



HAL
open science

Contribution à l'étude de l'éthogramme du chien de compagnie (*canis lupus familiaris*) à l'aide de colliers accéléromètres : étude expérimentale

Etienne Escande

► **To cite this version:**

Etienne Escande. Contribution à l'étude de l'éthogramme du chien de compagnie (*canis lupus familiaris*) à l'aide de colliers accéléromètres : étude expérimentale. Médecine vétérinaire et santé animale. 2021. dumas-04530423

HAL Id: dumas-04530423

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04530423>

Submitted on 3 Apr 2024

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

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

ANNEE 2021 THESE : 2021 – TOU 3 – 4026

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ETHOGRAMME DU CHIEN DE COMPAGNIE (*CANIS LUPUS FAMILIARIS*) A L'AIDE DE COLLIERS ACCELEROMETRES : ETUDE EXPERIMENTALE

THESE

pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

Etienne ESCANDE

Né le 21/08/1997 à BORDEAUX (33)

Directrice de thèse : Mme Nathalie PRIYMENKO

JURY

PRESIDENTE :
Mme Isabelle BERRY

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
Mme Nathalie PRIYMENKO
Mme Isabelle RAYMOND-LETRON

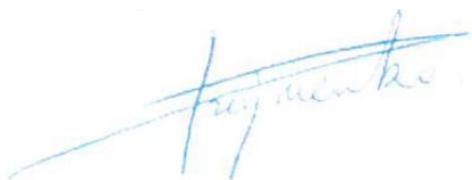
Maitre de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

AGREMENT SCIENTIFIQUE

En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussignée, Nathalie PRIYMENKO, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directrice de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **ESCANDE Etienne** intitulée « **Contribution à l'étude de l'éthogramme du chien de compagnie (canis lupus familiaris) à l'aide de colliers accéléromètres** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 16/07/2021
Enseignant-chercheur de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Docteure Nathalie PRIYMENKO



Vu :
La Présidente du jury
Professeure Isabelle BERRY

Faculté de Médecine Rangueil
Biophysique Médicale - CHU Rangueil
1, avenue Jean Poulhès - TSA 50032
31059 TOULOUSE Cedex



Vu :
Le Directeur de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse
M. Pierre SANS



Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université Paul
Sabatier
Monsieur Jean-Marc BROTO
Par délégation, le Doyen de la faculté de
Médecine de Toulouse-Rangueil
M. Elie SERRANO



M. ESCANDE Étienne
a été admis sur concours en : 2016
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 06/07/2020
a validé son année d'approfondissement le 15/07/2021
n'ont plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Directeur: Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie – Thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD, Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **PETIT Claude**, (Emérite) - *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*

PROFESSEURS 2° CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et Économie de la santé animale*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
- M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
M. **JAEGER Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PRIYEMENKO Nathalie**, *Alimentation*
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie- Bactériologie-Pathologie infectieuse*
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et Industrie des aliments*
Mme **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et Industrie des aliments*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie - Analgésie*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire – Maladies animales réglementées*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

CHARGES D'ENSEIGNEMENT CONTRACTUELS

- M. **FERCHIOU Ahmed**, *Economie, production animale*,
M. **LEYNAUD Vincent**, *Médecine interne*
Mme **ROBIN Marie-Claire**, *Ophthalmologie*
Mme **SOUVESTRE Marie**, *Production et pathologie aviaire*
Mme **TOUSSAIN Marion**, *Pathologie des équidés*

ENSEIGNANT DE PREMIERE ANNEE COMMUNE AUX ETUDES VETERINAIRES

- Mme **GAUCHARD Cécile**, *Biologie-écologie-santé*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- M **BESSIERE Pierre**, *Microbiologie infectiologie*
Mme **BLONDEL Margaux**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie-Imagerie médicale*
M. **COMBARROS-GARCIA Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
M. **LESUEUR Jérémy**, *Gestion de la santé des ruminants – Médecine collective de précision*
M. **TOUITOU Florian**, *Alimentation animale*

Remerciements

A Madame le Professeur Isabelle BERRY,

Professeur des Universités
Praticien hospitalier

Qui nous a fait l'honneur de présider le jury de thèse.

Hommage respectueux.

A Madame le Docteur Nathalie PRIYMENKO,

Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse, que je remercie pour son enthousiasme envers le projet et son accompagnement attentif pour le mener à bien.

Sincères remerciements.

A Madame le Professeur Isabelle RAYMOND-LETRON,

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui m'a fait l'honneur d'accepter l'assessorat de ma thèse, pour sa gentillesse et sa bienveillance.

Sincères remerciements.

A Monsieur Eric HUMBERT,

Société INVOXIA

Pour son accompagnement et l'appui technique indispensable à l'accomplissement de ce travail.

Sincères remerciements.

Table des matières

Remerciements	6
Table des matières	7
Liste des abréviations.....	11
Liste des figures	12
Liste des tableaux.....	14
Introduction.....	15
Partie 1 - Accélérométrie : Généralités et applications en médecine humaine et vétérinaire.....	20
1. Généralités sur l'accélérométrie	20
1.1. Définition	20
1.2. Principes physiques	21
1.3. Accéléromètre piézoélectrique	22
1.4. Autres types d'accéléromètres	23
2. Applications de l'accélérométrie	25
2.1. Applications en médecine humaine.....	25
2.1.1. Outil d'aide au diagnostic des affections de la démarche.....	26
2.1.2. Outil d'étude de l'activité physique	27
2.1.3. Outil de la médecine du sport.....	29
2.1.4. Outil de prévention.....	30
2.2. Applications chez le cheval	30
2.2.1. Outil d'étude de la démarche	30
2.2.2. Outil de diagnostic des boiteries.....	34
2.2.3. Outil d'étude de l'activité physique	35
2.3. Applications chez le chien	36
2.3.1. Etude de la locomotion	36

2.3.2.	Etude de l'activité physique	40
2.3.2.1.	Evaluation des protocoles de mesure de l'activité spontanée	40
2.3.2.2.	Facteurs de variation de l'activité spontanée	45
2.3.2.3.	Les applications pratiques de la mesure de l'activité spontanée	48
2.3.3.	Autres exemples d'utilisation de colliers accéléromètres	50
Partie 2 - Etude expérimentale		54
1.	Objectifs de l'étude	54
2.	Matériels et méthodes	55
2.1.	Animaux	55
2.2.	Accéléromètre	56
2.3.	Données collectées	58
2.3.1.	Questionnaire d'entrée	58
2.3.2.	Données d'accélérométrie	59
2.3.3.	Données relatives au mode de vie du chien	59
2.4.	Analyse des données	60
2.4.1.	Etude de la fiabilité du capteur	60
2.4.2.	Etude qualitative du rythme de vie des animaux	61
2.4.3.	Etude de l'activité physique des animaux au cours de l'étude	61
2.4.4.	Etude de l'activité physique des animaux selon leur occupation	62
3.	Résultats	64
3.1.	Animaux	64
3.2.	Fiabilité du capteur	65
3.3.	Etude du rythme de vie	66
3.3.1.	Chien n°1	67
3.3.2.	Chien n°2	67
3.3.3.	Chien n°3	68
3.3.4.	Chien n°4	69

3.3.5.	Chien n°5.....	70
3.3.6.	Chien n°6.....	70
3.3.7.	Chien n°7.....	71
3.3.8.	Chien n°8.....	72
3.3.9.	Chien n°9.....	72
3.3.10.	Chien n°10.....	73
3.3.11.	Synthèse	74
3.4.	Etude de la variation de l'activité physique au cours de l'étude	75
3.4.1.	Chien n°1	75
3.4.2.	Chien n°2.....	76
3.4.3.	Chien n°3.....	76
3.4.4.	Chien n°4.....	77
3.4.5.	Chien n°5.....	78
3.4.6.	Chien n°6.....	78
3.4.7.	Chien n°7.....	79
3.4.8.	Chien n°8.....	79
3.4.9.	Chien n°9.....	80
3.4.10.	Chien n°10.....	81
3.4.11.	Synthèse	81
3.5.	Etude de l'activité en fonction de l'occupation.....	82
3.5.1.	Chien n°1	83
3.5.2.	Chien n°2.....	83
3.5.3.	Chien n°3.....	84
3.5.4.	Chien n°4.....	85
3.5.5.	Chien n°5.....	86
3.5.6.	Chien n°6.....	87
3.5.7.	Chien n°7.....	87

3.5.8. Chien n°8.....	88
3.5.9. Chien n°9.....	89
3.5.10. Chien n°10.....	90
3.5.11. Synthèse	91
3.6. Synthèse des résultats expérimentaux.....	92
4. Discussion	94
Conclusion.....	97
Bibliographie.....	98
Annexes.....	111
Annexe 1 – Notice d’information à l’attention des propriétaires.....	112
Annexe 2 - Lettre de consentement éclairé	114
Annexe 3 - Questionnaire d’entrée.....	115
Annexe 4 - Journal de bord	117
Annexe 5 - Rapport d’approbation du comité d’éthique.....	118
Résumé	119

Liste des abréviations

BE	Besoin énergétique
Coll.	Collaborateurs
GPS	Global Positioning System
GRMD	Golden Retriever Muscular Dystrophy
IC	Indice de Collecte
VPN	Valeur Prédictive Négative
VPP	Valeur Prédictive Positive
3D	Tridimensionnel

Liste des figures

Figure 1 - Photographie d'un accéléromètre tridimensionnel (17)	21
Figure 2 - Schéma d'un capteur de mouvement à masse sismique (16).....	21
Figure 3 – Dessin d'un accéléromètre piézoélectrique (18).....	23
Figure 4 – Mesure de l'accélérométrie d'un cheval au pas (axe longitudinal).....	31
Figure 5 - Mesure de l'accélérométrie d'un cheval au trot (axe longitudinal et dorsoventral).....	32
Figure 6 (gauche) – Photographie du capteur EQUISENSE® (41)	34
Figure 7 (droite) - Utilisation d'un smartphone avec l'application PHYSICS TOOLBOX SENSOR®.....	34
Figure 8 - Pertinence des différentes variables pour la caractérisation de la locomotion du chien GRMD	37
Figure 9 - Paramètres d'accélération de chiens sains (bleu) et de chiens GRMD (orange) en fonction de l'âge.	38
Figure 10 - Photographie d'un chien avec les huit différentes positions des capteurs d'accélérométrie	40
Figure 11 - Représentation graphique des données obtenues sur 4 chiens (A-D) portant les huit capteurs accéléromètres durant 7 heures (50).....	41
Figure 12 - Compte d'activité mesuré par accélérométrie sur 104 chiens soumis à trois activités standardisées (64).	43
Figure 13 - Photographie du capteur INVOXIA LWT 200 GPS TRACKER (91)	56
Figure 14 - Capture d'écran montrant un exemple de données fournies par le capteur	57
Figure 15 - Indices de collecte de chaque capteur	66
Figure 16 - Occupation du chien 1 lors des phases d'enregistrement	67
Figure 17 - Occupation du chien 2 lors des phases d'enregistrement	68
Figure 18 - Occupation du chien 3 lors des phases d'enregistrement	68
Figure 19 - Occupation du chien 4 lors des phases d'enregistrement	69
Figure 20 - Occupation du chien 5 lors des phases d'enregistrement	70
Figure 21 - Occupation du chien 6 lors des phases d'enregistrement	71
Figure 22 - Occupation du chien 7 lors des phases d'enregistrement	71
Figure 23 - Occupation du chien 8 lors des phases d'enregistrement	72

Figure 24 - Occupation du chien 9 lors des phases d'enregistrement	73
Figure 25 - Occupation du chien 10 lors des phases d'enregistrement	74
Figure 26 - Activité physique enregistrée du chien 1	76
Figure 27 - Activité physique enregistrée du chien 2	76
Figure 28 - Activité physique enregistrée du chien 3	77
Figure 29 - Activité physique enregistrée du chien 4	77
Figure 30 - Activité physique enregistrée du chien 5	78
Figure 31 - Activité physique enregistrée du chien 6	78
Figure 32 - Activité physique enregistrée du chien 7	79
Figure 33 - Activité physique enregistrée du chien 8	80
Figure 34 - Activité physique enregistrée du chien 9	80
Figure 35 - Activité physique enregistrée du chien 10	81
Figure 36 - Comparaison des activités physiques enregistrées des 10 chiens au cours de l'étude	81
Figure 37 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 1	83
Figure 38 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 2	84
Figure 39 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 3	85
Figure 40 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 4	86
Figure 41 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 5	86
Figure 42 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 6	87
Figure 43 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 7	88
Figure 44 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 8	89
Figure 45 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 9	90
Figure 46 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 10	90
Figure 47 - Comparaison de la mesure du temps passé immobile par le capteur aux estimations des propriétaires, au domicile (gauche) et en promenade (droite)	92

Liste des tableaux

Tableau 1 - Listes des outils mesurant l'accélérométrie accessibles au grand public, destiné au cheval.....	33
Tableau 2 - Listes des capteurs dont l'utilisation a été validée chez le chien pour étudier l'activité spontanée	42
Tableau 3 - Récapitulatif des publications sur les facteurs de variations de l'activité spontanée, chez le chien, et de leurs résultats.....	47
Tableau 4 - Listes des activités reconnues par le capteur INVOXIA LWT 200 GPS TRACKER (Invoxia SAS, Issy-les-moulineaux, France).....	57
Tableau 5 - Liste des différentes occupations des chiens prises en compte dans l'étude	60
Tableau 6 - Interprétation du V de Cramér selon sa valeur (92)	63
Tableau 7 - Caractéristiques des 10 chiens participants à l'étude.....	64
Tableau 8 - Calcul des indices de collecte pour chaque capteur lors des deux phases d'enregistrement.....	65
Tableau 9 - Synthèse des évolutions du rythme de vie des animaux entre les deux phases de l'étude.....	75
Tableau 10 – Récapitulatif des tests statistiques (V de Cramér) pour l'association entre l'occupation et l'activité physique (immobilité, marche, course).....	91
Tableau 11 – Récapitulatif des test statistiques (V de Cramér) pour l'association entre l'occupation et l'immobilité	92
Tableau 12 - Récapitulatif des résultats.....	93

Introduction

L'évaluation de la qualité de vie est devenue un sujet d'intérêt majeur dans la recherche clinique en médecine humaine. Cette notion est désormais prise en compte dans la plupart des études médicales, en complément des indicateurs traditionnels, tels que le taux de survie ou le taux de mortalité. L'appréciation de la qualité de vie s'appuie sur des paramètres multifactoriels, comprenant, entre autres, l'évaluation de la fonction physique, le bien-être psychologique ou encore la fonction sociale.

La fonction physique, que l'on peut définir comme la capacité pour un individu à être mobile, est traditionnellement évaluée à partir de tests contrôlés en laboratoire ou en milieu hospitalier. Cependant, un certain nombre d'études s'intéressent de plus en plus à l'évaluation de la mobilité et des activités physiques de la vie quotidienne comme marqueurs de la qualité de vie (1, 2).

L'étude de l'activité spontanée est donc progressivement devenue un enjeu scientifique, reconnu chez l'Homme. De nombreuses applications médicales ont, en effet, été démontrées, notamment dans la lutte contre l'obésité (3), ou encore dans l'étude du vieillissement (4–6). Il apparaît également que certaines maladies chroniques réduisent de manière significative l'activité des patients atteints, et qu'à l'inverse, la reprise d'activité est un signe encourageant quant à la bonne réponse au traitement mis en place. C'est le cas notamment de l'insuffisance cardiaque chronique, maladie pour laquelle Walsh et coll. ont montré en 1997, que la sévérité de la diminution de l'activité spontanée, chez les sujets atteints, était de haute valeur pronostique, et permettait de prédire, avec une bonne corrélation en comparaison des indicateurs déjà validés, l'espérance de vie du patient (7, 8).

Des recherches récentes en médecine vétérinaire tendent à montrer que l'étude de l'activité spontanée, chez l'animal, pourrait présenter un intérêt clinique (9). Les premières études sur le sujet se sont notamment intéressées à l'intérêt de la mesure de l'activité spontanée, chez le chien, dans le cadre de l'évaluation de l'efficacité de la prise en charge de troubles ostéoarticulaires (10, 11).

En revanche, si de nombreuses publications soulignent désormais la pertinence de l'étude de l'activité spontanée chez l'animal, la littérature est encore particulièrement pauvre sur le sujet. Il n'existe à ce jour pas ou peu de données sur l'activité du chien de compagnie.

On trouve un certain nombre de travaux menés sur le chien de laboratoire, qui incluent une analyse de l'activité physique des animaux, parmi d'autres indicateurs comportementaux, à des fins de recherches. Nous pouvons citer, à titre d'exemple, l'étude de Tobler et Sigg, réalisée en 1985 (12), sur les effets de la privation de sommeil sur le rythme circadien du chien. A partir de 15 chiens de laboratoires, observés grâce à un système d'enregistrement vidéo, ils ont comparé leur activité avant, puis après, une phase de restriction de sommeil. Cela a permis de montrer qu'en conditions normales, les chiens étaient principalement actifs lors des phases lumineuses, principalement le matin, et que la majorité du repos (74%) intervenait lors des phases d'obscurité.

En 2006, Spangenberg et coll. (13) se sont intéressés à l'influence de la mise en place d'un accès libre à l'extérieur, pour des chiens de laboratoire, sur leur activité physique spontanée. Ils révèlent que cela permet une augmentation significative de l'activité des animaux, sans pour autant caractériser précisément la nature de cette activité.

Un certain nombre d'étude utilise également la mesure de l'activité physique comme outil d'évaluation du bien-être chez le chien de refuge. C'est le cas notamment des travaux de Hiby et coll., publiés en 2006 (14), qui démontrent en se basant sur l'observation de 26 chiens nouvellement introduits dans un refuge, que certains comportements sont surexprimés chez les animaux stressés (objectivé par des mesures répétées au cours des jours de leur cortisolémie), avec une modification du pattern d'activité spontanée associée. C'est en se basant sur ce constat, que Dalla Villa et coll. (15) a utilisé l'analyse de l'activité spontanée de chiens, hébergés dans un refuge, pour évaluer les effets de l'enrichissement de leur environnement sur leur bien-être.

