of Australia (ARIA)*, <<https://arts.adelaide.edu.au/hugo-centre/services/aria#aria-methodology>>, Accessed June, 06,2021.
- 68 ABS (Australian Bureau of Statistics). 2033.0.55.001 - *Census of Population and Housing: Socio-Economic Indexes for Areas (SEIFA), Australia, 2016*, <<https://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/2033.0.55.0012016?OpenDocument>>, Accessed June, 23,2021.
- 69 Akaike, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control* **19**, 716-723 (1974).
- 70 Portet, S. A primer on model selection using the Akaike Information Criterion. *Infectious Disease Modelling* **5**, 111-128 (2020).
- 71 Donohue, M.C., Overholser, R., Xu, R. & Vaida, F. Conditional Akaike information under generalized linear and proportional hazards mixed models. *Biometrika* **98**, 685-700 (2011).
- 72 Buckland, S.T., Burnham, K.P. & Augustin, N.H. Model selection: an integral part of inference. *Biometrics*, 603-618 (1997).
- 73 Calcagno, V. & de Mazancourt, C. glmulti: an R package for easy automated model selection with (generalized) linear models. *Journal of statistical software* **34**, 1-29 (2010).
- 74 Fox, J. & Weisberg, S. Visualizing fit and lack of fit in complex regression models with predictor effect plots and partial residuals. *Journal of Statistical Software* **87**, 1-27 (2018).
- 75 Welch, B.L. The generalization of student's problem when several different population variances are involved. *Biometrika* **34**, 28-35 (1947).
- 76 Kwak, S.G. & Kim, J.H. Central limit theorem: the cornerstone of modern statistics. *Korean J Anesthesiol* **70**, 144-156, doi:10.4097/kjae.2017.70.2.144 (2017).
- 77 Orr, B.D. & Jones, B. A survey of veterinary attitudes towards prepubertal desexing in the Australian Capital Territory. *Frontiers in veterinary science* **6**, 272 (2019).
- 78 Farnworth, M. *et al.* Veterinary attitudes towards pre-pubertal gonadectomy of cats: a comparison of samples from New Zealand, Australia and the United Kingdom. *New Zealand veterinary journal* **61**, 226-233 (2013).

- 79 Paterson, M., O'Donoghue, M., Jamieson, P. & Morton, J.M. The Cat Desexing Policies and Activities of Private Veterinary Practices in Queensland. *Animals* **10**, 841 (2020).
- 80 Johnston, L., Szczepanski, J. & McDonagh, P. Demographics, lifestyle and veterinary care of cats in Australia and New Zealand. *Journal of feline medicine and surgery* **19**, 1199-1205 (2017).
- 81 Sánchez-Vizcaíno, F. *et al.* Demographics of dogs, cats, and rabbits attending veterinary practices in Great Britain as recorded in their electronic health records. *BMC veterinary research* **13**, 218 (2017).
- 82 Jemmett, J.E. & Evans, J.M. A survey of sexual behaviour and reproduction of female cats. *J Small Anim Pract* **18**, 31-37, doi:10.1111/j.1748-5827.1977.tb05821.x (1977).
- 83 Flockhart, D.T. & Coe, J.B. Multistate matrix population model to assess the contributions and impacts on population abundance of domestic cats in urban areas including owned cats, unowned cats, and cats in shelters. *PloS one* **13**, e0192139 (2018).
- 84 RSPCA (Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals) Australia. *Costs of Owning a Cat*, <<https://www.rspcansw.org.au/what-we-do/care-for-animals/owning-a-pet/costs/>>, Accessed 14 Oct.,2021.
- 85 Gagnon, A.C., Langlade, C., Buff, S. & Rosset, E. A retrospective internet-based survey of French cat breeders about early-age neutering. *J Feline Med Surg* **22**, 514-520, doi:10.1177/1098612x19858800 (2020).
- 86 Animal Medicines Australia. *Pets in Australia: a National Survey of Pets and People.* (2019).
- 87 American Veterinary Medical Association. *AVMA Pet Ownership and Demographics Sourcebook (2017-2018).* (2018).
- 88 Alberthsen, C. *et al.* Numbers and characteristics of cats admitted to Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals (RSPCA) shelters in Australia and reasons for surrender. *Animals* **6**, 23 (2016).
- 89 Rinzin, K. *et al.* Free-roaming and surrendered dogs and cats submitted to a humane shelter in Wellington, New Zealand, 1999–2006. *New Zealand Veterinary Journal* **56**, 297-303 (2008).
- 90 Jennett, A.L., Jennett, N.M., Hopping, J. & Yates, D. Evidence for seasonal reproduction in UK domestic cats. *Journal of feline medicine and surgery* **18**, 804-808 (2016).
- 91 RSPCA Australia. *Is desexing mandatory for cats and dogs?*, <<https://kb.rspca.org.au/knowledge-base/is-desexing-mandatory-for-cats-and-dogs/>>, Accessed June, 28,2021.

- 92 Aguilar, G.D. & Farnworth, M.J. Stray cats in Auckland, New Zealand: Discovering geographic information for exploratory spatial analysis. *Applied Geography* **34**, 230-238 (2012).
- 93 Welsh, C., Gruffydd-Jones, T. & Murray, J. The neuter status of cats at four and six months of age is strongly associated with the owners' intended age of neutering. *Veterinary Record* (2013).
- 94 Mazeau, L., Wylie, C., Boland, L. & Beatty, J.A. A shift towards early-age desexing of cats under veterinary care in Australia. *Scientific Reports* **11**, 1-9 (2021).

## **Annexes**

***Annexe 1.** Prévalence (%) de chats stérilisés avant chaque âge seuil dans une cohorte de chats Australiens stérilisés, nés entre 2010 et 2017 inclus.*

***Annexe 2.** Publication dans la revue Scientific Reports des travaux à l'origine de cette thèse.*





**Annexe 1. Prévalence (%) de chats stérilisés avant chaque âge seuil dans une cohorte de chats Australiens stérilisés, nés entre 2010 et 2017 inclus.**

Variable	Categorie	Nombre de chats	Age de stérilisation (IC <sub>95</sub> )			
			≤ 4 mois	≤ 6 mois	≤ 1 an	≤ 2 ans
Sexe	Femelle	7377	21,5 (20,6–22,5)	59,8 (58,6–60,9)	85,4 (84,6–86,2)	94,5 (94,0–95,0)
	Mâle	8696	24,5 (23,6–25,4)	65,2 (64,2–66,2)	88,5 (87,9–89,2)	95,4 (95,0–95,8)
Race	Croisé	12 977	25,0 (24,3–25,7)	62,4 (61,6–63,3)	86,8 (86,2–87,3)	95,0 (94,6–95,4)
	Pure race	3069	15,3 (14,0–16,6)	64,1 (62,4–65,8)	89,2 (88,1–90,3)	95,6 (94,8–96,3)
Saison de naissance	Automne	3203	25,6 (24,0–27,1)	64,3 (62,7–66,0)	86,2 (85,1–87,4)	95,5 (94,8–96,2)
	Printemps	6115	25,6 (24,5–26,7)	66,6 (65,4–67,8)	91,3 (90,5–92,0)	97,4 (97,0–97,8)
	Été	4663	22,6 (21,4–23,8)	64,0 (62,7–65,4)	88,5 (87,6–89,4)	96,2 (95,6–96,7)
	Hiver	2104	13,8 (12,3–15,3)	50,6 (48,4–52,7)	79,8 (78,1–81,6)	91,8 (90,6–92,9)
État	NSW	4655	22,9 (21,7–24,1)	61,3 (59,9–62,6)	85,4 (84,4–86,4)	93,8 (93,1–94,5)
	ACT	285	18,5 (14,0–23,1)	63,0 (57,4–68,6)	88,1 (84,4–91,8)	95,4 (93,0–97,8)
	QLD	5833	16,4 (15,5–17,4)	60,1 (58,8–61,3)	87,6 (86,8–88,4)	95,5 (95,0–96,1)
	SA	594	12,9 (10,2–15,6)	60,2 (56,3–64,1)	86,7 (84,0–89,4)	94,8 (93,1–96,6)
	VIC	3589	34,2 (32,6–35,7)	67,4 (65,9–69,0)	87,9 (86,8–88,9)	95,3 (94,7–96,0)
	WA	154	33,1 (25,6–40,5)	68,1 (60,8–75,5)	92,8 (88,7–96,9)	98,7 (96,9–100)
Aire d'isolement	MCA	11 500	21,8 (21,1–22,6)	62,9 (62,0–63,7)	87,6 (87,0–88,2)	95,3 (94,9–95,6)
	Autre	3596	25,3 (23,9–26,8)	60,7 (59,1–62,2)	85,3 (84,1–86,4)	94,0 (93,3–94,8)
Index des ressources économiques (quantile)	1	2862	19,1 (17,7–20,5)	58,7 (56,9–60,5)	84,8 (83,5–86,1)	93,9 (93,0–94,8)
	2	3147	22,0 (20,6–23,5)	61,4 (59,7–63,1)	87,1 (85,9–88,3)	95,1 (94,4–95,9)
	3	3794	25,7 (24,3–27,1)	60,4 (58,9–62,0)	85,0 (83,9–86,2)	93,8 (93,0–94,5)
	4	3009	22,0 (20,5–23,5)	64,2 (62,4–65,9)	88,8 (87,7–90,0)	96,1 (95,4–96,7)
	5	2281	23,8 (22,1–25,6)	68,9 (67,0–70,8)	90,8 (89,6–91,9)	96,6 (95,9–97,4)
Index de désavantage socio-économique relatif (quantile)	1	1536	22,7 (20,6–24,8)	57,3 (54,8–59,8)	84,2 (82,4–86,0)	93,8 (92,6–95,0)
	2	2231	19,7 (18,1–21,4)	59,7 (57,6–61,7)	85,1 (83,6–86,5)	93,7 (92,7–94,7)
	3	5443	24,8 (23,7–26,0)	60,2 (58,9–61,5)	85,5 (84,6–86,5)	94,4 (93,8–95,0)
	4	2919	20,3 (18,9–21,8)	63,2 (61,4–64,9)	88,3 (87,1–89,4)	95,6 (94,9–96,3)
	5	2964	23,2 (21,7–24,8)	70,1 (68,5–71,8)	91,6 (90,6–92,6)	96,9 (96,3–97,5)

Variables incluses dans les modèles linéaires et résultats des régressions logistiques multivariées dans une cohorte de chats Australiens nés entre 2010 et 2017 inclus. OR pour Odds-Ratios. CI<sub>95</sub> = intervalle de confiance à 95%. NSW = Nouvelles Galles du Sud. ACT = Territoire de la Capitale. QLD = Queensland. SA = Australie du Sud. VIC = Victoria. WA = Australie Occidentale. MCA = grandes villes australiennes.





OPEN **A shift towards early-age desexing of cats under veterinary care in Australia**

Loic Mazeau<sup>1,2</sup>, Claire Wylie<sup>1</sup>, Lara Boland<sup>1</sup> & Julia A. Beatty<sup>1,3</sup>✉

The global problem of unowned domestic cats, driven by their phenomenal reproductive success, carries significant economic, animal welfare and biodiversity costs. Desexing owned cats prior to puberty prevents unwanted litters that contribute to unowned cat populations. The prevalence and predictors of desexing, and the age at which surgery was carried out were investigated using anonymized electronic patient records in the VetCompass Australia database of cats presented to veterinary practices. Of 52,941 cats born between 2010 and 2017, 83.6% were desexed. Among 7463 desexed females, 21.5% had been desexed by 4 months of age, 59.8% by 6 months and 85.4% by 1 year. Sex, breed, location and socioeconomic indices significantly influenced desexing status and age at surgery. Cats born between 2010 and 2017 had greater odds of being desexed than cats born between 1995 and 2009 at each age cut-off ( $\leq 4$  months [OR 1.76, CI<sub>95</sub> 1.58–1.97],  $\leq 6$  months [OR 1.50, CI<sub>95</sub> 1.38–1.62] and  $\leq 1$  year [OR 2.33, CI<sub>95</sub> 2.11–2.57]  $p < 0.001$ ). Most cats presented to veterinarians in Australia are desexed. Compared with cats born before 2010, cats born later are significantly younger at desexing but, even so, many cats would have reached sexual maturity before surgery. These findings will inform the design of front-line strategies promoting prepubertal desexing and they demonstrate, for the first time, a shift towards desexing younger cats.

A proactive approach to curb the breeding of owned cats is essential to prevent unwanted litters. Females can produce 1 to 3 litters, of 1 to 6 kittens, every year<sup>1</sup>. The early onset of puberty, usually at between 5 to 9 months of age<sup>1–3</sup>, but sometimes as young as 3.5 months of age in females<sup>4</sup>, often comes as a surprise to owners<sup>5</sup>. Unwanted litters are both common<sup>5,6</sup>, and a frequent reason for relinquishment to shelters<sup>4,7,8</sup>, where cats under 6 months of age consistently comprise the majority of cats surrendered<sup>9–12</sup>. Unwanted kittens contribute to stray cat populations<sup>13</sup>, raising concerns for their welfare, and exerting additional stress on some sympatric wildlife populations already impacted by habitat loss, global warming and other predators<sup>14,15</sup>.

Surgical gonadectomy, known as desexing or neutering, is a routine procedure that effectively prevents unwanted litters if carried out prior to puberty. Early-age desexing (EAD), or prepubertal desexing, is performed when kittens reach 1 kg body weight, which is usually by 4 months old. In contrast, the traditional age for desexing is 6 months<sup>16,17</sup>. EAD has been practiced routinely at animal shelters in the USA for over 30 years<sup>18</sup>, and subsequently embraced more widely organizations including by the International Society of Feline Medicine<sup>19</sup>, the Royal Society for Prevention of Cruelty to Animals in Australia<sup>20</sup> and The Cat Group, UK<sup>21</sup>. Concerns that EAD might increase anaesthetic risk or cause orthopaedic, behavioural and lower urinary tract diseases, have now been addressed by an evidence-base that supports that EAD is not only safe, but offers advantages over traditional age desexing, including more rapid recovery times and earlier socialization<sup>4,17,22–30</sup>.

The impact of EAD on overpopulation will be realized only when it is widely adopted in veterinary practice. However, broad support from the veterinary profession for EAD has not yet been achieved. Most veterinarians surveyed in Australia in 2013 recommended desexing of cats at 6 months of age, and perceived anaesthetic risk as the major reason to not recommend EAD<sup>31</sup>. In 2015, EAD was advocated by only one in three teaching staff at Australian veterinary schools, and most veterinary students graduated without training in EAD<sup>32,33</sup>. In the Australian Capital Territory (ACT), where desexing by 3 months has been mandated since 2007, only 5/52 veterinarians surveyed made this recommendation to their clients<sup>34</sup>. Overall, these studies suggest that the attitudes and recommendations of Australian veterinarians regarding the age of desexing for cats are inconsistent with current evidence and legislation.

<sup>1</sup>Faculty of Science, Sydney School of Veterinary Science, University of Sydney, Sydney, NSW 2006, Australia. <sup>2</sup>Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 31300 Toulouse, France. <sup>3</sup>Department of Veterinary Clinical Sciences & Centre for Companion Animal Health, Jockey Club College of Veterinary Medicine and Life Sciences, City University, Hong Kong, SAR, China. ✉email: julia.beatty@cityu.edu.hk