Ainsi, si des chercheurs se sont intéressés à l'activité spontanée chez le chien, principalement pour comparer différentes conditions expérimentales, les données permettant de caractériser l'activité physique du chien, pour améliorer ainsi notre connaissance de l'éthogramme de cette espèce, font défaut.

D'autre part, la très grande majorité de données disponibles sur le sujet provient d'animaux hébergés en laboratoire ou en refuge. Cela s'explique par l'importante difficulté que représente la mise en place de système d'enregistrement vidéo chez des particuliers pour évaluer l'activité de chiens de compagnie. En effet, jusqu'à récemment, l'observation directe était considérée comme la seule méthode disponible pour évaluer le comportement d'un chien.

Il est cependant impossible de transposer des données d'activité de chiens de laboratoire ou de refuge, qui par la nature même de leur condition, sont soumis à un rythme de vie parfaitement contrôlé et invariable, à des chiens de compagnie, dont le rythme de vie dépend de celui du propriétaire, qui par opposition est extrêmement variable.

Il apparaît alors comme nécessaire de trouver de nouvelles méthodes d'étude du comportement, au domicile, chez le chien de compagnie, afin de développer de nouvelles méthodes de suivi de la qualité de vie, comme présenté plus haut.

L'introduction de l'accélérométrie, d'abord en médecine humaine, puis en médecine vétérinaire chez le cheval, a permis la reconnaissance progressive de son intérêt clinique, notamment en matière de diagnostic et de suivi des affections de la locomotion. Ceci a été le moteur de la mise sur le marché d'outils nouveaux, intégrant des accéléromètres, dont l'utilisation et la disponibilité sont en nette progression depuis les vingt dernières années.

Des études plus récentes ont alors cherché à démontrer la possibilité d'utiliser ces outils chez le chien, créant alors de nouvelles perspectives dans l'étude du comportement spontané, et de l'activité physique dans cette espèce. Cela ouvre notamment la possibilité de mener des investigations chez le chien de compagnie de manière beaucoup plus aisée.

Après un bref développement sur les principes physiques de l'accélérométrie, une première partie bibliographique de ce travail détaillera différentes applications médicales, développées chez l'Homme et le cheval, à partir de dispositifs accéléromètres.

Une revue de la littérature sera également présentée pour fixer les limites de l'actualité des recherches sur l'utilisation de cet outil chez le chien.

Afin de participer à celles-ci, nous avons enfin mené une étude expérimentale sur des chiens de compagnie. Les objectifs que nous nous sommes fixés sont, à partir d'un collier muni d'un accéléromètre, dont nous évaluerons le caractère pratique de l'utilisation, de caractériser leur activité physique spontanée au cours de leur vie habituelle.

Nous avons, en particulier, cherché à décrire l'activité des animaux participant à cette étude, au cours de différentes occupations propres à la vie du chien de compagnie (solitude, promenades, vie au domicile en présence du propriétaire).

L'objectif étant, d'une part, de voir si l'activité d'un animal est stable et régulière sur des périodes d'enregistrement différentes et, d'autre part, de tenter d'établir des « profils d'activité » selon les différentes occupations. L'hypothèse que nous avons formulée est que les différentes situations sont caractérisées par une activité physique qui varie de l'une à l'autre.

Ce travail est une étude originale visant principalement à mesurer les difficultés pratiques d'une étude de l'activité spontanée au domicile et de tenter d'y apporter des solutions, dans le but de préparer une étude de plus grande ampleur, avec des effectifs de chiens plus importants.

Partie 1
Accélérométrie : Généralités
et applications en médecine humaine et vétérinaire

Partie 1 - Accélérométrie : Généralités et applications en médecine humaine et vétérinaire

1. Généralités sur l'accélérométrie

1.1. Définition

Fixé à un mobile ou tout autre objet, un accéléromètre est un capteur permettant de mesurer l'accélération linéaire de ce dernier à l'instant t .

Cela diffère d'un gyromètre, qui consiste en un capteur capable de mesurer la vitesse angulaire et donc la rotation d'un objet.

D'après *Les capteurs en instrumentalisation industrielle* (16), l'accélération correspond, d'après les principes fondamentaux de la mécanique, à une relation entre une force et une masse ; les capteurs d'accélération font tous appel dans leur principe à un phénomène physique permettant, à partir de cette relation, d'obtenir une grandeur électrique ou une information visualisable pour un opérateur.

Les capteurs d'accélération peuvent être classés en fonction du phénomène physique utilisé et qui donne lieu soit à la mesure directe d'une force (capteur piézoélectrique, capteur à équilibre de couple ou de force), soit à une mesure indirecte, par le biais du déplacement ou de la déformation d'un corps d'épreuve.

Il est possible d'associer plusieurs accéléromètres dans deux ou trois directions spatiales pour ne former qu'un seul capteur. On parle d'accéléromètre monoaxial ou monodimensionnel pour un capteur constitué d'un seul accéléromètre calculant l'accélération linéaire d'un objet selon un seul axe défini, d'accéléromètre biaxial ou bidimensionnel constitué de deux accéléromètres calculant les deux accélérations linéaires selon deux axes orthogonaux et enfin d'accéléromètre triaxial ou tridimensionnel constitué de trois accéléromètres calculant les accélérations linéaires selon trois axes orthogonaux x , y et z (illustration en Figure 1).

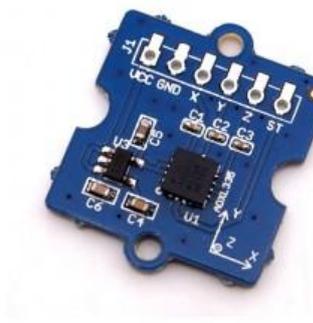


Figure 1 - Photographie d'un accéléromètre tridimensionnel (17)

1.2. Principes physiques

On peut illustrer le principe de fonctionnement d'un accéléromètre à partir de l'étude du fonctionnement d'un capteur sismique simple qui constitue la version la plus simple et commune de l'accéléromètre (schéma présenté en Figure 2). D'une manière générale, un tel capteur peut, selon la gamme de fréquence, constituer un capteur de déplacement, de vitesse ou d'accélération subie par son boîtier.

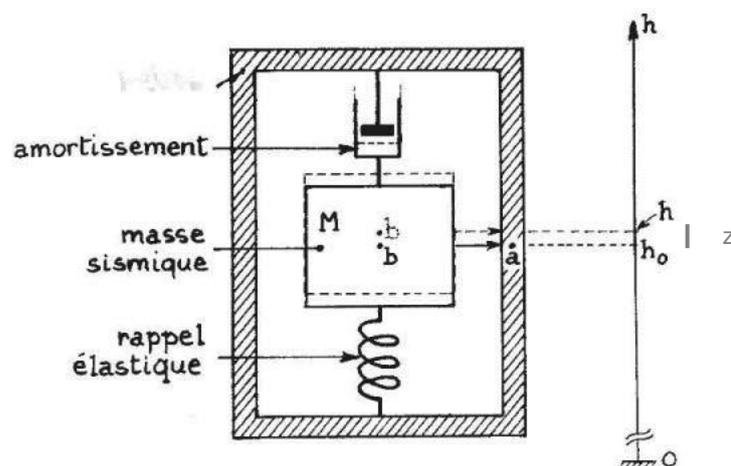


Figure 2 - Schéma d'un capteur de mouvement à masse sismique (16)

Avec h_0 , l'ordonnée d'un point a du boîtier et h , celle d'un point b de la masse sismique qui, en l'absence d'accélération imposée au boîtier, est à la même ordonnée que le point a. On désigne alors par $z = h - h_0$, le déplacement relatif de la masse sismique M par rapport au boîtier.

Quels que soient, d'une part, l'organe mécanique (cristal piézoélectrique, ressort, lame en flexion ...) qui relie la masse M au boîtier et, d'autre part, le mode de traduction en signal électrique du mouvement, on peut considérer qu'il s'agit d'un système mécanique à un degré de liberté.

On définit h_0 , l'ordonnée d'un point a du boîtier et h , celle d'un point b de la masse sismique qui, en l'absence d'accélération imposée au boîtier, est à la même ordonnée que le point a. On désigne alors par $z = h - h_0$ le déplacement relatif de la masse sismique M par rapport au boîtier.

L'équation d'équilibre entre :

- la force de rappel Cz ,
- la force de frottement visqueux $F \frac{dz}{dt}$
- la force $M \frac{d^2h}{dt^2}$, due à l'accélération de la masse M, s'écrit :

$$M \frac{d^2h}{dt^2} = -F \frac{dz}{dt} - Cz$$

$$\text{Soit : } M \frac{d^2h_0}{dt^2} = M \frac{d^2z}{dt^2} + F \frac{dz}{dt} + Cz$$

Il apparait alors que l'accélération dépend directement de z . Ainsi, en mesurant simplement le déplacement de la masse M par rapport à son support, on peut connaître l'accélération subie par ce dernier (16).

1.3. Accéléromètre piézoélectrique

L'accéléromètre piézoélectrique correspond à l'un des accéléromètres les plus répandus sur le marché. Son principe repose sur la propriété de certains cristaux (Quartz, sel de Seignette) et de certaines céramiques à se charger électriquement lorsqu'ils sont soumis à une déformation. Inversement, ils se déforment si on les charge électriquement et le phénomène est réversible. Ces cristaux se chargent sur

deux faces en regard avec des charges opposées lorsqu'on les soumet à une force exercée entre ces deux faces. Afin de recueillir une tension électrique, ces faces sont métallisées : il est ainsi possible de mesurer l'accélération subie par le capteur puisqu'elle est proportionnelle à la tension électrique enregistrée aux bornes.

Dans ce type d'accéléromètre, la masse sismique est supportée par un élément piézoélectrique, qui délivre une charge électrique proportionnellement à la force de rappel, donc au déplacement de la masse sismique. L'ensemble est solidaire d'une embase rigide, le tout étant contenu dans un boîtier hermétique (Figure 3).

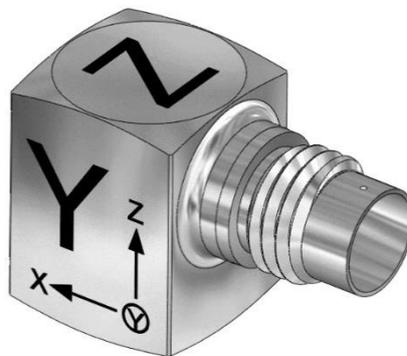


Figure 3 – Dessin d'un accéléromètre piézoélectrique (18)

1.4. Autres types d'accéléromètres

Il existe d'autres types d'accéléromètres :

- les accéléromètres piézorésistifs, pour lesquels une masse sismique est solidaire d'une lame de rappel élastique équipée de jauges piézorésistives. La flexion de la lame est traduite en déformation des jauges.
- les accéléromètres utilisant une mesure de déplacement, pour lesquels le déplacement d'une masse sismique par rapport au boîtier de l'accéléromètre est mesuré à l'aide d'un capteur.

- les accéléromètres asservis, dans lesquels la force de rappel de la masse sismique est créée électriquement : le déplacement de la masse sous l'effet de l'accélération provoque une action antagoniste qui tend à annuler ce déplacement (contre-réaction). Lorsqu'il y a équilibre, le signal électrique (courant) qui est à l'origine de l'action compensatrice donne la mesure de l'accélération.

2. Applications de l'accélérométrie

De nombreuses applications pratiques de l'accélérométrie ont été mise au point. On peut citer à titre d'exemple :

- la mesure de vitesse d'un objet (par intégration de l'accélération),
- la mesure d'un déplacement (par double intégration),
- le diagnostic des pannes pour les machines dans l'industrie (par analyse de l'accélération vibratoire),
- l'analyse des chocs (ces derniers correspondant à des accélérations de très forte amplitude), utilisée notamment dans les systèmes de déclenchement des airbags automobiles.

De nombreux objets de la vie de tous les jours sont dotés d'accéléromètres. On en retrouve notamment dans les appareils photos et les caméras, afin de permettre une stabilisation de l'image et une réduction du flou. On peut également citer les ordinateurs portables, dotés pour certains d'accéléromètre leur permettant de détecter une chute afin de mettre en jeu des systèmes spécifiques de protection, les smartphones et certaines manettes de jeux vidéo qui disposent d'accéléromètres et de gyromètres pour permettre de détecter le mouvement donné par l'utilisateur à l'objet, afin de l'exploiter à des fins interactives.

2.1. Applications en médecine humaine

Dans cette partie, nous aborderons, de manière non exhaustive certaines applications de l'accélérométrie en médecine humaine, en lien avec le contexte de notre étude chez le chien.

2.1.1. Outil d'aide au diagnostic des affections de la démarche

Des outils ont été mis au point pour caractériser et évaluer la démarche chez l'Homme à partir de données d'accélérométrie. On peut citer, à titre d'exemple, le système LOCOMETRIX® (Centaure Metrix, Paris, France) qui permet une analyse précise de la locomotion (19–21) à partir des paramètres mesurés suivants :

- la cadence des pas,
- la symétrie des demi-pas droits et gauches qui permet de calculer un indice de symétrie globale,
- la régularité des cycles de marche,
- l'instabilité dynamique médio-latérale qui mesure l'instabilité du sujet dans le plan frontal,
- les contraintes mécaniques (onde de choc) permettant une quantification de l'exposition du squelette à des sollicitations mécaniques de haute fréquence, de type chocs et vibrations,
- le coût énergétique de la marche qui est estimée à partir de la puissance mécanique totale développée,

A partir de ces mesures enregistrées pour un individu, il est possible en les comparant à celles d'une banque de donnée d'individus sains (20) de mettre en évidence une altération de la démarche par diminution de la symétrie, indiquant, par exemple, la présence d'une boiterie (21), ou une diminution de la régularité des pas, suggérant des défauts d'équilibre (19).

L'accélérométrie est donc utilisée comme outil d'aide au diagnostic dans le cadre des affections de la démarche. Il est évident qu'un médecin est capable de poser un diagnostic à partir de son observation éclairée, mais l'accélérométrie représente un outil qui permet de conforter une suspicion subjective par une méthode objective. Cette méthode semble intéressante pour quantifier l'étendue de l'altération de la démarche et de réaliser un suivi de son évolution dans le temps à la suite, par exemple, de la mise en place d'un traitement.

Plusieurs études se sont intéressées à cette application. En effet, en 2004, Auvinet a étudié la démarche de vingt-huit personnes atteintes de coxarthrose à l'aide du système LOCOMETRIX® (Centaure Metrix, Paris, France). Cette étude a permis de montrer une diminution de la vitesse, de la cadence de marche, de la symétrie et la régularité, chez les sujets atteints de coxarthrose par rapport à des sujets sains, et de manière proportionnelle aux lésions radiologiques observées. Ces informations ont donc un intérêt immédiat dans l'évaluation du pronostic de l'arthrose de la hanche, en pratique courante (22).

En 2006, la même équipe de recherche a étudié les troubles de la démarche chez des patients atteints de fibromyalgie. Comparés à un groupe témoin, les résultats obtenus chez les quatorze patients atteints ont permis de montrer une modification significative de la démarche avec une vitesse réduite, une foulée plus courte et une diminution de la fréquence des pas. Cette étude montre que la mesure de ces variables caractérisant la démarche autorisait une approche quantifiée de la fibromyalgie (23).

Ces deux études illustrent la possibilité de l'utilisation d'accéléromètres pour objectiver les altérations de la démarche et ainsi, de suivre l'évolution d'une affection.

2.1.2. Outil d'étude de l'activité physique

Il est possible d'utiliser l'accélérométrie pour évaluer l'activité physique d'un sujet au cours d'un intervalle de temps donné, à l'aide d'un accéléromètre tridimensionnel fixé au niveau du centre de gravité du sujet qui, chez l'Homme, se situe au niveau de la troisième vertèbre lombaire (24).

Cette évaluation de l'activité physique peut se faire au cours d'une activité définie ou, tout simplement, dans les conditions normales de la vie de tous les jours pour mesurer l'activité spontanée. A l'aide d'un programme informatique, les données recueillies par le capteur permettent de déterminer l'activité physique du sujet au cours de l'intervalle de temps donné.

A partir de cette utilisation, l'accélérométrie permet, par exemple, d'évaluer :

- les dépenses énergétiques chez le sportif lors d'un entraînement (25),
- l'inconfort d'individus atteints de troubles locomoteurs (23, 26).

Cette dernière application nous intéresse particulièrement dans le contexte de notre projet. Il a été montré, chez l'Homme, que l'inconfort engendré par la douleur accompagnant la boiterie est à l'origine d'une diminution de l'activité physique chez des sujets atteints d'affections locomotrices.

Au cours de l'année 2008, Van Weering et coll. (27) se sont intéressés à l'activité de vingt-neuf patients atteints de dorsalgie chronique par rapport à un groupe témoin de vingt sujets. L'activité journalière des individus a été évaluée à l'aide d'un accéléromètre tridimensionnel mesurant les mouvements du corps pendant sept jours consécutifs, en dehors des heures de sommeil. Les résultats montrent que l'activité physique des patients atteints a été d'un niveau proche de celui du groupe témoin, mais les sujets malades ont eu une activité plus importante le matin et plus faible le soir, par rapport aux témoins. Il n'y a pas eu de différences d'activité entre les patients selon leur type de travail, ni entre les jours de travail et les jours de repos. Cette étude a donc permis de montrer que les patients atteints de douleurs chroniques du dos avaient une activité physique normale, mais répartie différemment au cours de la journée.

Cette méthode a également été utilisée pour évaluer l'activité physique de patients atteints d'autres affections chroniques telles que la sclérose en plaque (28), les accidents vasculaires cérébraux (29) et l'arthrose de la hanche (22).

L'ensemble de ces travaux montre que les modifications de l'activité physique des sujets atteints, quantitatives ou qualitatives, peuvent être mesurées grâce à un accéléromètre chez l'Homme.