Variable	Category	Number of cats	Prevalence (%) of desexed cats and CI <sub>95</sub>	Odds Ratio	p-value
Total population	–	52,941	83.6 (83.3–83.9)	–	–
Sex	Female	26 348	81.0 (80.5–81.4)	Reference	
	Male	26 279	87.0 (86.6–87.5)	1.37 (1.29–1.45)	<0.001
Breed	Mixed breed	41 702	84.8 (84.5–85.2)	Reference	
	Purebred	10 411	83.4 (82.7–84.1)	0.79 (0.70–0.88)	<0.001
State	NSW	13 555	80.3 (79.6–80.9)	Reference	
	ACT	1 059	88.2 (86.3–90.2)	1.03 (0.82–1.30)	0.77
	QLD	19 502	84.2 (83.7–84.7)	0.73 (0.68–0.78)	<0.001
	SA	2 009	87.9 (86.5–89.3)	1.47 (1.24–1.75)	<0.001
	VIC	11 364	86.8 (86.2–87.4)	1.28 (1.17–1.39)	<0.001
Remoteness area	WA	1 109	85.3 (83.2–87.3)	0.96 (0.77–1.19)	0.70
	MCA	39 252	84.4 (83.7–85.2)	Reference	
Other	Other	9 285	82.1 (81.7–82.4)	0.87 (0.80–0.94)	<0.001
	Index of economic resources (quantile)	1	9 094	81.2 (80.4–82.0)	Reference
2		8 876	82.3 (81.5–83.0)	1.05 (0.95–1.15)	0.27
3		10 990	83.5 (82.8–84.1)	1.06 (0.96–1.17)	0.23
4		10 679	86.3 (85.6–86.9)	1.17 (1.05–1.31)	0.003
5		8 883	86.5 (85.8–87.2)	1.19 (1.05–1.35)	0.004
Index of relative socio-economic disadvantage (quantile)	1	4 335	79.5 (78.3–80.7)	Reference	
	2	6 466	80.5 (79.5–81.4)	1.14 (1.02–1.27)	0.01
	3	14 844	83.7 (83.1–84.3)	1.34 (1.20–1.51)	<0.001
	4	10 635	85.3 (84.6–86.0)	1.31 (1.16–1.49)	<0.001
	5	12 242	86.6 (86.0–87.2)	1.52 (1.32–1.74)	<0.001

**Table 1.** Prevalence and predictors of being desexed in an Australian cat cohort born between 2010 to 2017 inclusive. Significant values ( $p < 0.05$ ) are indicated in bold. *CI* confidence interval, *MCA* major cities of Australia.

Identifying variables that have a discernible effect on both whether a cat is desexed and, crucial to population control, the age at which surgery is carried out, can assist in directing resources to promote EAD. To date, studies investigating age at desexing are limited. A survey of cat owners in the UK found that 92% of all cats older than 6 months, but only 66% percent of cats aged 6–12 months, were desexed<sup>6</sup>. Among 900 cats presented for microchipping in Western Australia (WA), only 49% and 28% of cats under 2 years of age had been desexed in 2012 and 2013 respectively, compared with over 90% of cats aged 2 years or more<sup>35</sup>.

The availability of the 2017 VetCompass Australia (VCA) database provided an opportunity to apply large-scale analysis of anonymized electronic patient records (EPR), for the first time, to the investigation of desexing practices in cats presented to first-opinion veterinary practices across Australia<sup>36</sup>. VCA collates EPRs from veterinary practices into a database for epidemiological studies. Modelled on the VetCompass Animal Surveillance project developed by the Royal Veterinary College, UK<sup>37</sup>, VCA is the largest companion animal clinical data repository in Australia. This study had three aims (1) to investigate the prevalence and predictors of desexing among cats presented to first-opinion practices in Australia, (2) to investigate the age at which desexing was performed and its predictors and (3) to compare age at surgery in cats born between 2010 and 2017 with that in cats born between 1995 and 2009, to investigate changes in practice.

## Results

**Prevalence and predictors of desexing.** Desexing status was recorded for 52,941 cats born between 2010 and 2017 inclusive of which 83.6% were desexed (CI<sub>95</sub> 83.3–83.9%). All variables had a significant influence on desexing status in the univariable logistic regression. Variables that remained significant in the multivariable logistic regression are presented in Table 1. The odds of being desexed were significantly higher in males and mixed breed cats compared with females and purebred cats, respectively. Among different States, cats from SA and VIC had higher odds of being desexed compared with cats in NSW, whereas the odds were lower in cats from QLD. Socio-economic conditions influenced desexing status; being desexed was less likely in areas with less access to resources (Remoteness area (RA)), more low income households (Index of Economic Resources (IER)) and greater relative socioeconomic disadvantage (Index of Relative Socio-Economic Disadvantage (IRSD)) (Table 1). The proportion of desexed cats correlated strongly with the IER ( $y = 0.0137x + 0.8294$ ,  $R^2 = 0.951$ ) and the IRSD ( $y = 0.0168x + 0.8137$ ,  $R^2 = 0.9756$ ) in linear regression analyses.

**Age at desexing and its predictors.** Age at desexing was identified for 16,085 cats born between 2010 and 2017 inclusive. Sex and breed, recorded for  $\geq 99\%$  of the population, showed 53.9% males, and a majority of mixed breed cats (80.6%) (Table 2). Of this desexed cat population, 23.2% had been desexed by 4 months

Variable	Category	Number of cats	Age at desexing (CI <sub>95</sub> )			
			≤ 4 months	≤ 6 months	≤ 1 year	≤ 2 years
Sex	Female	7377	21.5 (20.6–22.5)	59.8 (58.6–60.9)	85.4 (84.6–86.2)	94.5 (94.0–95.0)
	Male	8696	24.5 (23.6–25.4)	65.2 (64.2–66.2)	88.5 (87.9–89.2)	95.4 (95.0–95.8)
Breed	Domestic	12,977	25.0 (24.3–25.7)	62.4 (61.6–63.3)	86.8 (86.2–87.3)	95.0 (94.6–95.4)
	Pure breed	3069	15.3 (14.0–16.6)	64.1 (62.4–65.8)	89.2 (88.1–90.3)	95.6 (94.8–96.3)
Season of birth	Autumn	3203	25.6 (24.0–27.1)	64.3 (62.7–66.0)	86.2 (85.1–87.4)	95.5 (94.8–96.2)
	Spring	6115	25.6 (24.5–26.7)	66.6 (65.4–67.8)	91.3 (90.5–92.0)	97.4 (97.0–97.8)
	Summer	4663	22.6 (21.4–23.8)	64.0 (62.7–65.4)	88.5 (87.6–89.4)	96.2 (95.6–96.7)
	Winter	2104	13.8 (12.3–15.3)	50.6 (48.4–52.7)	79.8 (78.1–81.6)	91.8 (90.6–92.9)
State	NSW	4655	22.9 (21.7–24.1)	61.3 (59.9–62.6)	85.4 (84.4–86.4)	93.8 (93.1–94.5)
	ACT	285	18.5 (14.0–23.1)	63.0 (57.4–68.6)	88.1 (84.4–91.8)	95.4 (93.0–97.8)
	QLD	5833	16.4 (15.5–17.4)	60.1 (58.8–61.3)	87.6 (86.8–88.4)	95.5 (95.0–96.1)
	SA	594	12.9 (10.2–15.6)	60.2 (56.3–64.1)	86.7 (84.0–89.4)	94.8 (93.1–96.6)
	VIC	3589	34.2 (32.6–35.7)	67.4 (65.9–69.0)	87.9 (86.8–88.9)	95.3 (94.7–96.0)
	WA	154	33.1 (25.6–40.5)	68.1 (60.8–75.5)	92.8 (88.7–96.9)	98.7 (96.9–100)
Remoteness area	MCA	11,500	21.8 (21.1–22.6)	62.9 (62.0–63.7)	87.6 (87.0–88.2)	95.3 (94.9–95.6)
	Other	3596	25.3 (23.9–26.8)	60.7 (59.1–62.2)	85.3 (84.1–86.4)	94.0 (93.3–94.8)
Index of economic resources (quantile)	1	2862	19.1 (17.7–20.5)	58.7 (56.9–60.5)	84.8 (83.5–86.1)	93.9 (93.0–94.8)
	2	3147	22.0 (20.6–23.5)	61.4 (59.7–63.1)	87.1 (85.9–88.3)	95.1 (94.4–95.9)
	3	3794	25.7 (24.3–27.1)	60.4 (58.9–62.0)	85.0 (83.9–86.2)	93.8 (93.0–94.5)
	4	3009	22.0 (20.5–23.5)	64.2 (62.4–65.9)	88.8 (87.7–90.0)	96.1 (95.4–96.7)
	5	2281	23.8 (22.1–25.6)	68.9 (67.0–70.8)	90.8 (89.6–91.9)	96.6 (95.9–97.4)
Index of relative socio-economic disadvantage (quantile)	1	1536	22.7 (20.6–24.8)	57.3 (54.8–59.8)	84.2 (82.4–86.0)	93.8 (92.6–95.0)
	2	2231	19.7 (18.1–21.4)	59.7 (57.6–61.7)	85.1 (83.6–86.5)	93.7 (92.7–94.7)
	3	5443	24.8 (23.7–26.0)	60.2 (58.9–61.5)	85.5 (84.6–86.5)	94.4 (93.8–95.0)
	4	2919	20.3 (18.9–21.8)	63.2 (61.4–64.9)	88.3 (87.1–89.4)	95.6 (94.9–96.3)
	5	2964	23.2 (21.7–24.8)	70.1 (68.5–71.8)	91.6 (90.6–92.6)	96.9 (96.3–97.5)