A partir de ce constat, certaines études ont utilisé l'accélérométrie pour mesurer l'évolution de l'activité de patients afin de quantifier leur récupération fonctionnelle à l'issue d'une prise en charge thérapeutique spécifique, médicale ou chirurgicale. Ainsi, Brandes et coll. se sont intéressés en 2011 (30) à la récupération fonctionnelle de cinquante-trois patients ayant subi une chirurgie d'arthroplastie de reconstruction totale du genou. L'accélérométrie tridimensionnelle a permis de montrer que l'activité des patients a significativement augmenté au cours des douze mois qui ont suivi la

chirurgie. Les auteurs ont ainsi prouvé que la chirurgie de reconstruction totale du genou permettait d'améliorer notablement le confort de la majorité des patients, sans toutefois atteindre le niveau d'activité physique du groupe témoin.

2.1.3. Outil de la médecine du sport

L'accélérométrie est aussi couramment utilisée dans le domaine de la médecine du sport. Elle est facile à utiliser sur le terrain, elle permet de suivre et d'évaluer les performances des sportifs.

Auvinet et coll. (31) ont réalisé en 2002 une étude comparant la cinématique et la cinétique par accélérométrie pour analyser la foulée d'un athlète de course à pied. L'objectif de cette étude était d'établir la correspondance entre le signal d'accélération enregistré en région lombaire médiane, à l'aide du système LOCOMETRIX® (Centaure Metrix, Paris, France) et l'enregistrement cinématographique des déplacements, chez l'athlète en course. La correspondance établie chez sept athlètes de demi-fond a permis d'identifier, à partir des signaux enregistrés en accélérométrie, les événements caractéristiques de la foulée tels que : l'attaque du talon, les milieux et les fins d'appui, pour les pas droit et gauche. L'enregistrement des accélérations en région lombaire médiane a apporté ainsi des informations utiles à l'entraîneur sur l'analyse biomécanique de la foulée de l'athlète lors de la course.

Par la suite, Tsigoulis et coll. ont étudié en 2009 (32) la démarche de cent trente-trois footballeurs à l'aide du système GEDEM® (« Gait Evaluation Differential Entropy Method »), un accéléromètre tridimensionnel fixé au sacrum. Les caractéristiques de la locomotion de ces cent trente-trois athlètes au cours d'un exercice de trente secondes, mesurées par accélérométrie, n'ont pas été corrélées avec l'âge, le poids, l'indice de masse corporelle, le nombre d'années d'entraînement pour les trois axes de mesure. En revanche, les données issues de l'axe cranio-caudal étaient positivement corrélées avec le nombre d'heures d'entraînement par semaine. A l'inverse, les données issues de l'axe antéro-postérieur ont montré une corrélation négative avec le poids. Tsigoulis et coll. ont ainsi montré que ce système permettait

d'évaluer avec précision les conditions musculo-squelettiques des athlètes sur le terrain.

2.1.4. Outil de prévention

La création d'accéléromètres pouvant être portés quotidiennement pourrait constituer un dispositif d'alerte. Il est, par exemple, possible de détecter la chute, notamment de personnes âgées (33) ou en situation de handicap, ou encore des crises d'épilepsie (34) et, ainsi, d'alerter automatiquement les secours.

2.2. Applications chez le cheval

Le cheval est la première espèce animale pour laquelle des chercheurs se sont intéressés à l'utilisation d'accéléromètre en médecine vétérinaire, pour étudier la locomotion et ses troubles. En effet, le cheval étant bien souvent un animal de sport, la qualité de sa locomotion est indispensable à ses performances. L'existence d'un outil pour mieux comprendre et détecter précocement la moindre altération de sa démarche représente un enjeu particulièrement important, de même que la capacité de pouvoir réaliser un suivi au cours des entraînements.

2.2.1. Outil d'étude de la démarche

Dans les années 1990, Barrey et coll. (35, 36) se sont intéressés à l'adaptation du système LOCOMETRIX® (Centaure Metrix, Paris, France) pour développer un outil permettant une analyse objective de la locomotion du cheval. C'est alors qu'est né le système EQUIMETRIX® (Centaure Metrix, Paris, France), qui utilise un accéléromètre tridimensionnel placé au niveau du processus xiphoïde et maintenu à l'aide d'une sangle élastique.

A l'aide de ce dispositif, l'analyse des allures du cheval a été réalisée. Une foulée de pas est décrite comme la succession de poser des membres dans l'ordre : antérieur droit, postérieur gauche, antérieur gauche, postérieur droit ou bien, antérieur gauche, postérieur droit, antérieur droit, postérieur gauche. Cette foulée produit un motif unitaire caractéristique lors de l'enregistrement de l'accélération selon l'axe longitudinal (Figure 4).

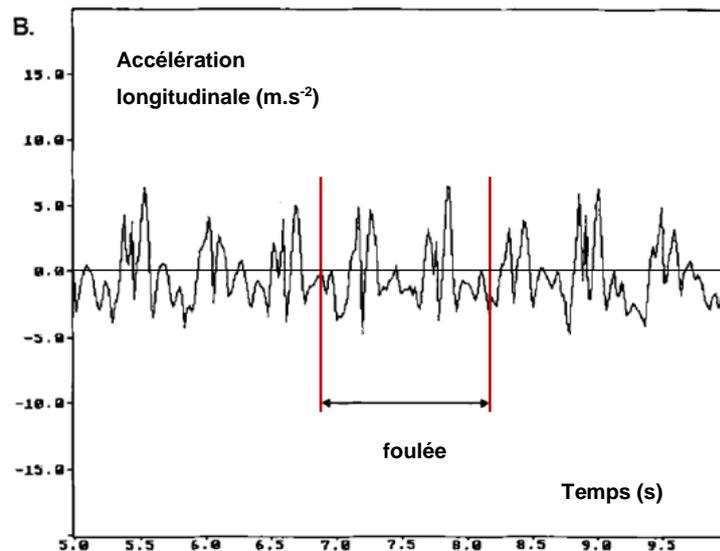


Figure 4 – Mesure de l'accélérométrie d'un cheval au pas (axe longitudinal).

La foulée débute et s'achève par le poser d'un membre antérieur.

La foulée de trot se caractérise par deux pics d'accélération sur l'axe longitudinal, générés par la poussée simultanée d'un bipède diagonal. Le signal longitudinal est cependant "parasité" par un bruit de fond, contrairement à celui obtenu selon l'axe dorso-ventral, rendant l'interprétation de ce dernier plus aisée (Figure 5).

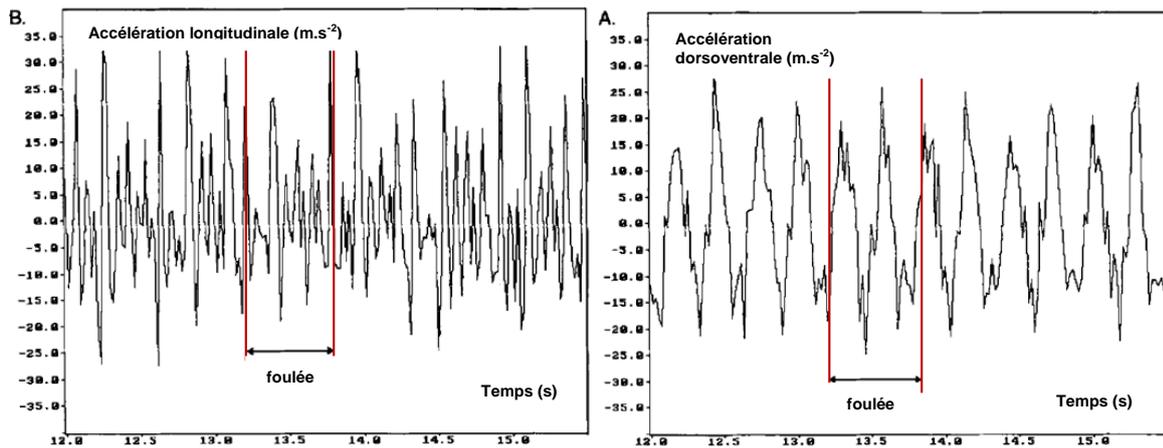


Figure 5 - Mesure de l'accélérométrie d'un cheval au trot (axe longitudinal et dorsoventral)

La foulée débute et s'achève par le poser d'un bipède diagonal. (35)

Ainsi, à partir de ces mesures, un logiciel spécifique au cheval a été développé pour le système EQUIMETRIX® (Centaure Metrix, Paris, France). Ce système permet de fournir des informations sur la qualité de la démarche, en se basant sur l'interprétation de l'accélération linéaire du cheval lors de son déplacement aux différentes allures (36), avec notamment :

- la cadence de la foulée (Hertz),
- la longueur de la foulée (mètre),
- la symétrie des demi-foulées droite et gauche (Indice de symétrie globale, %),
- la régularité des foulées,
- la puissance totale développée (W/kg),
- la puissance relative sur chaque axe : dorso-ventral, longitudinal et latéral (%),
- le coût énergétique de l'effort (kcal/kg).

Ce système peut être utilisé pour objectiver les performances sportives des chevaux et a démontré sa capacité à fournir des informations utiles dans différentes disciplines :

- en saut d'obstacles, ce système permet d'évaluer la régularité des abords, la force des appels (première phase du saut), la poussée des postérieurs selon le profil de l'obstacle, l'équilibre ainsi que la qualité du galop (37),

- en dressage il évalue la régularité et la symétrie des mouvements, la cadence et l'amplitude lors des variations d'allures, ainsi que la puissance de la poussée des postérieurs (38),
- pour les courses de trot et de galop, le système mesure la régularité des foulées, la cadence maximale, l'amplitude de la foulée, l'existence d'une dissociation du diagonal et l'effort de propulsion (39).

Avec l'accélérométrie, il est donc possible de suivre dans le temps les performances des chevaux de sports voire de les sélectionner pour la compétition en fonction de leurs aptitudes aux différentes disciplines, et en tant que reproducteur (40).

Cet outil se démocratise progressivement dans le monde équestre, avec la commercialisation de dispositifs simples d'usage et facilement accessibles pour le grand public (Tableau 1, Figure 6 Figure 7).

Tableau 1 - Liste des outils mesurant l'accélérométrie accessibles au grand public, destiné au cheval

Produit	Fabriquant	Fonctionnalité
EQUISENSE	Equisense, Lille, France	Accéléromètre, gyroscope, GPS, cardiofréquencemètre
EQUESTIC	Smart Horse Technologies BV, Sint Anthonis, Pays-Bas	Accéléromètre, gyroscope, GPS
EQUIMETRIX	Centaure Metrix, Paris, France	Accéléromètre
CEEFIT	Seaver, Paris, France	Accéléromètre, gyroscope, GPS, électrocardiogramme
PHYSICS TOOLBOX SENSOR	Vieyra Software, Washington D.C., Etats-Unis	Application permettant d'utiliser l'accéléromètre du smartphone
LAMENESS LOCATOR	Equinosis, Columbia, États-Unis	Accéléromètre, gyroscope



Figure 6 (gauche) – Photographie du capteur EQUISENSE® (41)

Figure 7 (droite) - Utilisation d'un smartphone avec l'application PHYSICS TOOLBOX SENSOR®

A titre d'exemple, en 2019, Hévin-Zaccaron (42) a utilisé l'application PHYSICS TOOLBOX SENSOR® (Vieyra Software, Washington D.C., Etats-Unis) pour étudier les effets de l'adaptation de la selle sur la locomotion du cheval. Cette étude expérimentale, réalisée sur quatorze chevaux porteurs d'une selle légèrement à sévèrement inadaptée, a révélé une amélioration significative de certains paramètres qualificatifs de leur locomotion plus de deux mois après l'ajustement de leur matériel par un ergonome équestre qualifié. L'amplitude des foulées, la cadence, la symétrie, l'impulsion et le rebond ont été considérés dans cette étude comme des marqueurs efficaces de la qualité de la locomotion. L'impulsion, la cadence des foulées et leur symétrie ont été significativement améliorées mais l'amplitude des foulées et le rebond se sont temporairement détériorés après l'ajustement de la selle au couple cheval-cavalier, avant de se restabiliser autour des valeurs initiales quelques jours après le changement.

2.2.2. Outil de diagnostic des boiteries

Les systèmes EQUIMETRIX® (Centaure Metrix, Paris, France) et EQUISENSE® (Equisense, Lille, France), présentés précédemment, permettent de détecter les irrégularités des allures, notamment de leur symétrie. Il est théoriquement possible d'identifier le membre concerné en analysant le signal d'accélérométrie latéro-médial.

En effet, le cheval effectue un report de poids du côté sain, entraînant une diminution de l'accélération latéro-médiale au cours de la phase de soutien du membre concerné par la boiterie. Cependant, dans une étude menée par Barrey et coll. (1996), cette technique n'a permis d'identifier le membre boiteux que dans 13 cas sur 27, soit dans moins de 50% des cas (43).

Le système LAMENESS LOCATOR® (Equinosis, Columbia, États-Unis) a été développé afin de détecter et de caractériser de façon objective les boiteries chez le cheval. Il se base sur l'analyse de trois capteurs :

- un capteur de tête, constitué d'un accéléromètre monoaxial placé entre les oreilles qui mesure les variations de l'accélération dorso-ventrale de la tête,
- un capteur placé au niveau du sacrum, constitué d'un accéléromètre monoaxial placé sur la ligne dorsale au niveau du pelvis et mesurant les variations de l'accélération dorso-ventrale des mouvements du bassin,
- un capteur de l'antérieur, constitué d'un gyroscope situé sur l'antérieur droit au niveau du paturon permettant de synchroniser les accélérations dorso-ventrales de la tête et du sacrum avec la foulée.

LAMENESS LOCATOR® a démontré son efficacité dans de nombreuses études pour évaluer l'existence ou non d'une boiterie et pour localiser le ou les membre(s) concerné(s) (44–48). Son usage représente un intérêt certain pour poser un diagnostic et pour réaliser un suivi, en s'appuyant sur des données objectives et quantifiables.

2.2.3. Outil d'étude de l'activité physique

Il est également possible d'évaluer l'activité physique ainsi que le coût énergétique d'un effort à l'aide d'un accéléromètre tridimensionnel fixé au niveau du sternum. En effet, une étude de 1990 menée par Barrey et coll. (49) a révélé que la fréquence de la foulée est le facteur qui explique le mieux la dépense énergétique, évaluée indirectement par la fréquence cardiaque et la lactatémie. Ils avaient conclu que l'utilisation de la fréquence de la foulée est un bon indicateur de la charge de travail et de la dépense énergétique. C'est à partir de ce constat que certaines applications, telles que l'application EQUISENSE® (Equisense, Lille, France), estiment la dépense

énergétique au cours d'un effort, à partir de la fréquence de la foulée, mesurée par le capteur accéléromètre.

2.3. Applications chez le chien

L'utilisation de l'accélérométrie chez le chien est beaucoup plus récente et remonte à moins de quinze ans. En effet, c'est en 2007 que Hansen et coll. (50) ont pour la première fois comparé les données enregistrées à partir de colliers accéléromètres à des enregistrements par vidéographie, cette dernière méthode restant jusqu'il y a très récemment le « gold standard » pour appréhender l'étude de l'activité et de la locomotion du chien.

Les principales applications développées à ce jour, chez le chien et destinées à évaluer la locomotion et l'activité physique, sont présentées ci-dessous.

2.3.1. Etude de la locomotion

De même que chez l'Homme ou chez le cheval, un certain nombre d'études se sont intéressées à l'utilisation de l'accélérométrie pour appréhender les troubles locomoteurs, chez le chien. Il s'agit d'un défi majeur en médecine canine que d'objectiver une boiterie chez un chien, de la caractériser, de déterminer son origine, et d'évaluer sa réponse à un traitement médical et/ou chirurgical.

En 2009 et en 2012, Barthélémy et Thibaud (51, 52) ont étudié la démarche de chiens atteints de myopathie d'origine génétique, la « Golden Retriever Muscular Dystrophy » (GRMD) à partir de données d'accélérométrie. Leur objectif était de montrer l'intérêt de l'utilisation d'un tel dispositif pour évaluer la démarche chez le chien. Pour se faire, ils ont collecté des données sur huit chiens sains équipés de capteurs accéléromètres au niveau du sternum et soumis à différentes vitesses sur tapis. A partir de ces données, les auteurs ont été capables de mesurer la fréquence et l'amplitude des foulées, en obtenant des résultats parfaitement similaires à des études précédemment menées et basées sur une approche cinématique. Cela suggère que l'accélérométrie

est une méthode prometteuse pour l'évaluation de la démarche chez le chien. Le second objectif de ces études était de caractériser les différences d'allures entre un chien sain et un chien GRMD. Les profils d'accélérométrie des onze chiens GRMD ont montré une diminution de la vitesse de déplacement et de l'amplitude d'accélération, des foulées plus courtes et une diminution de la fréquence des pas par rapport aux chiens témoins. Il existe aussi une redistribution des forces selon les trois axes de mesures chez les chiens GRMD, par rapport aux chiens sains (Figure 8).

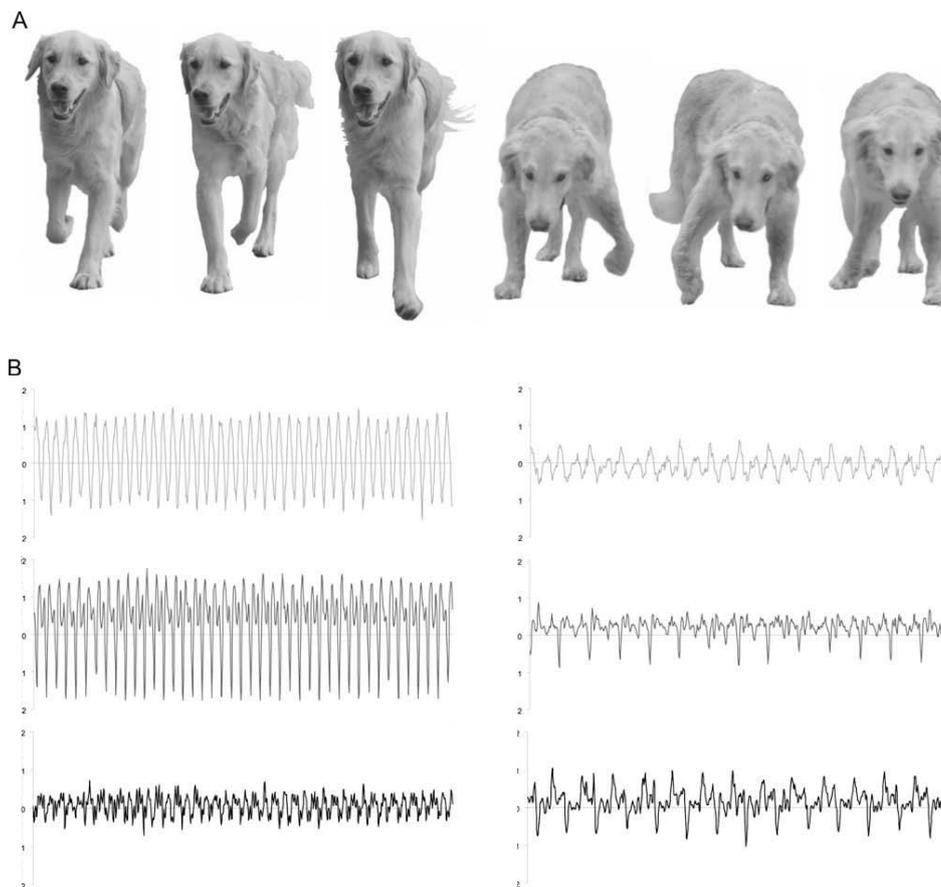


Figure 8 - Pertinence des différentes variables pour la caractérisation de la locomotion du chien GRMD. Illustration de la perte globale de puissance, et de sa redistribution vers l'axe medio-latéral chez le chien GRMD (51)

A : Photos de face d'un chien sain (trois premières photos en partant de la gauche), en comparaison d'un chien GRMD (trois photos suivantes) en cours de locomotion, illustrant le balancement de droite à gauche présent chez le chien GRMD.

B : Tracés d'accélération dans les axes dorso-ventral (en haut), cranio-caudal (au milieu) et medio-latéral (en bas). Les trois tracés de gauche ont été enregistrés sur un chien sain, et ceux de droite sur un chien GRMD. Noter l'amplitude globalement plus faible des accélérations chez le chien GRMD, et la forte amplitude du tracé medio-latéral en comparaison des tracés obtenus dans les deux autres axes, et de celui obtenu dans ce même axe chez le chien sain.

Enfin, au-delà du fait de montrer que les allures des chiens GRMD étaient altérées et que cette altération était objectivable à l'aide d'un dispositif d'accélérométrie, les résultats suggèrent qu'à partir du profil observé, il a été possible de prédire la sévérité de l'atteinte clinique, avec une bonne sensibilité. (51, 52)

Sur le même principe, Kuraoka et coll. ont réalisé une étude en 2018 (53) sur des chiens atteints de la myopathie de Duchenne, en décrivant l'évolution des altérations précédemment décrites de la démarche par accélérométrie au cours des mois. Pour cela, ils ont réalisé un suivi régulier de chiens atteints de la maladie à partir de l'âge de deux mois, sur plusieurs mois. Cette étude a permis de montrer que l'aggravation de l'expression clinique est bien représentée par les données d'accélérométrie (Figure 9).

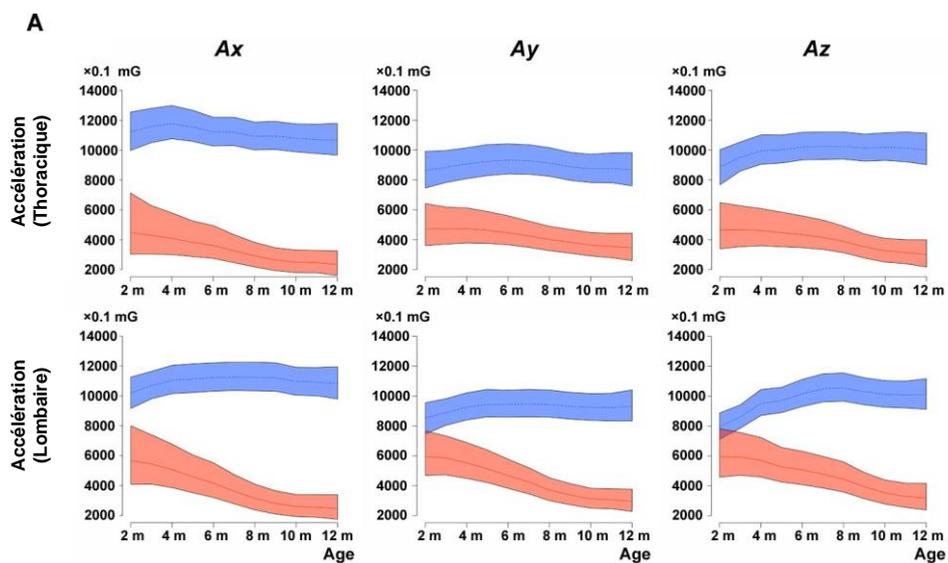


Figure 9 - Paramètres d'accélération de chiens sains (bleu) et de chiens GRMD (orange) en fonction de l'âge.

Représentation des accélérations en valeur absolue sur les trois axes de mesures. On observe une diminution progressive des valeurs obtenues chez les chiens atteints de myopathie de Duchenne, lié à l'aggravation clinique de la maladie observée. (53)

En 2012, Pillard (54, 55) s'est intéressé à la création d'un système d'analyse de la marche par accélérométrie tridimensionnelle, chez le chien, dans le but de décrire objectivement sa démarche. Les chiens ont été équipés à l'aide d'un seul accéléromètre 3D situé au niveau du sternum. Les données obtenues ont été analysées par un programme informatique conçu pour cette étude, permettant le calcul

de paramètres spatio-temporels et cinétiques caractérisant la locomotion. Une analyse de la démarche de seize chiens sains, puis de celle de quatre chiens atteints de troubles locomoteurs objectivés cliniquement, a souligné la capacité du capteur à évaluer de façon sensible et spécifique la qualité de la démarche au cours de foulées successives. Parmi les quatorze paramètres spatio-temporels et cinétiques étudiés dans cette étude, certains ont été identifiés comme des paramètres sensibles et spécifiques pour détecter et quantifier une boiterie, et permettent de déterminer le membre boiteux via l'analyse de l'accélération médio-latérale. D'autres semblent intéressants pour déterminer l'aptitude physique des chiens.

Ce dispositif d'accélérométrie semble donc permettre une analyse objective et quantitative de la démarche canine, via l'obtention de paramètres spatio-temporels et cinétiques caractérisant la locomotion.

En 2019, Hayati et coll. (56) ont étudié les données obtenues sur des chiens de race Greyhound équipés d'accéléromètres lors de courses. Le premier objectif de cette étude était d'analyser le signal et déterminer quel pic sur la courbe correspondait à quel posé de membre, à l'aide d'un système de vidéo disposé le long du parcours et permettant de comparer les courbes d'accélération à l'observation directe des chiens en mouvement. Le second et principal objectif de cette étude était de réaliser une analyse du signal pour repérer les défauts de la piste afin d'éviter l'apparition de boiterie et d'améliorer le bien-être des chiens lors des courses ; l'hypothèse étant qu'une anomalie au niveau de la piste se traduirait par une modification significative et ponctuelle de l'accélération au moment où les chiens passent à cet endroit. Les résultats obtenus sur différents cynodromes ont été très encourageants, car des anomalies de la piste ont pu être détectées, grâce à une modification des profils des allures sur la quasi-totalité des chiens, au moment où ils passaient à l'endroit en question.

Ces différentes études montrent ainsi des résultats plutôt encourageants quant à l'utilisation de l'accélérométrie pour évaluer la démarche chez le chien et, ainsi, caractériser des boiteries à l'aide de paramètres objectifs et répétables. Malgré tout, cette démarche reste nouvelle et de nombreux travaux de recherches sont encore nécessaires avant de disposer d'un outil simple, prêt à l'emploi et permettant de fournir des résultats facilement et directement accessibles à un clinicien.

2.3.2. Etude de l'activité physique

Afin de transposer les observations sur l'activité physique de l'Homme à l'espèce canine, les recherches pour le développement d'outils d'évaluation de l'activité spontanée chez le chien sont en plein essor depuis ces quinze dernières années.

2.3.2.1. *Evaluation des protocoles de mesure de l'activité spontanée*

En 2007, Hansen et coll. (50) ont étudié pour la première fois la corrélation entre les données d'accélérométrie et les données vidéographiques, qui étaient jusqu'alors la méthode demeurant le « gold standard » pour évaluer l'activité des chiens, parfaitement adaptée pour les chiens de laboratoire, mais difficilement transposable au chien de compagnie. Pour cela, quatre chiens en bonne santé ont été équipés de capteurs positionnés simultanément à huit localisations différentes (Figure 10).



Figure 10 - Photographie d'un chien avec les huit différentes positions des capteurs d'accélérométrie (a=aspect dorsal du collier, b=aspect ventral du collier, c=aspect latéral du thorax, d=axillaire, e=aspect latéral de l'humérus, f=avant-bras, g=sternum, h=abdomen ventral) (50)

Des données ont été collectées durant sept heures consécutives, quatre jours de suite et comparée aux données vidéographiques. Les résultats (Figure 11) ont montré l'existence d'une forte corrélation entre les deux méthodes d'analyse pour évaluer les mouvements volontaires des chiens, quelles que soient les positions des capteurs.

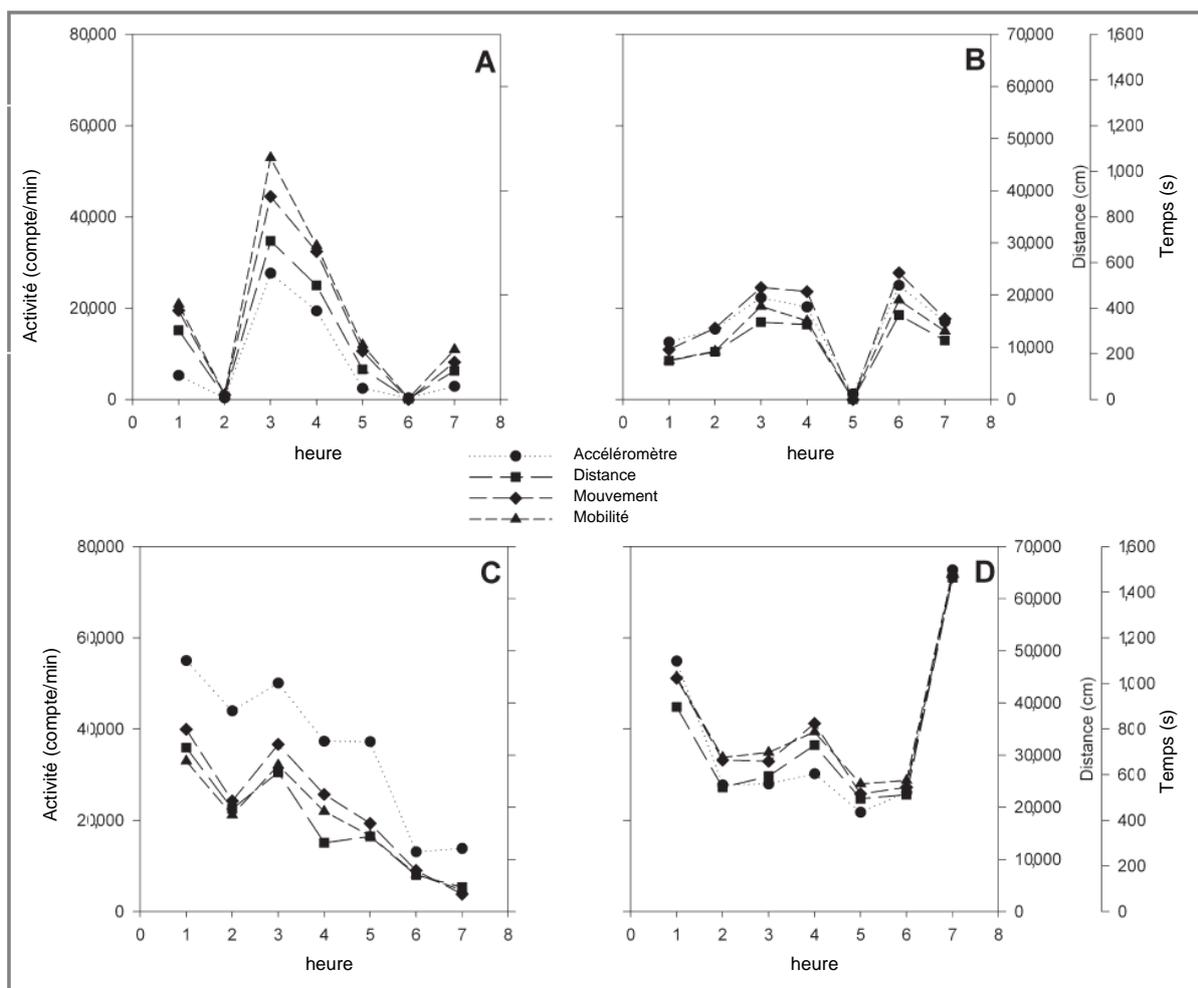


Figure 11 - Représentation graphique des données obtenues sur 4 chiens (A-D) portant les huit capteurs accéléromètres durant 7 heures (50)

(Accéléromètre = compte d'activité par minute. Distance = Distance parcourue. Mouvement = temps passé en mouvement. Mobilité = temps passé à plus de 12% de mobilité.)

En 2011, une étude portant sur l'utilité, la validité et le caractère pratique de l'utilisation du capteur ACTIGRAPH® (Actigraph, Pensacola, Etats-Unis), dont l'utilisation est largement validée chez l'Homme (cf. paragraphe 2.1) a été publiée, chez le chien. Dans la première partie de cette étude, trente chiens en bonne santé ont été placés dans un chenil dans lequel un enregistrement vidéo a été réalisé, en plus de l'acquisition en continu des données fournies par l'ACTIGRAPH®. L'étude a mis en évidence une très bonne corrélation entre l'observation directe et les données d'accélérométrie pour caractériser trois types d'activité (le repos, une activité légère à modérée et une activité intense). La deuxième partie de cette étude consistait en la collecte de données d'accélérométrie de vingt chiens de propriétaires, à leur domicile, pendant une semaine. A l'issue de cette semaine de mesure, les propriétaires ont été

questionnés sur la difficulté à mener cette étude et la résistance physique du collier a été évaluée. Enfin, la fiabilité des mesures a été objectivée par application de la formule de Spearman-Brown qui évalue la fidélité d'un test (57). Les résultats indiquent que le capteur ACTIGRAPH® est suffisamment solide, compact et léger pour être utilisé sur le chien (58).

De nombreuses autres études ont ensuite tenté de valider de nouveaux capteurs, apparaissant au fur et à mesure sur le marché, en étudiant la corrélation entre les données qu'ils fournissent et celles obtenues à partir de capteurs déjà validés. Ainsi les capteurs ACTIGRAPH®, ACTICAL®, WHISTLE® (utilisant une application smartphone), HEYREX® et PETPACE® ont été validés (50, 59–61). Ces capteurs sont fournis avec des logiciels spécifiques développés par leurs concepteurs qui permettent d'interpréter les données, sauf le capteur VETSENS®, qui fournit des données brutes, exploitables à l'aide d'un logiciel non spécifique et disponible en open source (62).

La liste des capteurs qui ont été validés à l'occasion de travaux publiés est détaillée dans le Tableau 2.

Tableau 2 - Liste des capteurs dont l'utilisation a été validée chez le chien pour étudier l'activité spontanée

Capteur	Titulaire	Référence de l'étude ayant permis la validation du capteur
ACTICAL	Philips respirionics, Amsterdam, Pays-Bas	Michel et Brown, 2011
ACTIGRAPH	Actigraph corp, Pensacola, Etats-Unis	Yam et coll., 2011
HEYREX	Heyrex Ltd, San Fransisco, Etats-Unis	Mejia et coll., 2019
PETDIALOG+	Zoetis, Parsippany-Troy Hills, Etats-Unis	den Uijl et coll., 2017
PETPACE	Petpace, Burlington, Etats-Unis	Belda et coll., 2018
VETSENS	Castcom Ltd, New Castle, Royaume Uni	Westgarth et Ladha, 2017
WHISTLE	Whistle Ltd, San Fransisco, Etats-Unis	Yashari, 2015

Par ailleurs, certains auteurs se sont intéressés à la capacité de ces colliers accéléromètres à détecter différents types d'activité telles que le sommeil, le repos, une activité légère à modérée, une activité intense, dans le but d'évaluer l'activité spontanée (63).

En 2011, Michel et Brown (64) ont démontré que le collier ACTICAL® (Philips respironics, Amsterdam, Pays-Bas) avait la capacité de distinguer l'immobilité du pas et du trot, chez des chiens soumis à des niveaux d'activité standardisés sur tapis roulant. La spécificité et la sensibilité pour distinguer la marche au pas du repos a été de 100% et de 92% pour différencier la marche du trot, respectivement. Les auteurs ont précisé cependant dans la discussion que leurs résultats n'étaient valables que pour des activités standardisées mais que des études supplémentaires seraient nécessaires avant d'extrapoler ces résultats à des chiens en liberté totale (Figure 12).