**Table 2.** Prevalence (%) of cats desexed before each age cut-off in an Australian cohort of desexed cats born between 2010 and 2017 inclusive. CI confidence interval, MCA major cities of Australia.

of age and 62.6% by 6 months of age. The median age at which cats were desexed was 6 months old (range < 1 to 93 months). All variables studied had a significant influence on the age at desexing in the univariable logistic regression. The results of the multivariable logistic regression are shown in Table 3. The odds of desexing ≤ 4 months were significantly influenced by all variables except Remoteness Area. In pairwise comparisons, EAD was more likely for males. A significant interaction between sex and breed was identified, with purebred males being more likely to be desexed than purebred females at ≤ 4 months (iOR 1.89 (CI<sub>95</sub> 1.49–2.43,  $p < 0.001$ ) and at ≤ 6 months (iOR 1.37 (CI<sub>95</sub> 1.15–1.63,  $p < 0.001$ ). The odds of desexing at ≤ 4 months were 2.6 times higher in mixed breed cats compared with purebreds, whereas no difference was seen at 6 months.

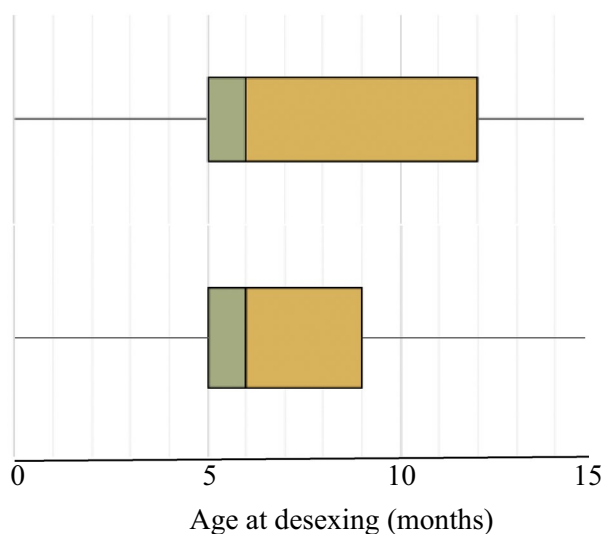
Cats born in winter had the lowest odds of being desexed before either 4 or 6 months of age. Between states, the odds of EAD were highest for cats from Victoria, followed by NSW, QLD, ACT, and SA, and these differences between states were significant or borderline (ACT  $p = 0.05$ ). Socioeconomic indices RA, IED and IRSD significantly influenced the chances of EAD but in different directions; EAD was least likely in areas with the lowest annual income, but most likely in areas of greatest socioeconomic disadvantage.

**Comparison of age at desexing surgery in consecutive Australian cat cohorts.** *Descriptive results for cohort born 1995–2009.* Age at desexing was identifiable for 2808 cats born between January 1st 1995 and December 31st 2009 inclusive. Sex and breed, recorded for 99.9% of the population, showed 48.6% males, and a majority of mixed breed cats (77.7%). The median age at which cats were desexed was 6 months old (range < 1 to 238 months) (Fig. 1). Of this desexed cat population, 14.6% had been desexed by 4 months of age, 53.6% by 6 months of age, 75.9% by 1 year and 24.1% after 1 year of age (Fig. 2).

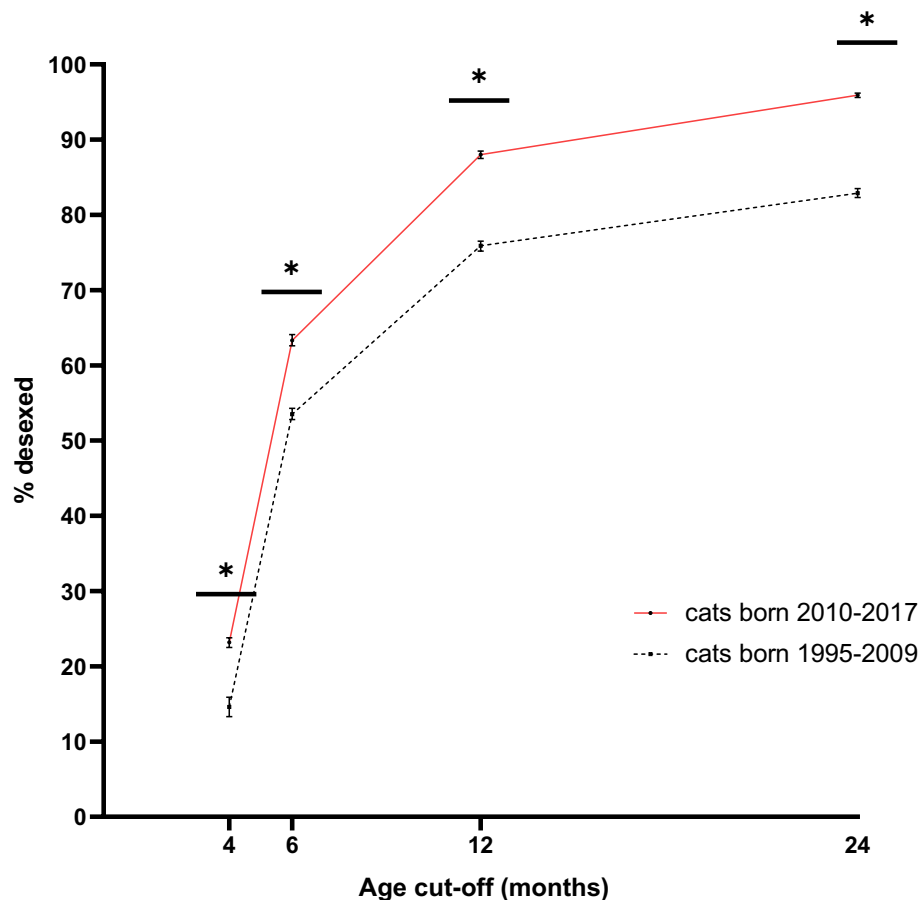
*Comparison between cohorts.* The mean age at desexing in cats born 2010–2017 (8.27 months,  $\pm 0.13$ [SE]) was significantly lower than the mean age at desexing among those born from 1995 to 2009 (21.49 months,  $\pm 1.41$ ) ( $p < 0.001$ ). In cats born from 2010 to 2017 the odds of being desexed before each age cut-off were significantly greater than for those born from 1995 to 2009; ≤ 4 months OR 1.76 (1.58–1.97)  $p < 0.001$ , ≤ 6 months OR 1.50 (1.38–1.62), ≤ 1 year OR 2.33 (2.11–2.57)  $p < 0.001$ .