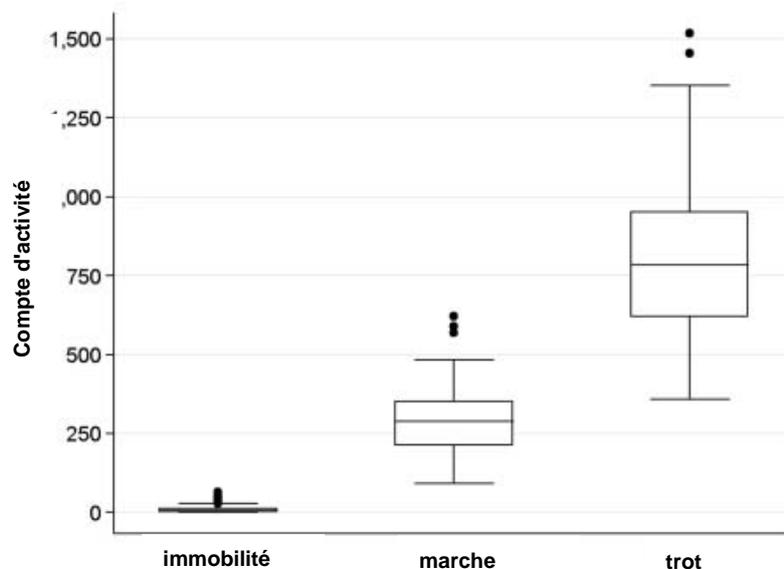


Figure 12 - Compte d'activité mesuré par accélérométrie sur 104 chiens soumis à trois activités standardisées (64).

Chaque boîte représente la moyenne (ligne du milieu), les quartiles inférieurs et supérieurs (limites de la boîte) ainsi que les valeurs minimales et maximales enregistrées (barres inférieures et supérieures).

L'étude de Yam et coll. (58), présentée précédemment, avait montré que les données accélérométriques permettaient de distinguer trois niveaux d'activité : le repos, une activité légère à modérée et une activité intense.

Une étude réalisée sur vingt-quatre chiens par Gerencsér et coll. en 2013 (65), avait pour but, à l'aide d'un accéléromètre triaxial conçu pour l'étude, de différencier sept activités différentes (couché, assis, debout, pas, trot, petit galop, galop), avec des résultats encourageants.

Une étude similaire a été menée en 2017 par den Uijl et coll. (66), qui ont étudié, sur cinquante-et-un chiens en bonne santé, la capacité de l'accéléromètre PETDIALOG+® (Zoetis, Parsippany-Troy Hills, Etats-Unis) à distinguer huit comportements différents : marcher, trotter, galoper, dormir, rester immobile, manger, boire et secouer la tête. Pour cela, les données d'accélérométrie ont été confrontées à une observation directe par vidéo pour définir les valeurs prédictives positives (VPP) et négatives (VPN) pour la détermination du comportement exprimé par le chien, d'après les données de l'accéléromètre. Ainsi, la VPP calculée pour l'ensemble des comportements a été de 95%, à l'exception des comportements « dormir » et « rester immobile » pour lesquels la VPP était de 90%. En ce qui concerne la VPN, elle est comprise entre 96 et 100% pour tous les comportements sauf pour « rester immobile » pour lequel la VPN est de 86%. Ces résultats sont particulièrement encourageant quant à l'utilisation de colliers accéléromètres pour établir le temps passé à différentes activités et ainsi mesurer l'activité spontanée d'un chien en liberté, au cours du temps.

Il reste cependant l'impossibilité de distinguer un chien qui dort véritablement d'un chien en position allongé, statique mais éveillé. L'objet de l'étude de Ladha et Hoffman, menée en 2018 (67), a été de créer un algorithme permettant de définir la position de la tête qui, associé à un autre algorithme dont l'efficacité a été prouvée chez l'Homme pour détecter l'immobilité, permettrait de différencier le sommeil vrai, des phases où le chien est éveillé et couché avec une précision de 86%.

Enfin, un certain nombre de travaux a été mené pour étudier l'influence de la manière de fixer le collier et des différentes positions de ce dernier sur les données recueillies. Il en résulte, qu'à moyen d'attache identique, la position du capteur importe peu pour évaluer l'activité physique d'un chien (50, 63, 68). En revanche, le mode d'attache, la présence ou non d'une laisse et l'ajout ou non d'une protection sur le capteur ont une influence sur les résultats obtenus. Il est donc nécessaire de positionner les capteurs sur des colliers sans laisse ni coque de protection surajoutée (68).

L'ensemble des données présentées dans cette partie permet de valider l'utilisation de colliers accéléromètres pour évaluer son activité spontanée chez le chien, avec la possibilité de mesurer un compte d'activité, c'est-à-dire le temps passé sur des activités définies, en fonction du paramétrage du logiciel d'exploitation des données brutes d'accélérométrie. Elles permettent également de fixer les conditions nécessaires d'un point de vue pratique pour obtenir des données fiables (lieu et méthode de fixation du collier, etc.).

2.3.2.2. Facteurs de variation de l'activité spontanée

Le principal facteur de variation « iatrogène » de l'activité mesurée chez des chiens de compagnie (par opposition à des chiens de laboratoire soumis à des conditions de vie parfaitement contrôlables) est le propriétaire. C'est le constat réalisé par Dow et coll. en 2009 (69) lors d'une étude visant à déterminer les conditions nécessaires pour observer la plus faible variabilité entre les mesures d'activité, d'une semaine à l'autre, chez le chien. Cette étude a été menée sur quatre-vingts chiens de compagnie en bonne santé, équipés pour l'occasion du collier accéléromètre ACTICAL® (Philips respironics, Amsterdam, Pays-Bas) pendant deux semaines au cours desquelles la routine de vie du propriétaire et de l'animal était constante. Les auteurs ont observé une grosse variabilité de l'activité au cours des week-ends (21%) et plus modérée pendant les jours de semaines (12%), la variabilité minimale étant obtenue en comparant les données enregistrées sur une semaine entière (10%). Cela les a amenés à suggérer que, du fait de la forte influence du facteur humain sur l'activité d'un même chien, l'accélérométrie reste intéressante pour évaluer la variabilité de l'activité d'un individu, au cours du temps et non pas pour considérer des valeurs isolées à un instant donné.

Pour autant, de nombreuses études se sont intéressées aux facteurs de variations physiologiques intra spécifiques de l'activité spontanée. A cet égard, Brown et coll. (70) se sont intéressés en 2010 aux effets de la conformation corporelle (diamètre thoracique et pelvien, longueur du tronc) et du poids vif sur l'activité de cent quatre chiens, de tout format (au moins vingt chiens par intervalle de 10 kg, compris entre 2

et 60 kg), soumis à des activités standardisées (telles que définies précédemment (64)). La conformation n'a pas eu d'effet sur les données collectées lors des activités standardisées mais le poids vif a été positivement corrélé au score d'activité, avec une augmentation de poids d'un kilogramme associé à une augmentation de 1,6% de l'activité.

En 2014, Michel et Brown (71) ont réalisé une étude sur cent chiens, âgés de 1 à 14 ans (âge moyen de 3 ans). Leur activité spontanée a été mesurée et classée en trois niveaux : repos, activité légère à modérée et activité intense. Ils ont mis en évidence une corrélation positive entre l'âge des chiens et le temps passé au repos, et négative entre l'âge et le temps passé à un niveau d'activité élevée. Ainsi, d'après cette étude, un chien âgé passe spontanément plus de temps à se reposer et moins de temps sur une activité intense qu'un chien adulte plus jeune. Aucun effet de la taille, du format et de la race n'a été observé dans cette étude. Ces résultats ont été confortés par ceux d'une étude menée la même année par Morrison et coll. en 2014 (72), au cours de laquelle l'activité spontanée de cinquante-quatre chiens labradors et cockers anglais en bonne santé (30% âgés de moins de 2 ans, 37% âgés entre 3 et 8 ans et 33% âgés de plus de 9 ans) a été mesurée durant une semaine. L'étude a révélé l'existence d'une influence de l'âge sur les profils d'activité rencontrés, avec une augmentation de l'âge d'un an qui est associée à une diminution de 8% de l'activité totale, de 5% de l'activité légère à modérée, de 26% de l'activité intense et une augmentation de 2% du temps de repos. L'activité totale des cockers anglais a été supérieure à celle des labradors, suggérant une influence de la race (et/ou du format) sur l'activité spontanée.

Une étude menée en 2013 par Morrison (73) a mesuré l'influence du score corporel sur l'activité spontanée. Pour cela, l'activité spontanée, répartie selon les trois niveaux usuels, a été enregistrée sur trente-cinq chiens en bonne santé (dix-huit avec un poids jugé idéal, neuf en surpoids et huit obèses), durant une semaine. Une corrélation négative entre l'obésité et le temps passé sur une activité de forte intensité a été montrée.

Enfin, Zanghi et coll. ont réalisé en 2016 une étude (74) sur le lien entre le vieillissement cognitif et la température corporelle, le comportement circadien et le

sommeil, en utilisant, entre autres techniques, des accéléromètres triaxiaux. Les chiens étudiés étaient considérés comme âgés et logés en chenil expérimental, par groupe de deux à quatre animaux, pendant cinq jours consécutifs pour la réalisation des mesures. Les données d'accélérométrie ont été comparées entre différents groupes, constitués de chiens en fonction de leur réussite à des tests cognitifs, mais n'a pas permis de démontrer de différence du rythme circadien entre les différents groupes ; il n'y aurait donc pas de lien entre le statut cognitif lié au vieillissement et l'activité spontanée, chez le chien.

Les différents travaux présentés dans cette partie suggèrent donc qu'il existe un effet de l'âge, du poids, du score corporel et, potentiellement de la race (ou du format) sur l'activité spontanée mesurée chez le chien, mais avec des différences notables de résultats selon les auteurs (Tableau 3). Cela indique que des travaux supplémentaires sont nécessaires pour comprendre ces facteurs de variations et, qu'en attendant, il est délicat de comparer les résultats de groupes inhomogènes. En revanche, et comme le soulignent Dow et coll. (69), il serait intéressant et possible avec cette technique de comparer les variations d'activité d'un même individu au cours du temps.

Tableau 3 - Récapitulatif des publications sur les facteurs de variations de l'activité spontanée, chez le chien, et de leurs résultats

Publication	Nombres de chiens	Paramètres ayant un effet démontré sur l'activité spontanée	Paramètres n'ayant pas d'effet démontré sur l'activité spontanée
Brown et coll., 2010	104	Poids vif	Conformation
Morrison et coll., 2013	35	Score corporel	Conformation, taille, race
Morrison et coll., 2014	54	Age, race	-
Michel et coll., 2014	100	Age	-
Zanghi et coll., 2016	33	Age	Statut cognitif

2.3.2.3. *Les applications pratiques de la mesure de l'activité spontanée*

Depuis dix ans, l'évaluation de l'activité spontanée chez le chien est un sujet d'étude en lui-même et peut avoir de nombreuses applications cliniques.

En 2011, Wriggleworth et coll. (75) ont cherché à évaluer si l'intégration du niveau d'activité d'un chien à l'équation de calcul du besoin énergétique (BE) présentait un intérêt, comme cela a été démontré chez l'homme avec un accéléromètre 3D. Pour cela, dix chiens labradors de laboratoire stables en poids ont été équipés d'un collier accéléromètre pendant dix semaines, permettant de mesurer leur activité totale sur 24h (calculée comme la somme des carrés des accélérations sur les trois axes : $x^2+y^2+z^2$). Une moyenne de l'activité quotidienne a ainsi été calculée sur dix semaines pour réduire la variabilité journalière. L'étude montre alors que le fait d'inclure l'activité journalière dans le modèle de prévision du BE (en adaptant le facteur X dans la formule : $BE = X \cdot PV^{0.75}$, en fonction du niveau d'activité) rend l'erreur entre la valeur calculée et la valeur mesurée à partir de l'analyse de leur ration plus faible mais encore imparfaite (129.8 kcal sans la prendre en compte contre 63.5 kcal, pour un BE moyen de 1267 kcal). Des études supplémentaires sont donc requises pour affiner le modèle mais la démarche est encourageante.

En 2014, Morrison et coll. (76) ont mené une étude pour évaluer si la perte de poids de chiens obèses se traduisait par une modification de leur activité spontanée. Pour cela, quatorze chiens ont été suivis au cours d'un programme de perte de poids de six mois, avec trois jours de mesure par mois à l'aide d'un collier accéléromètre. L'activité a été répartie selon les trois niveaux habituels (repos, activité légère à modérée et activité intense). Les résultats n'ont pas permis d'observer de différence entre les profils d'activité, malgré une perte moyenne de poids de 15%, sur les six mois de l'étude.

Une étude menée en 2016 (77) a mesuré l'activité spontanée de vingt chiens atteints de cancers avant et au cours de leur traitement par chimiothérapie, pour évaluer une potentielle influence, positive ou négative, de ce dernier. Aucune différence n'a été mise en évidence.

La démonstration de l'efficacité d'un traitement sur l'activité spontanée a également été réalisée par Muller et coll. en 2018 (78), dans une étude visant à évaluer l'effet d'un traitement à base d'anti-inflammatoires non stéroïdiens sur l'activité de cinquante-sept chiens arthrosiques. Plus la boiterie initiale était importante, plus l'activité a augmenté au cours du traitement chez les chiens traités. Il s'agit là d'une application particulièrement intéressante des colliers accéléromètres, puisque cela permet d'obtenir des données objectives sur la réponse à un traitement, notamment lors d'atteintes locomotrices.

De la même manière, l'étude réalisée par Kuraoka en 2018 et présentée précédemment semble indiquer que l'accélérométrie est un outil intéressant pour évaluer de manière objective la progression de la myopathie dégénérative du golden retriever (GRMD) (53, 79).

Enfin, un exemple d'application de l'accélérométrie chez le chien, réside en l'étude du sommeil. Si la polysomnographie reste considérée comme le « gold standard » dans la détermination de l'état veille/sommeil, la mesure des paramètres de sommeil avec des dispositifs accéléromètres a montré une bonne corrélation entre les deux méthodes (80–82). L'accélérométrie est d'ailleurs utilisée dans de nombreuses études pour étudier les rythmes veille/sommeil, chez l'Homme (81, 83, 84).

Chez le chien, l'utilisation simultanée de la polysomnographie et de l'accélérométrie a été réalisée par John et coll. en 2000. Cette comparaison a démontré que les données de sommeil générées par l'accéléromètre SNIF TAG® (SNIF lab, Etats-Unis) sont corrélées avec celles obtenues par polysomnographie chez des chiens narcoleptiques (85).

En 2013, Zanghi (86) a évalué l'utilisation d'accéléromètre pour étudier le sommeil de chiens, âgés de 1,5 à 14 ans, en fonction de leur l'âge et de la fréquence de distribution des repas. Cette étude a révélé que, indépendamment de l'âge, le fait de recevoir deux repas par jour modifiait le comportement de sommeil au cours de la journée, sans affecter sa durée totale. L'âge a aussi entraîné une diminution du temps d'éveil au cours de la phase lumineuse de la journée, avec une augmentation du temps des siestes, dont la fréquence n'a pas par ailleurs été modifiée.

Chez l'Homme, la douleur chronique est fréquemment associée à une perturbation du sommeil (87). Une étude menée en 2019 par Gruen et coll. (88) s'est intéressée à la qualité du sommeil et à l'activité spontanée de quinze chiens arthrosiques, à l'aide du collier accéléromètre ACTICAL® (Philips Respitrronics, Amsterdam, Pays-Bas). Les données d'accélérométrie entre un groupe de chiens malades, traités avec du méloxicam et un groupe recevant un placebo, a montré que les chiens recevant le méloxicam avaient un temps de repos nocturne et une activité spontanée au cours de la journée significativement augmentés, comparé au groupe placebo.

2.3.3. Autres exemples d'utilisation de colliers accéléromètres

Les colliers accéléromètres peuvent également avoir d'autres intérêts au service de la santé du chien.

L'étude de Wernimont et coll., menée en 2018 (89), avait pour objectif d'évaluer le prurit chez six chiens atteints de dermatite atopique, répondant à l'alimentation. A l'aide de colliers accéléromètres mis en place deux semaines, au cours desquelles les chiens ont été nourris avec une alimentation inadaptée, puis pendant huit jours durant lesquels ils ont reçu un régime d'éviction. Les données obtenues par accélérométrie ont été comparées aux observations des propriétaires et ont montré une très bonne corrélation avec ces dernières pour évaluer le niveau de prurit, chez ces chiens.

En 2020, Muñana (90) s'est intéressé à l'utilisation de collier accéléromètre comme outil de détection de la phase ictale des crises convulsives, chez le chien. Pour cela, vingt-deux chiens de propriétaires, suivis pour épilepsie ont porté un collier pendant six mois. Il est apparu que les données enregistrées permettaient de détecter les crises avec une sensibilité de 18%. Ces résultats, bien qu'insatisfaisants en l'état pour développer un outil fiable, restent tout de même encourageants.

L'utilisation de capteurs accéléromètres est donc intéressante à plusieurs titres, en médecine humaine et en médecine vétérinaire. Son intérêt a été démontré pour l'analyse de la démarche chez l'Homme, le cheval et le chien, et constitue un outil fiable pour la détection, la qualification objective et le suivi de certaines altérations de la locomotion.

Il s'agit aussi d'un outil permettant de mesurer l'activité physique, que ce soit en médecine du sport, ou chez le cheval, afin d'évaluer les performances sportives d'un individu, ou bien à des fins de suivi, chez l'Homme ou chez le chien, pour mesurer, par exemple, l'efficacité de la prise en charge de certaines maladies.

Enfin, cet outil offre un potentiel d'étude, récemment mis en évidence, de l'activité spontanée chez le chien de compagnie. En effet, comme nous avons pu le développer précédemment, les données sur le sujet font défaut, en raison du manque d'outil permettant de l'évaluer de manière aisée. Ainsi, de nombreux travaux ont permis de valider l'utilisation de colliers accéléromètres dans le but de quantifier et de décrire l'activité physique spontanée du chien de compagnie. A partir de cela, des études ont commencé à s'intéresser aux différentes applications cliniques qui en découlent et ont tenté d'étudier les différents facteurs de variation de cette activité.

Les connaissances sur le sujet restent très limitées et de nombreuses recherches sont encore nécessaires pour maîtriser pleinement cet outil et ses applications. L'étude expérimentale que nous proposons ci-après a pour but de participer à cette tâche, en tentant de mesurer et de décrire l'activité spontanée de chiens de compagnie, à leur domicile, à l'aide de colliers accéléromètres.

Partie 2
Etude expérimentale

Partie 2 - Etude expérimentale

1. Objectifs de l'étude

L'étude de l'activité spontanée du chien de compagnie est un sujet d'intérêt scientifique récent, pour lequel, nous disposons à ce jour de très peu de données. En effet, si l'activité spontanée du chien de laboratoire a été étudiée, par exemple pour mesurer les effets de certains xénobiotiques, ou évaluer le stress chez ces animaux, l'étude de l'activité du chien de compagnie est compliquée par l'influence majeure qu'a le propriétaire sur l'activité de son animal.

Dans ce contexte, une étude expérimentale a été menée afin de répondre à plusieurs objectifs.

Le premier objectif de notre étude a été d'évaluer la variation des mesures de l'activité physique de dix chiens de compagnie, mesurée par des colliers accéléromètres, au cours de deux périodes différentes, pendant lesquelles, les chiens ne subissaient a priori pas de modification de leur mode de vie. Cela avait pour but de décrire, le rythme de vie de ces chiens et les variations d'activité physique mesurées au cours du temps, et de les confronter aux occupations imposées par le propriétaire.

Dans un second temps, nous nous sommes intéressés aux mesures de l'activité physique, correspondant aux occupations vécues au quotidien, par les chiens de compagnie, comme l'attente du propriétaire seul au domicile ainsi que les promenades et les sorties hygiéniques. L'objectif était de vérifier si le capteur mesurait des « profils » d'activité différents selon les différentes occupations.

Enfin, nous souhaitons évaluer le caractère pratique de l'utilisation du collier accéléromètre INVOXIA LWT 200 GPS TRACKER® (Invoxia SAS, Issy-les-moulineaux, France), pour évaluer l'activité spontanée chez le chien, en conditions réelles.

2. Matériels et méthodes

2.1. Animaux

Les chiens recrutés dans cette étude sont des chiens de compagnie (*Canis lupus familiaris*) appartenant à des étudiants volontaires de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. Tous les animaux sélectionnés sont habitués à porter un collier au quotidien.

Aucun critère de race ni de sexe n'a été défini, mais il a été imposé que les chiens soient de format moyen à grand, afin de limiter un éventuel effet taille sur l'activité et la collecte de données, bien que celui-ci n'ait pas été démontré (70, 71, 76). Les femelles reproductrices ont été exclues. Les animaux sélectionnés présentaient un score corporel de 4 ou 5 sur 9, afin d'éviter l'influence du facteur poids (73).

L'intervalle d'âge pour intégrer l'étude a été fixé entre 2 et 8 ans, pour n'avoir que des chiens considérés comme adultes, limitant ainsi les variations liées au vieillissement (76, 86)

Les chiens sélectionnés étaient en bonne santé au moment du début de l'étude, sans anomalie à l'examen clinique général qui leur a été imposé au début et ne possédaient pas d'antécédent de troubles de la locomotion connu par les propriétaires. Il a été demandé à ces derniers de signaler toute baisse de l'état général au cours de l'étude, susceptible de biaiser la collecte de données, afin d'écarter l'animal en cours d'étude, le cas échéant.

Enfin, les animaux étaient à jour de leurs traitements contre les parasites externes tout au long de l'étude selon le protocole prescrit par leur vétérinaire traitant, pour éviter toute interférence liée à un prurit causé par des parasites.

L'ensemble de l'étude a été réalisé conformément à la réglementation concernant le bien-être animal et a été approuvé par le Comité d'éthique en expérimentation animale « Science et santé animales n°115 » de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse sous le numéro SSA_2020_020, le 12 février 2021.

Les propriétaires ont été informés des modalités du déroulement de l'étude et de ses objectifs au moyen d'une notice explicative qui leur a été remise (Annexe 1). Ils ont signé un consentement éclairé pour attester de leur accord, avant de participer avec leur animal (Annexe 2).

2.2. Accéléromètre

L'accéléromètre utilisé dans cette étude est le capteur INVOXIA LWT 200 GPS TRACKER (Invoxia SAS, Issy-les-moulineaux, France), modèle LWT2-IVX-001. Il s'agit d'un capteur muni d'un GPS et d'un accéléromètre piézoélectrique tridimensionnel.

Le capteur pèse 17 g avec son système d'attache et mesure 2.5 cm de largeur, 4.2 cm de longueur et 1.5 cm de hauteur. Il ne procure donc pas de gêne à l'animal.

La version utilisée du logiciel software du capteur au moment de l'étude est la version 4.49.2 (Invoxia SAS, Issy-les-moulineaux, France).



Figure 13 - Photographie du capteur INVOXIA LWT 200 GPS TRACKER (91)

Les données d'accélérométrie collectées par le capteur ont été enregistrées sur ce dernier, puis transmises par Bluetooth au serveur du fournisseur via une application smartphone : INVOXIA®. Elles ont été exploitées à partir d'un outil en ligne, développé par Invoxia, accessible depuis le lien : <https://petactivities.invoxia.ai:8051>.

A partir du logiciel développé par le fournisseur, les données d'accélérométrie permettent de différencier plusieurs activités : immobilité, marche, course, grattage, aboiements, manger et boire (Tableau 4). Le logiciel fournit alors le temps passé sur chacune des activités, par intervalle de 6 minutes (Figure 14).

Code	Activité reconnue par le capteur
0	Autre
1	Course
2	Immobilité
3	Mange ou boit
4	Marche
5	Aboiement
6	Grattage

Tableau 4 - Listes des activités reconnues par le capteur INVOXIA LWT 200 GPS TRACKER (Invoxia SAS, Issy-les-moulineaux, France)

Col	Col	Column2	Column3	Column4	Colu	Colu	Colu	Colu	Colu	Colu	Colu
a3cb6_4.49.1-6d80e6c	254	deb	fin	HEURE	0	1	2	3	4	5	6
a3cb6_4.49.1-6c	0	11/01/2021 00:06	11/01/2021 00:12	11/01/2021 00:09	0.0	0.0	7.0	11.0	4.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	2	11/01/2021 00:12	11/01/2021 00:18	11/01/2021 00:15	0.0	0.0	351.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	4	11/01/2021 00:18	11/01/2021 00:24	11/01/2021 00:21	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	6	11/01/2021 00:24	11/01/2021 00:30	11/01/2021 00:27	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	8	11/01/2021 00:30	11/01/2021 00:36	11/01/2021 00:33	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	10	11/01/2021 00:36	11/01/2021 00:42	11/01/2021 00:39	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	12	11/01/2021 00:42	11/01/2021 00:48	11/01/2021 00:45	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	14	11/01/2021 00:48	11/01/2021 00:54	11/01/2021 00:51	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	16	11/01/2021 00:54	11/01/2021 01:00	11/01/2021 00:57	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	18	11/01/2021 01:00	11/01/2021 01:06	11/01/2021 01:03	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	20	11/01/2021 01:06	11/01/2021 01:12	11/01/2021 01:09	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	22	11/01/2021 01:12	11/01/2021 01:18	11/01/2021 01:15	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	24	11/01/2021 01:18	11/01/2021 01:24	11/01/2021 01:21	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	26	11/01/2021 01:24	11/01/2021 01:30	11/01/2021 01:27	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	28	11/01/2021 01:30	11/01/2021 01:36	11/01/2021 01:33	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	30	11/01/2021 01:36	11/01/2021 01:42	11/01/2021 01:39	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	32	11/01/2021 01:42	11/01/2021 01:48	11/01/2021 01:45	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	34	11/01/2021 01:48	11/01/2021 01:54	11/01/2021 01:51	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	36	11/01/2021 01:54	11/01/2021 02:00	11/01/2021 01:57	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	38	11/01/2021 02:00	11/01/2021 02:06	11/01/2021 02:03	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	40	11/01/2021 02:06	11/01/2021 02:12	11/01/2021 02:09	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a3cb6_4.49.1-6c	42	11/01/2021 02:12	11/01/2021 02:18	11/01/2021 02:15	0.0	0.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Figure 14 - Capture d'écran montrant un exemple de données fournies par le capteur

Chaque ligne correspond à une séquence de 6 minutes (360 secondes) pour laquelle le capteur donne le nombre de secondes passées sur chaque activité définie précédemment :

0 - Autre, 1 - Course, 2 - Immobilité, 3 - Mange/boit, 4 - Marche, 5 - Aboiement, 6 - Grattage

Les capteurs ont été fixés ventralement aux colliers des chiens (50, 63), à l'aide du système d'attache fourni par le laboratoire (Figure 13).

Les propriétaires ont été informés de la nécessité d'utiliser un deuxième collier pour tenir le chien en laisse, le cas échéant, afin que la laisse n'interfère pas avec les mouvements du capteur (68).

2.3. Données collectées

2.3.1. Questionnaire d'entrée

Au moment de leur recrutement, les propriétaires ont été interrogés sur leur mode de vie et celui de leur animal (Annexe 3), avec :

- des informations concernant le propriétaire : état civil, adresse, jours travaillés dans la semaine et horaires approximatifs.
- des détails concernant le logement : appartement ou maison, étage (si oui escalier ou ascenseur), superficie, présence ou non d'un jardin.
- des détails concernant le chien : race, sexe, âge, année d'adoption et origine, antécédents médicaux connus, modalité de traitement contre les parasites externes.
- mode de vie : fréquence des absences, mode de contention en l'absence, fréquence et type des promenades, fréquence des repas, cohabitation avec d'autres animaux.

Il a été demandé aux propriétaires de conserver un rythme de vie « normal » tout au long de l'étude et, à défaut, de signaler tout changement pouvant survenir.

2.3.2. Données d'accélérométrie

Les données d'accélérométrie ont été enregistrées sur l'ensemble des chiens au cours de deux périodes successives de quatorze jours séparées d'un mois. Cette durée de quatorze jours a été choisie afin de limiter les variations journalières liées à l'emploi du temps du propriétaire (69).

Au cours de ces périodes, les chiens ont porté le capteur fixé à leur collier en continu, à l'exception d'une période de charge en milieu de la phase d'enregistrement (jour 7, pendant environ 1h30).

Les données collectées depuis les capteurs ont été transmises via l'application mobile INVOXIA® au terme de chaque période.

2.3.3. Données relatives au mode de vie du chien

Durant chacune des deux phases d'enregistrement, les propriétaires devaient remplir quotidiennement un « journal de bord », dans lequel ils indiquaient les plages horaires correspondant à leurs absences, celles des promenades et sorties avec le type de contention utilisé ou non, et un descriptif bref de la promenade, ainsi que tout élément particulier survenu au cours de la journée.

Un exemple de page de ces « journaux de bord » est fourni en Annexe 4.

A partir des informations fournies par les propriétaires dans leur « journal de bord », chaque ligne de données fournies par les capteurs a été associée à un type d'occupation par un code numérique, tel que défini dans le Tableau 5.

Il a également été demandé aux propriétaires d'estimer, entre les deux périodes d'enregistrement, le temps passé immobile par leur animal, lorsqu'il est en promenade et au domicile.

Tableau 5 - Liste des différentes occupations des chiens prises en compte dans l'étude

Code	Occupation associée
1	Domicile avec propriétaire : Le propriétaire est présent au domicile avec l'animal
2	Solitude : L'animal est laissé seul au domicile
3	Sortie hygiénique : L'animal est sorti sur une courte période en liberté, sans déplacement du propriétaire associé, afin de réaliser ses besoins hygiéniques
4	Promenade en laisse : L'animal est promené en laisse tout le long de la sortie
5	Promenade mixte : L'animal est promené en laisse, avec des phases de liberté sans contention
6	Promenade libre : L'animal est promené sans contention durant toute la durée de la sortie

2.4. Analyse des données

2.4.1. Etude de la fiabilité du capteur

Afin d'évaluer la fiabilité du capteur, un calcul du pourcentage du volume de données collectées par rapport au volume horaire total des phases d'enregistrement a été réalisé, et est appelé « indice de collecte », noté par la suite IC.

Pour cela, nous avons comptabilisé le nombre de lignes de données fournies, représentant le nombre de périodes de 6 minutes enregistrées, par capteur et par jour, afin de quantifier le volume horaire de données remontées.

L'indice de collecte est alors calculé pour chaque capteur et pour chaque phase d'enregistrement.

$$IC = \frac{\text{nombre de périodes de 6 minutes collectées}}{\text{nombre de périodes de 6 minutes max.}}$$

$$IC_{(\text{capteur}X, \text{phase } 1)} = \frac{\text{nombre de périodes de 6 minutes collectées}}{14 (\text{jours}) \times 24 (\text{heures}) \times 60 (\text{minutes}) \div 6}$$

$$IC_{(\text{capteur}X, \text{phase } 1)} = \frac{\text{nombre de périodes de 6 minutes collectées}}{480}$$

Une moyenne des indices de collectes a alors été calculée pour chaque capteur sur les deux phases d'enregistrement, puis une moyenne globale, de l'ensemble des capteurs.

$$IC_{(\text{capteur}X)} = \frac{IC_{(\text{capteur}X,\text{phase } 1)} + IC_{(\text{capteur}X,\text{phase } 2)} + IC_{(\text{capteur}X,\text{phase } 3)}}{3}$$

$$IC_{\text{global}} = \frac{\sum IC_{(\text{capteur } i)}}{10}$$

2.4.2. Etude qualitative du rythme de vie des animaux

Pour chaque chien de l'étude, nous avons comptabilisé le temps passé sur les différentes occupations telles que définies dans le Tableau 5, pour lequel le capteur a fourni des données d'accélérométrie.

A partir de cela, nous avons calculé la proportion temporelle que chaque occupation représente dans les données d'accélérométrie fournies par les capteurs, pour chacune des deux phases d'enregistrement.

Cela nous permet, d'une part, de décrire le rythme de vie des animaux au cours de l'étude, et d'objectiver, ou non, des modifications de ce dernier au cours des différentes phases d'enregistrement.

On a considéré qu'il y a eu modification du rythme de vie entre les deux périodes si les pourcentages de temps d'une occupation ont différé de plus de 5%.

2.4.3. Etude de l'activité physique des animaux au cours de l'étude

A partir des données d'accélérométrie, nous avons calculé le temps passé chaque jour par chaque chien, sur chacune des activités reconnues par les capteurs, telles que présentées dans le Tableau 4.

A partir de cela, nous avons pu déterminer pour chacun des dix chiens, le pourcentage temporel que chaque activité représente sur chaque jour, chaque semaine, et pour chacune des deux phases d'enregistrement.

Là encore, on a considéré qu'une différence de pourcentage dépassant 5% pour une activité physique était significative.

2.4.4. Etude de l'activité physique des animaux selon leur occupation

Sur le même principe que décrit ci-dessus, nous avons calculé la proportion temporelle que représente chaque activité reconnue par les capteurs (définies dans le Tableau 4) lors de chaque occupation (définies dans le Tableau 5), pour chaque phase d'enregistrement.

Un test de Cramér a été réalisé pour évaluer l'association entre l'activité physique (immobilité, marche, course) et l'occupation (domicile, solitude, sortie hygiénique, promenade) pour chaque animal (92).

Il s'agit d'un test statistique permettant de mesurer la force de l'association entre deux variables qualitatives. Le calcul se réalise ainsi :

Soit X_1 et X_2 , deux variables à, respectivement, K_1 et K_2 modalités et n , le nombre d'observations. Le V de Cramér, basé sur la statistique de test du χ^2 de Pearson, se calcule avec la formule :

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \cdot \min(K_1 - 1, K_2 - 1)}}$$

Dans le cas présent, les variables étaient l'occupation et l'activité physique avec respectivement 4 et 3 modalités, et les observations, les secondes enregistrées par les capteurs.

Le V de Cramér varie dans l'intervalle [0 ; 1] et son interprétation est donnée dans le Tableau 6 (92).

V de Cramér	Interprétation
[0 ; 0,05]	Pas d'association ou association très faible
[0,05 ; 0,1]	Association faible
[0,1 ; 0,15]	Association modérée
[0,15 ; 0,25]	Association forte
[0,25 ; 1]	Association très forte

Tableau 6 - Interprétation du V de Cramér selon sa valeur (92)

Un test de Cramér a également été réalisé en ne distinguant que « immobilité » et « mouvement » pour l'activité physique, le « mouvement » regroupant les activités « marche » et « course ».

Par ailleurs, nous avons comparé le temps mesuré par le capteur où chaque chien est resté immobile (en promenade et au domicile avec le propriétaire), aux estimations fournies par les propriétaires. Pour cela, nous avons calculé le coefficient de détermination linéaire de Pearson, R^2 , à partir de la courbe de tendance formée par les points avec l'estimation du temps passé immobile par le propriétaire en abscisse, et celle fournie par le capteur en ordonnée.

3. Résultats

3.1. Animaux

Dix chiens (cinq mâles dont un entier et quatre castrés, cinq femelles dont une entière et quatre stérilisées) appartenant à des étudiants de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse ont été recrutés. Ils étaient âgés de 2,6 à 7,2 ans au début de l'étude (âge moyen de 3,8 ans, écart type = 1.5).

La moitié des chiens étaient des croisés, les autres étaient de races diverses (Tableau 7).

Tableau 7 - Caractéristiques des 10 chiens participants à l'étude

	Race	Sexe	Stérilisé ?	Age (années)	Capteur
Chien 1	Beagle	Femelle	Oui	7.2	A3D76
Chien 2	croisé	Mâle	Oui	3.5	A3ECE
Chien 3	croisé	Mâle	Oui	3.7	A3F5E
Chien 4	Labrador	Femelle	Non	2.1	A40D0
Chien 5	croisé	Femelle	Oui	2.6	A4285
Chien 6	Pointer	Mâle	Oui	4.5	A4314
Chien 7	croisé	Mâle	Oui	2.7	A4342
Chien 8	Berger blanc suisse	Mâle	Non	4.3	A3B8D
Chien 9	Labrador	Femelle	Oui	2.6	A3CB6
Chien 10	croisé	Femelle	Oui	4.5	A3D61

Aucun animal n'a été écarté au cours de l'étude.