Variable	Category	Age at desexing (CI <sub>95</sub> )							
		≤ 4 months		≤ 6 months		≤ 1 year		≤ 2 years	
		OR	p-value	OR	p-value	OR	p-value	OR	p-value
Sex	Female	Reference		Reference		Reference		Reference	
	Male	1.18 (1.09–1.29)	<0.001	0.82 (0.66–1.03)	0.09	1.18 (1.06–1.31)	<b>0.003</b>	0.95 (0.79–1.14)	0.64
Breed	Domestic	Reference		Reference		Reference		Reference	
	Pure breed	0.39 (0.30–0.50)	<0.001	0.93 (0.75–1.17)	0.57	1.01 (0.74–1.40)	0.93	0.64 (0.49–0.84)	<b>0.001</b>
Season of birth	Autumn	Reference		Reference		Reference		Reference	
	Spring	0.95 (0.79–1.15)	0.64	1.20 (1.06–1.34)	<b>0.002</b>	1.68 (1.44–1.95)	<0.001	1.76 (1.39–2.24)	<0.001
	Summer	0.81 (0.66–1.00)	0.05	0.96 (0.85–1.09)	0.58	1.25 (1.07–1.45)	<b>0.005</b>	1.19 (0.94–1.51)	0.13
	Winter	0.57 (0.43–0.75)	<0.001	0.60 (0.52–0.70)	<0.001	0.57 (0.48–0.67)	<0.001	0.51 (0.40–0.64)	<0.001
State	NSW	Reference		Reference		Reference		Reference	
	ACT	0.44 (0.17–0.97)	0.06	0.86 (0.67–1.12)	0.28	0.91 (0.62–1.37)	0.63	1.01 (0.55–2.03)	0.96
	QLD	0.67 (0.53–0.84)	<0.001	0.94 (0.86–1.02)	0.18	1.19 (1.05–1.34)	<b>0.005</b>	1.39 (1.15–1.69)	<0.001
	SA	0.45 (0.24–0.80)	<b>0.009</b>	0.96 (0.80–1.15)	0.70	1.18 (0.91–1.56)	0.21	1.49 (0.96–2.43)	0.08
	VIC	1.45 (1.14–1.84)	<b>0.002</b>	1.20 (1.09–1.33)	<0.001	1.13 (0.98–1.31)	0.08	1.39 (1.10–1.77)	<b>0.005</b>
	WA	0.36 (0.08–1.20)	0.12	1.10 (0.78–1.58)	0.56	1.57 (0.88–3.13)	0.15	3.18 (0.99–19.4)	0.10
Remoteness area	MCA	Reference		Reference		–	–	–	–
	Other	0.93 (0.69–1.24)	0.63	1.21 (0.98–1.49)	0.06	–	–	–	–
Index of economic resources (quantile)	1	Reference		–	–	–	–	–	–
	2	1.38 (1.17–1.62)	<0.001	–	–	–	–	–	–
	3	2.02 (1.69–2.41)	<0.001	–	–	–	–	–	–
	4	1.60 (1.31–1.94)	<0.001	–	–	–	–	–	–
	5	1.77 (1.42–2.20)	<0.001	–	–	–	–	–	–
Index of relative socio-economic disadvantage (quantile)	1	Reference		Reference		Reference		Reference	
	2	0.86 (0.71–1.04)	0.12	1.02 (0.83–1.25)	0.82	1.22 (1.01–1.48)	<b>0.03</b>	1.36 (1.00–1.85)	<b>0.04</b>
	3	0.80 (0.66–0.98)	<b>0.03</b>	0.93 (0.78–1.11)	0.45	1.18 (1.00–1.39)	<b>0.04</b>	1.27 (0.97–1.64)	0.06
	4	0.68 (0.54–0.85)	<0.001	1.04 (0.85–1.27)	0.64	1.44 (1.19–1.74)	<0.001	1.55 (1.15–2.09)	<b>0.004</b>
	5	0.76 (0.60–0.96)	<b>0.02</b>	1.35 (1.11–1.65)	<b>0.002</b>	2.06 (1.68–2.53)	<0.001	2.24 (1.62–3.11)	<0.001

**Table 3.** Variables significantly associated with age at desexing using a multivariable logistic regression model in an Australia cat cohort born 2010–2017 inclusive. Significant values ( $p < 0.05$ ) are indicated in bold. *CI* confidence interval, *MCA* major cities of Australia.



**Figure 1.** Age at desexing surgery for cats born from 1995 to 2009 (top) and 2010–2017 (bottom). Median and interquartile ranges are shown.



**Figure 2.** Comparison of the proportion of cats desexed before 4, 6, 12 or 24 months of age in Australian cat cohorts born in consecutive time periods. Vertical bars represent CI<sub>95</sub>. \* denotes  $p < 0.05$ .

## Discussion

This is the first large scale analysis of feline desexing practices in Australia using outcomes documented in the patient medical record. The findings complement those of previous studies that used survey data to analyse the attitudes and opinions of veterinary professionals and owners to desexing<sup>31,34,38</sup>. The prevalence of desexing among cats in Australia, found to be 83.6%, confirms that desexing rates in Australia are among the highest reported internationally. Survey-based studies have reported that approximately 90% of cats in Australia are desexed, compared with 80% in the USA, and 43% in Italy<sup>39–45</sup>. A recent EPR-based study conducted in the UK reported the prevalence of feline desexing as 77%<sup>46</sup>. While population-wide analyses of desexing status provide a useful snapshot of practices in a region, most do not consider reproductive history.

A clear shift over time towards desexing cats at a younger age was evident here. EAD was 1.76 times more likely to have been carried out among desexed cats born between 2010 to 2017, than in those born between 1995 and 2009. This move towards earlier desexing was apparent in all age groups studied. Despite this trend, EAD had been carried out in only 21.5% of desexed females in the recent period. In fact, only 59.8% of females had been desexed by 6 months of age, which is the traditional recommendation and the most common recommendation reported by vets in Australia<sup>31,47</sup>. Despite a move towards earlier desexing, opportunities to control reproduction by prepubertal desexing are still being lost.

For an individual female cat, desexing at 6 months or later may be of little consequence, since they may not yet have reached puberty or had access to a mate. A recent survey of cat owners in Australia and New Zealand however found that 66% of cats had outdoor access<sup>45</sup>. From a population control perspective, eliminating the possibility of pregnancy by adopting EAD as standard has merit. The body of scientific evidence generated specifically to address the short-term and long-term safety of EAD overwhelmingly validates this practice<sup>4,17,22–29</sup>.

The impact that tighter control of reproduction among owned cats would have on shelter and stray populations is not yet clear. Populations of owned cats (completely reliant on humans) feral cats (living independently of humans) and stray cats (intermediate relationship with humans) do not exist in isolation<sup>48</sup>. Anthropogenic factors, including the provision of food, abandonment, and failure to curb reproduction, influence cat abundance and movement through these populations. Modelling population dynamics in owned, unowned (stray and feral) and shelter-housed cats holds promise to inform cat management strategies in the future<sup>49</sup>.



In multivariable models, for cats born 2010–2017, sex, breed, state and socioeconomic indices were all significantly associated with both desexing status and age at surgery. Females were less likely than males to be desexed and, among desexed cats, females were less likely than males to have been desexed at  $\leq 4$  months, supporting future measures to promote EAD in female cats. The reasons for this difference were not investigated but, conceivably, it may be due to higher fees for desexing females at some practices, or a greater awareness of spraying and roaming behaviours in males than pregnancies in young female cats.

Not surprisingly purebred cats were less likely to be desexed than mixed breeds. In contrast, the finding that purebred cats were 2.7 times less likely to undergo EAD was unexpected because breeders commonly request EAD so that progeny for the pet market can be sold without delay<sup>50</sup>. It is plausible that this result reflects a greater demand in Australia for EAD from the charity and shelter sector, where mixed breed cats predominate, than from breeders. In line with this possibility, recent surveys found 70–80% of cats in Australia and New Zealand are of mixed breed and acquired from shelters, veterinary clinics, friends and as strays<sup>40,45,51</sup>. The higher odds of EAD in males than females was even greater among purebred cats, a result that may have been influenced by the practice of retaining more entire females than males for breeding.

The breeding season in Australia and New Zealand extends year round with peaks of kitting in spring and summer inferred from shelter admissions<sup>9,52,53</sup>. Cats born in winter had the lowest odds of being desexed in each age group. One explanation for this finding is that promotion of desexing by veterinary practices and welfare groups is less likely in winter because fewer kittens are born. This seasonal difference is certainly seen in the UK, where the RSPCA conducts desexing campaigns in Autumn to prevent the peak of spring litters<sup>54</sup>.

State or territory influenced both whether a cat was desexed, and the odds of EAD. Compared with cats in New South Wales (NSW), those in Victoria (VIC) and South Australia (SA) were more likely, and those in Queensland (QLD) less likely to be desexed. Again, compared with NSW, the odds of being desexed at  $\leq 4$  months were 1.45 greater for cats in VIC and 1.5–2.3 times less for those in QLD, SA and ACT. Desexing is handled inconsistently between Australia's states and territories. Mandatory desexing legislation exists in ACT (by 3 months of age) and in SA, Tasmania (TAS), WA (by 6 months of age), with some exceptions. No legal requirement to desex cats exists at state level in VIC, QLD, NSW or Northern Territory (NT), although desexing is indirectly incentivized in NSW (by 6 months of age) and VIC (by 3 months of age) where registration is mandatory, and reduced registration fees are applied for desexed cats. No consistent relationship between our findings and state legislation related to desexing cats was identified. In fact, in ACT, where desexing of pet cats at 3 months of age has been a legal requirement since 2007, the second lowest odds of EAD were identified. Most veterinarians practicing in ACT (90%), surveyed 10 years after the legislation was introduced, gave recommendations inconsistent with the legislation and 35% were unaware that desexing by 3 months was mandatory in the ACT<sup>34</sup>. Whether and how legislation might be an appropriate tool to influence reproduction in owned cats and, indirectly, overpopulation should be further investigated.

Socioeconomic conditions influenced both whether a cat was desexed or not, and the age at desexing. Entire cats were more common in remote, low income and disadvantaged areas. This finding is concerning, given that outdoor access was more likely in non-urban than urban areas in a study of households in Australia and New Zealand<sup>45</sup>, implying more opportunity to find a mate. In addition, stray cat density correlated positively with socioeconomic deprivation in a New Zealand-based study employing geographically weighted regression analyses<sup>55</sup>. Together, these findings support the promotion of desexing campaigns in non-urban areas.

Economic indicators such as household income influenced whether a cat was desexed; the odds of being desexed were around 1.2 times greater in the highest compared to the lowest income areas. A similar, but more dramatic effect was reported in a study conducted in the USA where the prevalence of desexing increased from 51.4% to 96.2% as household income increased<sup>43</sup>. Among desexed cats, EAD was least likely in low income areas, but highest in the most socio-economically disadvantaged areas. Although this might seem paradoxical, IRSD is based on broader indicators of disadvantage than income alone. A UK study, similarly, identified that EAD was most likely in the most deprived regions, and that chances of being desexed by 6 months were more likely in higher income areas<sup>56</sup>. Possible explanations for these observations include the preferential targeting of areas of greatest disadvantage, rather than those with fewer economic resources, by discount desexing programs promoting EAD, or preferential sourcing of kittens in disadvantaged areas from organizations that routinely practice EAD, such as shelters.

There are limitations to our study that should be considered when interpreting the results. Cats that were either not registered with a veterinary practice, or were registered with a practice that did not contribute to VCA during the study periods were not studied. Therefore actual desexing prevalences are almost certainly lower than the estimates reported here. The study population represents cats that are accessible for desexing and is expected to comprise cats kept as pets, for breeding, owned by shelters, semi-owned cats and others. Provenance and lifestyle were not investigated because we chose not to collect data from the examination text field in VCA because of its low positive predictive value<sup>57</sup>, and because these data are inconsistently recorded. This precluded the analysis of other variables that may have been related to desexing outcomes such as access to outdoors and the number and species of pets. Data collection was not uniform across Australia and variations in sample size, for example between states, may have affected our results. Also it is possible that data for the same cat presenting at more than one practice could be counted more than once, although a previous study using VCA found that  $< 0.01\%$  of the data points were affected by this potential source of error<sup>57</sup>.

In conclusion, most cats presented to veterinarians in Australia are desexed. Surgery is being carried out earlier than previously but many cats will have had opportunities to reproduce before they are desexed. Predictors of desexing status and age at surgery identified here will support the effective use of resources when designing targeted strategies to promote EAD, the impact of which can be evaluated by large scale EPR analyses in the future.

## Methods

**Database management.** Initial analysis of 1500 randomly-selected records identified variables amenable to analysis in a larger dataset. Data fields included date of birth, breed, sex, desexing status, client postcode, invoice items and consultation date. Age at desexing was derived using invoice data. Data from domestic cats with unique patient identifiers seen at first opinion veterinary clinics across Australia between 2<sup>nd</sup> January 1993 and 9<sup>th</sup> November 2018 inclusive, with desexing status recorded, were extracted from the VCA database.

**Study populations.** To investigate the prevalence and predictors of desexing, cats born between January 1st 2010 and December 31st 2017 inclusive with desexing status recorded were identified, (Outcome 1: being desexed or not). To investigate the age at which desexing was performed and its predictors, two cohorts of cats were identified (i) desexed cats born between January 1st 2010 and December 31st 2017 inclusive, and (ii) desexed cats born between January 1st 1995 and December 31st 2009 inclusive (Outcome 2: being above or below the age cut-offs; < 4 months, < 6 months, < 1 year < 2 years as binary variables).

**Data retrieval and recoding.** Raw data were retrieved using the *describe* function of the *questionr* R package<sup>58</sup> and data cleaning and recoding performed in Python. For example, sex was recoded as Male, Female or not available (NA) by searching for these terms and variants thereof. Season of birth was derived from the date of birth. In Australia, Spring extends from September to November inclusive; Summer, from December to February; Autumn, from March to May; and Winter, from June to August, as defined by the Australian Bureau of Meteorology<sup>59</sup>. Age was calculated in months and age at desexing was analysed in the following age groups; < 4 months, < 6 months, < 1 year < 2 years and > 2 years. RA, a measure of relative access to services, IER and IRSD were derived from postcode using the Socio-Economic Indexes for Areas tool, Australian Bureau of Statistics<sup>60,61</sup>. RA data were handled as Major Cities of Australia (MCA) and Other. IER and IRSD values 1 to 10 were grouped into quantiles. A low IER score correlates with a high prevalence of households with low income, whereas a higher score indicates relatively greater access to financial resources. A low score for IRSD indicates a high proportion of disadvantaged households, whereas a higher score indicates less disadvantage, but not greater advantage per se. The Python script was run using Pyzo 4.7.3 (binary) on the 3.7.2 version of Python on MacOS.

**Statistical analyses.** To compare the associations of each variable on outcome one (being desexed or not) and outcome two (being above or below the age cut-offs; < 4 months, < 6 months, < 1 year < 2 years as binary variables), univariable logistic regression was performed to generate odds ratios (OR) and corresponding 95% confidence intervals (CI<sub>95</sub>). The multivariable model was built by excluding variables based on their effect on the Akaike Information Criterion. The *glmulti* function was then used to identify plausible interactions that could improve the AIC, and the effect of these interactions was checked manually. A multivariable logistic regression was performed on the final model.

To compare the historical data, the mean age at desexing, in months, was obtained for each population. The means were compared using a Welch's t-test due to their normal distribution and non-homogenous differences. The proportion of cats desexed in each age cut-off was compared using univariable logistic regression with resultant odds ratios and CI<sub>95</sub> calculated. Data analysis and statistical comparison were performed using RStudio 1.2.1335 (RStudio Inc.) and Excel for Mac 16.27 (Microsoft). Statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