3.2. Fiabilité du capteur

Les indices de collecte (IC) tels que définis précédemment sont présentés dans le Tableau 8, pour chaque phase d'enregistrement et pour chaque capteur.

Tableau 8 - Calcul des indices de collecte pour chaque capteur lors des deux phases d'enregistrement

Capteur	Phase 1														IC
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	
A3D76	410	468	466	434	466	122	0	0	0	0	0	270	272	452	50%
A3ECE	426	450	372	478	474	454	438	478	472	476	452	466	430	434	94%
A3F5E	0	0	240	446	462	458	470	442	442	456	464	474	476	440	78%
A40D0	350	458	470	462	462	452	460	458	452	474	430	468	358	0	86%
A4285	350	464	414	446	470	438	396	452	446	462	464	462	470	432	92%
A4314	0	0	0	64	438	458	460	456	456	468	466	458	454	458	69%
A4342	292	446	398	436	446	374	456	426	418	454	434	448	472	418	88%
A3B8D	466	460	456	470	464	454	466	472	468	266	0	0	0	146	68%
A3CB6	474	456	470	472	462	452	468	454	446	472	450	476	274	154	89%
A3D61	426	448	464	452	470	460	468	452	450	474	432	476	464	464	95%
Capteur	Phase 2														IC
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14	
A3D76	470	450	446	230	0	0	0	284	328	350	152	0	278	306	49%
A3ECE	266	424	428	412	478	354	318	366	396	402	430	458	466	414	84%
A3F5E	250	456	476	478	470	430	452	442	430	458	470	460	417	178	87%
A40D0	474	254	356	462	432	412	170	238	448	472	372	370	442	462	80%
A4285	348	460	454	456	474	452	452	440	406	446	418	454	448	422	91%
A4314	450	442	460	474	468	456	458	418	450	456	444	464	444	466	94%
A4342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A3B8D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
A3CB6	464	408	462	460	444	478	464	446	454	474	454	432	468	454	95%
A3D61	446	474	458	478	474	308	0	0	0	168	462	456	466	422	69%

Les valeurs dans chaque case correspondent au nombre de périodes de 6 minutes collectées par un capteur sur un jour donné.

Les indices de collecte pour chaque capteur sont présentés dans la Figure 15. On obtient un indice de collecte global de 73% ([34% - 95%], écart-type = 0,22). Sept capteurs ont eu un indice de collecte jugé comme étant acceptable, avec la mesure de 80% des données attendues ou plus, les trois autres ont été décevants, avec les capteurs A4342 et A3B8D qui n'ont remonté aucune donnée lors de la deuxième phase d'enregistrement.

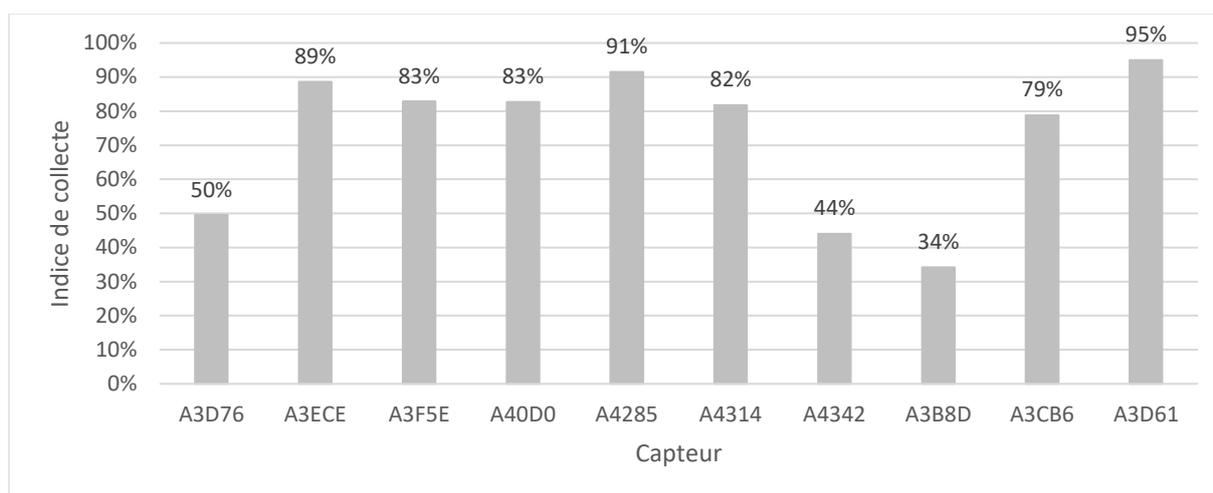


Figure 15 - Indices de collecte de chaque capteur

Quant à la solidité du capteur, il est à noter que le système d'accroche du capteur A3F5E s'est brisé au cours de l'étude, lors de la phase 2 et a nécessité une « fixation de secours », au moyen d'un ruban adhésif, sans modification de la position du capteur sur le collier. Ce capteur « bricolé » fait malgré tout partie de ceux dont la collecte de données a été jugée satisfaisante.

3.3. Etude du rythme de vie

Dans cette partie, à partir des informations fournies par les propriétaires dans les « journaux de bord », nous avons comptabilisé le temps passé sur chacune des occupations définies dans le Tableau 5 (Domicile avec le propriétaire, Solitude, Sortie hygiénique, Promenade laisse, Promenade mixte, Promenade en liberté) lors des enregistrements, et représenté graphiquement, pour chaque animal, les pourcentages de chaque occupation, au cours de chacune des deux phases d'enregistrement et de manière globale.

Ce type de représentation nous permet de décrire leur rythme de vie et d'apprécier sa stabilité au cours de l'étude.

3.3.1. Chien n°1

Le chien 1 est une femelle Beagle stérilisée de 7 ans. Elle vit avec un autre chien dans une maison avec jardin auquel elle a un accès libre. Les propriétaires n'ont pas réalisé de promenade au cours des 4 semaines d'enregistrement. Par conséquent, l'étude ne porte que sur le temps passé avec le propriétaire au domicile et le temps passé en son absence.

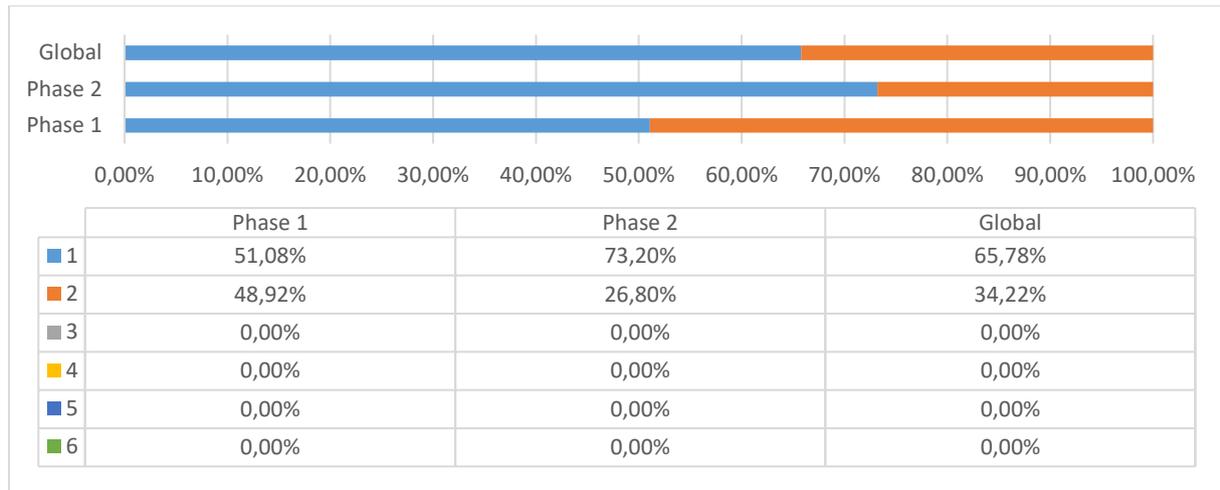


Figure 16 - Occupation du chien 1 lors des phases d'enregistrement
 (1 : Domicile avec le propriétaire, 2 : Solitude, 3 : Sortie hygiénique, 4 : Promenade laisse, 5 : Promenade mixte, 6 : Promenade en liberté, Global : moyenne des deux phases)

Ces résultats montrent une augmentation de plus de 20% du temps passé en présence du propriétaire, entre la phase 1 et la phase 2 (de respectivement, 51% et 73%).

Au total, sur l'ensemble de l'étude, le chien 1 a passé 66% du temps en présence des propriétaires et 34% seul.

3.3.2. Chien n°2

Le chien 2 est un croisé malinois mâle castré de 3,5 ans qui vit en appartement au rez-de-chaussée avec accès à un jardin lors de sorties hygiéniques. Il est promené régulièrement en liberté uniquement, parfois avec d'autres chiens.

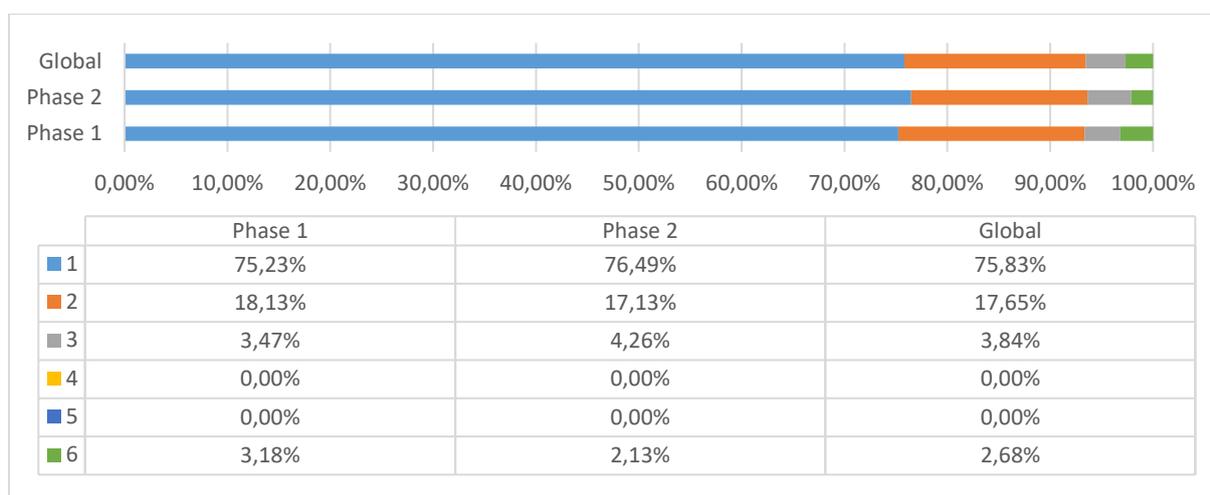


Figure 17 - Occupation du chien 2 lors des phases d'enregistrement
 (1 : Domicile avec le propriétaire, 2 : Solitude, 3 : Sortie hygiénique, 4 : Promenade laisse,
 5 : Promenade mixte, 6 : Promenade en liberté, Global : moyenne des deux phases)

Le rythme de vie de ce chien a été stable au cours des deux phases de l'étude avec environ 76% du temps passé en présence du propriétaire au domicile, 18% de solitude, et 5% du temps de sorties hygiéniques et de promenades.

3.3.3. Chien n°3

Le chien 3 est un croisé Cane Corso mâle castré de 3,5 ans qui vit en appartement. Il est régulièrement sorti au pied de l'immeuble pour ses besoins hygiéniques, moments au cours desquels il est en liberté et peut jouer avec d'autres chiens. Il est promené, principalement en liberté, avec occasionnellement une laisse.

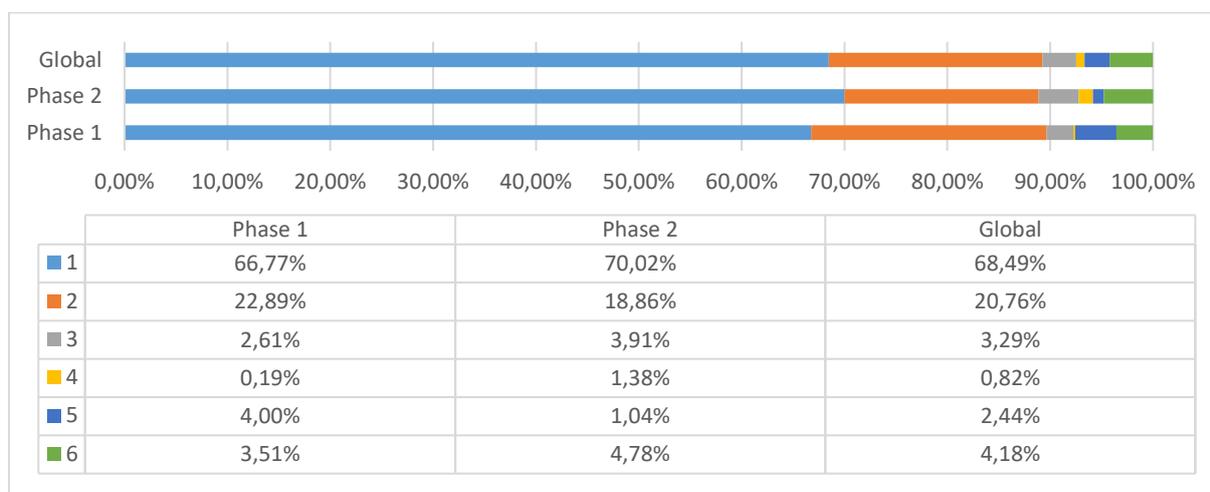


Figure 18 - Occupation du chien 3 lors des phases d'enregistrement
 (1 : Domicile avec le propriétaire, 2 : Solitude, 3 : Sortie hygiénique, 4 : Promenade laisse,
 5 : Promenade mixte, 6 : Promenade en liberté, Global : moyenne des deux phases)

Le rythme de vie de ce chien a été stable au cours des phases de l'étude avec environ 68% du temps passé au domicile avec le propriétaire, 21% du temps passé seul, et environ 10% de temps de sorties.

3.3.4. Chien n°4

Le chien 4 est une femelle labrador entière de 2 ans, vivant dans une maison avec jardin, auquel elle a régulièrement accès pour des sorties hygiéniques, en compagnie d'un autre chien. Ses promenades régulières sont partagées entre liberté et laisse, parfois avec d'autres chiens. Elle n'est quasiment jamais laissée seule au domicile.

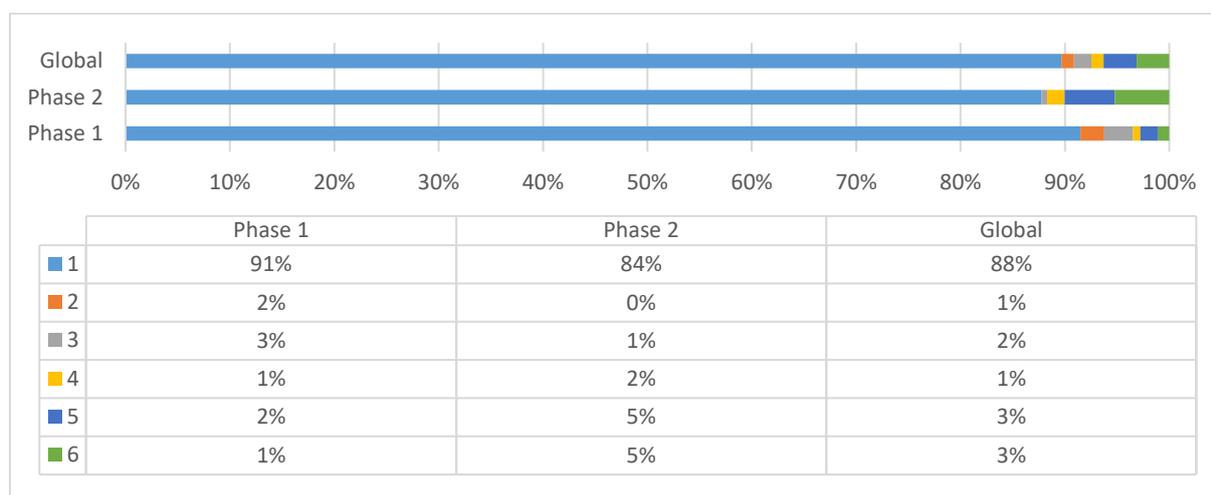


Figure 19 - Occupation du chien 4 lors des phases d'enregistrement
 (1 : Domicile avec le propriétaire, 2 : Solitude, 3 : Sortie hygiénique, 4 : Promenade laisse, 5 : Promenade mixte, 6 : Promenade en liberté, Global : moyenne des deux phases)

On note une légère diminution de 7% du temps passé au domicile avec le propriétaire, entre la phase 1 et la phase 2, compensée par une augmentation du temps de sorties. De plus, on observe que les sorties étaient essentiellement hygiéniques, durant la phase 1, alors qu'elles ont été davantage orientées vers des promenades (en mixte ou en liberté), pendant la phase 2.

Sur l'ensemble de l'étude, le chien 4 a passé environ 88% du temps au domicile avec son propriétaire, 1% du temps seul et 9% du temps en sorties et promenades.

3.3.5. Chien n°5

Le chien 5 est un croisé Border Collie femelle stérilisée de 2,5 ans qui vit en appartement. Elle est régulièrement sortie au pied de l'immeuble pour ses besoins hygiéniques, moments au cours desquels elle est libre et peut jouer avec d'autres chiens. Elle est promenée, en liberté ou en alternance liberté/laisse au cours d'une même promenade.

Les résultats montrent qu'il y a une augmentation du temps passé au domicile entre la phase 1 et la phase 2 (avec respectivement, 55 et 66%), compensée par une diminution du temps de solitude (avec respectivement, 33 et 20%). Le temps de promenade et des sorties hygiéniques a été stable entre les deux phases (13% en moyenne).