Received: 9 October 2020; Accepted: 4 December 2020

Published online: 18 January 2021

## References

- Nutter, F. B., Levine, J. F. & Stoskopf, M. K. Reproductive capacity of free-roaming domestic cats and kitten survival rate. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **225**, 1399–1402. <https://doi.org/10.2460/javma.2004.225.1399> (2004).
- Tsutsui, T. & Stabenfeldt, G. H. Biology of ovarian cycles, pregnancy and pseudopregnancy in the domestic cat. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* **47**, 29–35 (1993).
- Jemmett, J. E. & Evans, J. M. A survey of sexual behaviour and reproduction of female cats. *J. Small Anim. Pract.* **18**, 31–37. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1977.tb05821.x> (1977).
- Joyce, A. & Yates, D. Help stop teenage pregnancy! Early-age neutering in cats. *J. Feline Med. Surg.* **13**, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2010.11.005> (2011).
- Welsh, C. P., Gruffydd-Jones, T. J., Roberts, M. A. & Murray, J. K. Poor owner knowledge of feline reproduction contributes to the high proportion of accidental litters born to UK pet cats. *Vet. Rec.* **174**, 118–118. <https://doi.org/10.1136/vr.101909> (2014).
- Murray, J. K., Roberts, M. A., Whitmars, A. & Gruffydd-Jones, T. J. Survey of the characteristics of cats owned by households in the UK and factors affecting their neutered status. *Vet. Rec.* **164**, 137–141. <https://doi.org/10.1136/vr.164.5.137> (2009).
- Zito, S. *et al.* Reasons people surrender unowned and owned cats to Australian animal shelters and barriers to assuming ownership of unowned cats. *J. Appl. Anim. Welfare Sci.* **19**, 303–319. <https://doi.org/10.1080/10888705.2016.1141682> (2016).
- Miller, H., Ward, M. & Beatty, J. A. Population characteristics of cats adopted from an urban cat shelter and the influence of physical traits and reason for surrender on length of stay. *Animals* **9**, 940 (2019).
- Marston, L. C. & Bennett, P. C. Admissions of cats to animal welfare shelters in Melbourne, Australia. *J. Appl. Anim. Welfare Sci.* **12**, 189–213. <https://doi.org/10.1080/10888700902955948> (2009).
- Alberthsen, C. *et al.* Cat admissions to RSPCA shelters in Queensland, Australia: description of cats and risk factors for euthanasia after entry (vol 91, pg 35, 2012). *Aust. Vet. J.* **91**, 121–121. <https://doi.org/10.1111/avj.12045> (2013).
- Casey, R. A., Vandenbussche, S., Bradshaw, J. W. S. & Roberts, M. A. Reasons for relinquishment and return of domestic cats (*Felis silvestris catus*) to rescue shelters in the UK. *Anthrozoös* **22**, 347–358. <https://doi.org/10.2752/089279309X12538695316185> (2009).
- Fatjó, J. *et al.* Epidemiology of dog and cat abandonment in Spain (2008–2013). *Animals* **5**, 426–441 (2015).
- Natoli, E. *et al.* Management of feral domestic cats in the urban environment of Rome (Italy). *Prev. Vet. Med.* **77**, 180–185. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2006.06.005> (2006).

14. Lilith, M., Calver, M., Syles, I. & Garkaklis, M. Protecting wildlife from predation by owned domestic cats: Application of a precautionary approach to the acceptability of proposed cat regulations. *Austral Ecol.* **31**, 176–189. <https://doi.org/10.1111/1/j.1442-9993.2006.01582.x> (2006).
15. Dickman, C. R. & Newsome, T. M. Individual hunting behaviour and prey specialisation in the house cat *Felis catus*: Implications for conservation and management. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **173**, 76–87. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.09.021> (2015).
16. Olson, P. N., Kustritz, M. V. & Johnston, S. D. Early-age neutering of dogs and cats in the United States (a review). *J. Reprod. Fertil. Suppl.* **57**, 223–232 (2001).
17. Howe, L. M. Short-term results and complications of prepubertal gonadectomy in cats and dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **211**, 57–62 (1997).
18. Lieberman, L. L. A case for neutering pups and kittens at two months of age. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **191**, 518–521 (1987).
19. Sparkes, A. H. *et al.* ISFM guidelines on population management and welfare of unowned domestic cats (*Felis catus*). *J. Feline Med. Surg.* **15**, 811–817. <https://doi.org/10.1177/1098612x13500431> (2013).
20. RSPCA. *Early-Age Desexing of Dogs and Cats*, <https://www.rspca.org.au/sites/default/files/website/Campaigns/responsible-pet-ownership/Early%20Age%20Desexing%20Research%20Report%202010.pdf> (2010).
21. The Cat Group. *Timing of Neutering*, [http://www.thecatgroup.org.uk/policy\\_statements/neut.htm](http://www.thecatgroup.org.uk/policy_statements/neut.htm) (2006).
22. Kustritz, M. V. R. Early spay-neuter: Clinical considerations. *Clin. Tech. Small Anim. Pract.* **17**, 124–128. <https://doi.org/10.1053/svms.2002.34328> (2002).
23. Faggella, A. M. & Aronsohn, M. G. Anesthetic techniques for neutering 6- to 14-week-old kittens. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **202**, 56–62 (1993).
24. Porters, N. *et al.* Prepubertal gonadectomy in cats: different injectable anaesthetic combinations and comparison with gonadectomy at traditional age. *J. Feline Med. Surg.* **17**, 458–467. <https://doi.org/10.1177/1098612x14546919> (2015).
25. Roberts, M. L., Beatty, J. A., Dhand, N. K. & Barrs, V. R. Effect of age and surgical approach on perioperative wound complication following ovariohysterectomy in shelter-housed cats in Australia. *J. Feline Med. Surg. Open Rep.* **1**, 2055116915613358. <https://doi.org/10.1177/2055116915613358> (2015).
26. Porters, N., de Rooster, H., Verschueren, K., Polis, I. & Moons, C. P. H. Development of behavior in adopted shelter kittens after gonadectomy performed at an early age or at a traditional age. *Journal of Veterinary Behavior* **9**, 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.jvbe.2014.05.003> (2014).
27. Porters, N. *et al.* Prepubertal gonadectomy in cats: different surgical techniques and comparison with gonadectomy at traditional age. *Vet. Rec.* **175**, 223. <https://doi.org/10.1136/vr.102337> (2014).
28. Stubbs, W., Bloomberg, M., Scruggs, S., Shille, V. & Lane, T. Effects of prepubertal gonadectomy on physical and behavioral development in cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **209**, 1864–1871 (1996).
29. Moons, C. P. H. *et al.* Effect of early-age gonadectomy on behavior in adopted shelter kittens—The sequel. *J. Vet. Behav.—Clin. Appl. Res.* **26**, 43–47. <https://doi.org/10.1016/j.jvbe.2018.04.001> (2018).
30. Yates, D. & Leedham, R. Prepubertal neutering in cats and dogs. *Pract.* **41**, 285–298. <https://doi.org/10.1136/inp.l5007> (2019).
31. Leung, O., Kelman, M., Hayward, M. & Ward, M. Survey of recommendations given by Australian veterinarians on the age of desexing of dogs and cats. *Aust. Vet. Pract.* **46**, 72–82 (2016).
32. Jupe, A., Rand, J., Morton, J. & Fleming, S. Attitudes of veterinary teaching staff and exposure of veterinary students to early-age desexing, with review of current early-age desexing literature. *Animals* **8**, 3 (2018).
33. Crawford, H. M. & Calver, M. C. Attitudes and practices of Australian veterinary professionals and students towards early age desexing of cats. *Animals* **9**, 2 (2019).
34. Orr, B. & Jones, B. A Survey of veterinarian attitudes toward prepubertal desexing of dogs and cats in the Australian Capital Territory. *Front. Vet. Sci.* <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00272> (2019).
35. Johnson, J. & Calver, M. C. Prevalence of desexed cats in relation to age in a convenience sample of Western Australian cats. *Aust. Vet. J.* **92**, 226–227. <https://doi.org/10.1111/avj.12182> (2014).
36. McGreevy, P. *et al.* VetCompass Australia: A national big data collection system for veterinary science. *Animals* <https://doi.org/10.3390/ani7100074> (2017).
37. O'Neill, D. VetCompass clinical data points the way forward. *Vet. Ireland J.* **2**, 353–356 (2012).
38. Farnworth, M. J. *et al.* Veterinary attitudes towards pre-pubertal gonadectomy of cats: a comparison of samples from New Zealand, Australia and the United Kingdom. *N. Z. Vet. J.* **61**, 226–233. <https://doi.org/10.1080/00480169.2012.738591> (2013).
39. Toukhsati, S. R., Bennett, P. C. & Coleman, G. J. Behaviors and Attitudes towards Semi-Owned Cats. *Anthrozoös* **20**, 131–142. <https://doi.org/10.2752/175303707X207927> (2007).
40. Animal Medicines Australia. *Pets in Australia: a national survey of pets and people*, <https://animalmedicinesaustralia.org.au/2019/10/pets-in-australia-a-national-survey-of-pets-and-people/> (2019).
41. McHarg, Malcolm & Coalition, U. A. M. *The National People and Pets Survey*. (Urban Animal Management Coalition, 1995).
42. American Veterinary Medical Association. *AVMA Pet Ownership and Demographics Sourcebook (2017–2018)*. (2018).
43. Chu, K., Anderson, W. M. & Rieser, M. Y. Population characteristics and neuter status of cats living in households in the United States. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **234**, 1023–1030 (2009).
44. Slater, M. R. *et al.* Cat and dog ownership and management patterns in central Italy. *Prev. Vet. Med.* **85**, 267–294. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2008.02.001> (2008).
45. Johnston, L., Szczepanski, J. & McDonagh, P. Demographics, lifestyle and veterinary care of cats in Australia and New Zealand. *J. Feline Med. Surg.* **19**, 1199–1205. <https://doi.org/10.1177/1098612x16685677> (2017).
46. Sánchez-Vizcaíno, F. *et al.* Demographics of dogs, cats, and rabbits attending veterinary practices in Great Britain as recorded in their electronic health records. *BMC Vet. Res.* **13**, 218–218. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1138-9> (2017).
47. Paterson, M. B. A., O'Donoghue, M., Jamieson, P. & Morton, J. M. The cat desexing policies and activities of private veterinary practices in Queensland. *Animals* **10**, 841 (2020).
48. Crawford, H. M. *Improving Nine Lives: Trialling and Assessing Management Strategies for Stray Cats (Felis catus) in Australia*. PhD thesis this, Murdoch University, (2019).
49. Flockhart, D. T. T. & Coe, J. B. Multistate matrix population model to assess the contributions and impacts on population abundance of domestic cats in urban areas including owned cats, unowned cats, and cats in shelters. *PLoS ONE* **13**, e0192139. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192139> (2018).
50. Gagnon, A. C., Langlade, C., Buff, S. & Rosset, E. A retrospective internet-based survey of French cat breeders about early-age neutering. *J. Feline Med. Surg.* <https://doi.org/10.1177/1098612x19858800> (2019).
51. Cat Protection Society of NSW. *Cat Welfare Survey 2019*. (2019).
52. Alberthsen, C. *et al.* Numbers and Characteristics of Cats Admitted to Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals (RSPCA) Shelters in Australia and Reasons for Surrender. *Animals* **6**, 23 (2016).
53. Rinzin, K. *et al.* Free-roaming and surrendered dogs and cats submitted to a humane shelter in Wellington, New Zealand, 1999–2006. *N. Z. Vet. J.* **56**, 297–303. <https://doi.org/10.1080/00480169.2008.36850> (2008).
54. Jennett, A. L., Jennett, N. M., Hopping, J. & Yates, D. Evidence for seasonal reproduction in UK domestic cats. *J. Feline Med. Surg.* **18**, 804–808. <https://doi.org/10.1177/1098612x15595665> (2016).
55. Aguilar, G. D. & Farnworth, M. J. Stray cats in Auckland, New Zealand: Discovering geographic information for exploratory spatial analysis. *Appl. Geogr.* **34**, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.11.011> (2012).

56. Welsh, C. P., Gruffydd-Jones, T. J. & Murray, J. K. The neuter status of cats at four and six months of age is strongly associated with the owners' intended age of neutering. *Vet. Rec.* **172**, 578–578. <https://doi.org/10.1136/vr.101362> (2013).
57. McGreevy, P. *et al.* Identification of microchip implantation events for dogs and cats in the VetCompass Australia database. *Animals* **9**, 423 (2019).
58. R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>. (2018).
59. Australian Bureau of Meteorology. <http://www.bom.gov.au/climate/glossary/seasons.shtml#:~:text=In%20Australia%2C%20the%20seasons%20are,months%20March%2C%20April%20and%20May>.
60. Australian Bureau of Statistics. *SEIFA*, <<http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/DetailsPage/2033.0.55.0012011?OpenDocument>> (2011).
61. Australian Bureau of Statistics. *1270.0.55.006—Australian Statistical Geography Standard (ASGS)*. <https://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/1270.0.55.006July%202011?OpenDocument>. (2012).

## Acknowledgements

This research was undertaken with the assistance of information and other resources from the VetCompass Australia consortium under the project “VetCompass Australia: Big Data and Real-time Surveillance for Veterinary Science”, which is supported by the Australian Government through the Australian Research Council LIEF scheme (LE160100026).

## Author contributions

L.M. performed the acquisition and, with C.W., the analysis of data. L.M., C.W., L.B. and J.A.B. were all involved in study design, interpretation of results and drafting of the manuscript. J.A.B. conceived the study.

## Competing interests

The authors declare no competing interests.

## Additional information

**Correspondence** and requests for materials should be addressed to J.A.B.

**Reprints and permissions information** is available at [www.nature.com/reprints](http://www.nature.com/reprints).

**Publisher's note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© The Author(s) 2021

Toulouse, 2022

**NOM** : MAZEAU

**PRÉNOM** : Loïc

---

**TITRE** : La stérilisation des chats en Australie : facteurs d'influence et témoin d'une évolution des pratiques vétérinaires

### **RÉSUMÉ**

En Australie, les chats errants et sauvages représentent un problème majeur et global, avec des coûts économiques, éthiques et en termes de biodiversité. Ce problème étant relié à leurs performances de reproduction, la stérilisation des chats avant la puberté – prévenant alors la survenue de portées non désirées – devient un outil majeur de gestion de ces populations. La prévalence et les facteurs influençant la probabilité pour un chat d'être stérilisé et l'âge de cette stérilisation ont été étudiés grâce à une base de données de dossier médicaux électroniques et anonymisés de chats australiens présentés à des cliniques vétérinaires : la base de données VetCompass Australia. Sur 52 941 chats nés entre 2010 et 2017, 83,6% étaient stérilisés. Sur 7463 femelles stérilisées, 21,5% avaient été stérilisées avant 4 mois d'âge, 59,8% avant 6 mois et 85,4% avant 1 an. Le sexe, la race, la localisation géographique et des indices socioéconomiques influençaient significativement tant le taux de stérilisation que l'âge de stérilisation. Les chats nés entre 2010 et 2017 étaient plus à risque d'être stérilisé plus jeunes que ceux nés entre 1995 et 2009 pour tous les seuils d'âge considérés ( $\leq 4$  mois [OR 1.76, CI 95 1.58–1.97],  $\leq 6$  mois [OR 1.50, CI 95 1.38–1.62] et  $\leq 1$  an [OR 2.33, CI 95 2.11–2.57]  $p < 0.001$ ). En comparaison avec les chats nés avant 2010, les chats nés plus tard sont significativement stérilisés plus jeunes, même si beaucoup d'entre eux sont néanmoins déjà pubères. Ces résultats viennent appuyer des campagnes de communication et de promotion de la stérilisation précoce en Australie, et démontrent pour la première fois une diminution de l'âge de stérilisation des chats dans ce pays.

---

**TITLE** : Desexing of cats in Australia : which predictors and how veterinary practices evolved

### **SUMMARY**

The global problem of unowned domestic cats, driven by their phenomenal reproductive success, carries significant economic, animal welfare and biodiversity costs. Desexing owned cats prior to puberty prevents unwanted litters that contribute to unowned cat populations. The prevalence and predictors of desexing, and the age at which surgery was carried out were investigated using anonymized electronic patient records in the VetCompass Australia database of cats presented to veterinary practices. Of 52,941 cats born between 2010 and 2017, 83.6% were desexed. Among 7463 desexed females, 21.5% had been desexed by 4 months of age, 59.8% by 6 months and 85.4% by 1 year. Sex, breed, location and socioeconomic indices significantly influenced desexing status and age at surgery. Cats born between 2010 and 2017 had greater odds of being desexed than cats born between 1995 and 2009 at each age cut-off ( $\leq 4$  months [OR 1.76, CI 95 1.58–1.97],  $\leq 6$  months [OR 1.50, CI 95 1.38–1.62] and  $\leq 1$  year [OR 2.33, CI 95 2.11–2.57]  $p < 0.001$ ). Compared with cats born before 2010, cats born later are significantly younger at desexing but, even so, many cats would have reached sexual maturity before surgery. These findings will inform the design of front-line strategies promoting prepubertal desexing and they demonstrate, for the first time, a shift towards desexing younger cats.