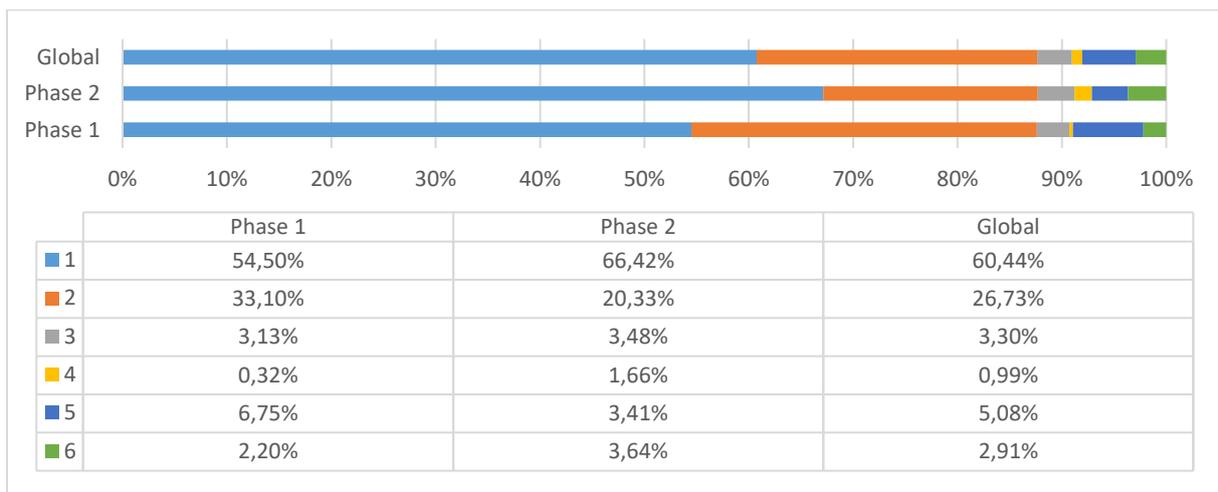


Figure 20 - Occupation du chien 5 lors des phases d'enregistrement
 (1 : Domicile avec le propriétaire, 2 : Solitude, 3 : Sortie hygiénique, 4 : Promenade laisse, 5 : Promenade mixte, 6 : Promenade en liberté, Global : moyenne des deux phases)

3.3.6. Chien n°6

Le chien 6 est un Pointer mâle castré de 4,5 ans qui vit en appartement avec un chat. Il est régulièrement sorti au pied de l'immeuble pour ses besoins hygiéniques, moments au cours desquels il est libre et peut jouer avec d'autres chiens. Il est également régulièrement promenée, principalement en laisse.

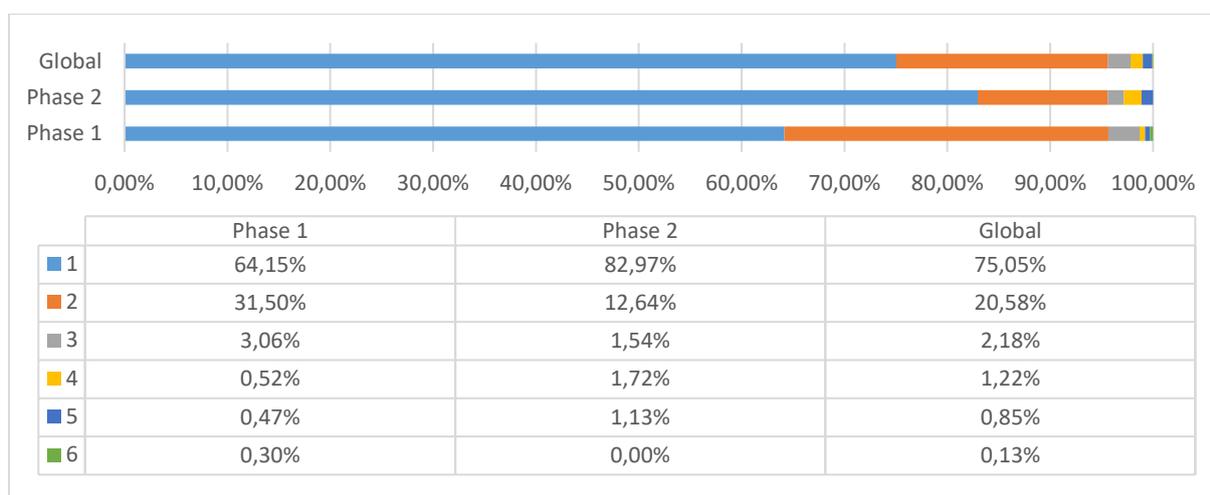


Figure 21 - Occupation du chien 6 lors des phases d'enregistrement
 (1 : Domicile avec le propriétaire, 2 : Solitude, 3 : Sortie hygiénique, 4 : Promenade lâsse, 5 : Promenade mixte, 6 : Promenade en liberté, Global : moyenne des deux phases)

Une augmentation importante du temps passé au domicile a été observée entre la phase 1 et la phase 2 (avec respectivement, 64% et 83%), compensée par une diminution du temps de solitude (avec respectivement, 32% et 13%). Le temps de promenade et de sorties hygiéniques a été stable entre les deux phases (4,5% en moyenne).

3.3.7. Chien n°7

Le chien 7 est un mâle castré et croisé Border Collie de 2,5 ans qui vit en appartement avec un chat. Il est régulièrement sorti au pied de l'immeuble pour ses besoins hygiéniques, moments au cours desquels il est libre et peut jouer avec d'autres chiens. Il est promené exclusivement en liberté.

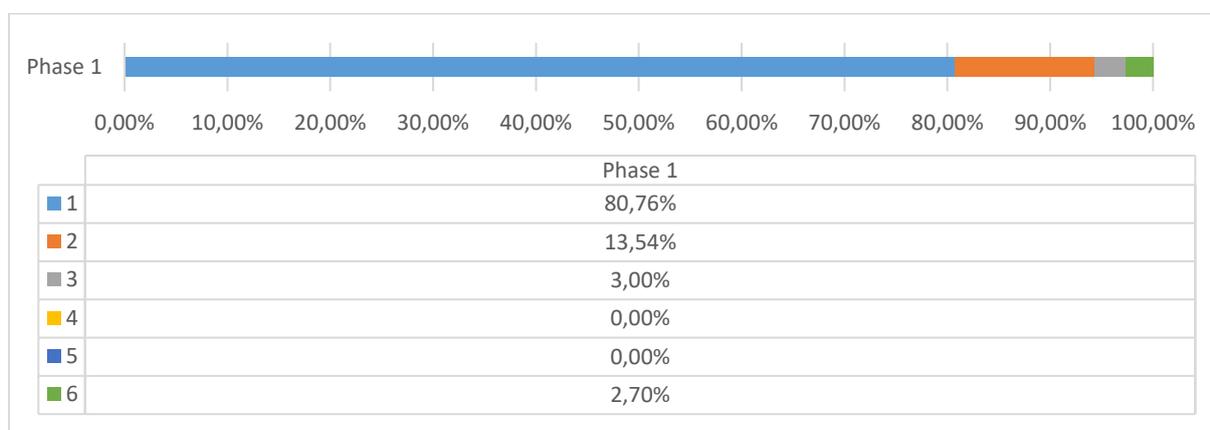


Figure 22 - Occupation du chien 7 lors des phases d'enregistrement
 (1 : Domicile avec le propriétaire, 2 : Solitude, 3 : Sortie hygiénique, 4 : Promenade lâsse, 5 : Promenade mixte, 6 : Promenade en liberté)

Le capteur n'ayant pas remonté de données lors de la phase 2 d'enregistrement, il n'est pas possible d'évaluer la stabilité du rythme de vie au cours de l'étude. Lors de la phase 1, 81% du temps d'enregistrement était en présence du propriétaire au domicile, 14% de solitude et 6% de sorties.

3.3.8. Chien n°8

Le chien 8 est un Berger Blanc Suisse mâle entier de 4 ans vivant en appartement avec un chat. Il est régulièrement sorti pour ses besoins hygiéniques et est promené principalement en liberté avec parfois une contention en laisse, et occasionnellement avec d'autres chiens.

Le capteur n'ayant pas remonté de données lors de la phase 2 d'enregistrement, il n'est pas possible d'évaluer la stabilité du rythme de vie au cours de l'étude. Lors de la phase 1, 86% du temps d'enregistrement était en présence du propriétaire au domicile, 4% de solitude et 9% de sorties.

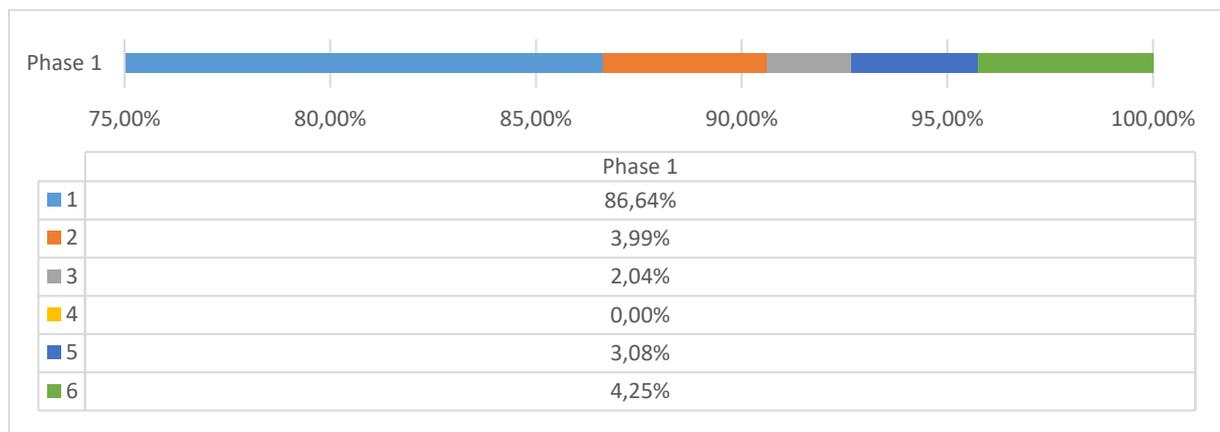


Figure 23 - Occupation du chien 8 lors des phases d'enregistrement
(1 : Domicile avec le propriétaire, 2 : Solitude, 3 : Sortie hygiénique, 4 : Promenade laisse, 5 : Promenade mixte, 6 : Promenade en liberté)

3.3.9. Chien n°9

Le chien 9 est une femme stérilisée Labrador de 2,5 ans vivant dans une maison avec jardin, auquel elle a accès uniquement pour des sorties hygiéniques, en compagnie de deux autres chiens. Elle est proménée plusieurs fois par jour, quasiment exclusivement en liberté.

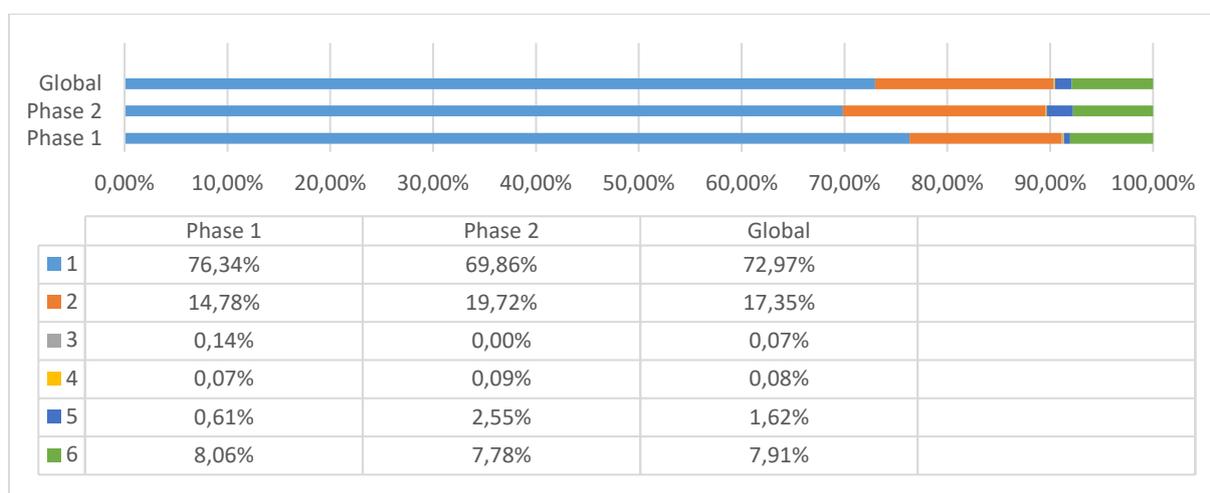


Figure 24 - Occupation du chien 9 lors des phases d'enregistrement
 (1 : Domicile avec le propriétaire, 2 : Solitude, 3 : Sortie hygiénique, 4 : Promenade lâchée, 5 : Promenade mixte, 6 : Promenade en liberté, Global : moyenne des deux phases)

Les résultats montrent qu'il y a eu une diminution de 6% du temps passé au domicile avec le propriétaire entre les deux phases d'enregistrement, compensée essentiellement par une augmentation du temps de solitude.

Sur l'ensemble de l'étude, le temps passé a été en moyenne 73% au domicile avec le propriétaire, 17% de solitude et 10% de sorties.

3.3.10. Chien n°10

Le chien 10 est un croisé malinois femelle stérilisée de 4,5 ans vivant dans un appartement. Elle est régulièrement sortie au pied de l'immeuble pour ses besoins hygiéniques, moments au cours desquels elle est libre et peut jouer avec d'autres chiens. Elle est assez peu promenée, en dehors des sorties hygiéniques.

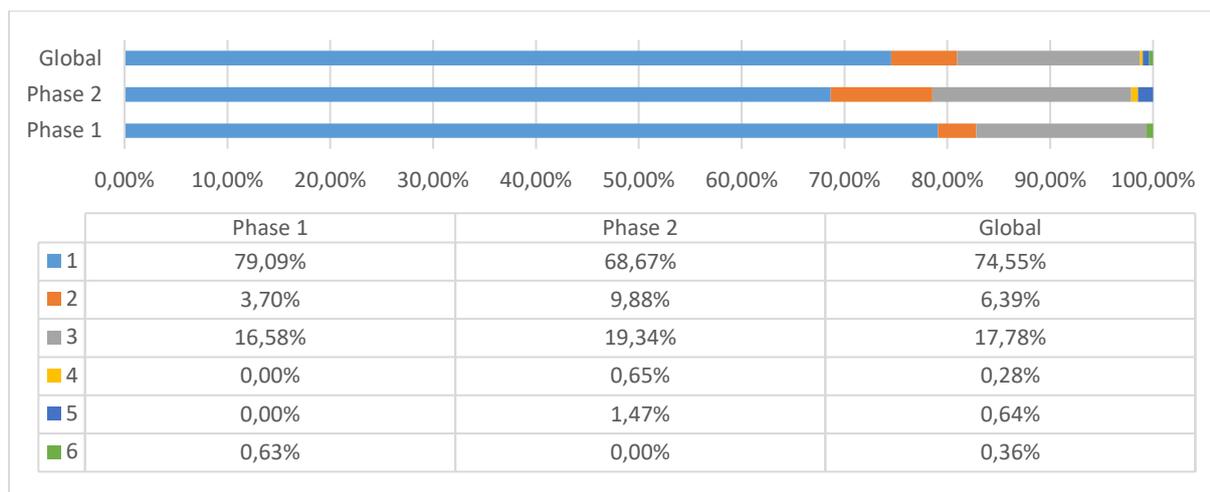


Figure 25 - Occupation du chien 10 lors des phases d'enregistrement
 (1 : Domicile avec le propriétaire, 2 : Solitude, 3 : Sortie hygiénique, 4 : Promenade lâisée,
 5 : Promenade mixte, 6 : Promenade en liberté, Global : moyenne des deux phases)

Il y a une diminution du temps passé au domicile est 10% plus élevé lors de la phase 1 (79% contre 69%). Ceci est compensé par une augmentation le temps de solitude (1,6% contre 9,9%) et non significative du temps de sorties (17% contre 21,5%).

3.3.11. Synthèse

Sur l'ensemble des huit chiens pour lesquels il a été possible de comparer le rythme de vie entre les deux périodes d'enregistrement, deux chiens (25%) ont eu un rythme de vie parfaitement stable.

Pour les autres (75%), les différences résident exclusivement dans la modification du temps de présence du propriétaire au domicile, sans modification significative des temps de sorties, bien que leurs natures exactes (sorties hygiéniques, promenades, type de contention) soient susceptibles de varier discrètement d'une période à une autre.

On a ainsi relevé des différences du temps de présence du propriétaire, jugées légères (entre 5 et 12%) chez quatre chiens (50%), et plus marquées (supérieures à 18%) chez deux chiens (25%). Ces éléments sont synthétisés dans le Tableau 9.

Tableau 9 - Synthèse des évolutions du rythme de vie des animaux entre les deux phases de l'étude

Animal	Variation du temps de présence du propriétaire	Interprétation
Chien 1	22%	Différence marquée
Chien 2	1,2%	Stable
Chien 3	3,2%	Stable
Chien 4	7,1%	Différence légère
Chien 5	11%	Différence légère
Chien 6	19%	Différence marquée
Chien 7	<i>Non évaluable</i>	
Chien 8	<i>Non évaluable</i>	
Chien 9	6,0%	Différence légère
Chien 10	9,4%	Différence légère

3.4. Etude de la variation de l'activité physique au cours de l'étude

3.4.1. Chien n°1

L'activité physique enregistrée par le capteur pour le chien 1 est représentée dans la Figure 26.

On remarque que le temps passé immobile est stable d'une phase à l'autre, et représente en moyenne 66% du temps d'enregistrement.

La répartition du temps de mobilité varie cependant, avec une augmentation du temps de course enregistré, lors de la phase 2 (1% contre 7%).

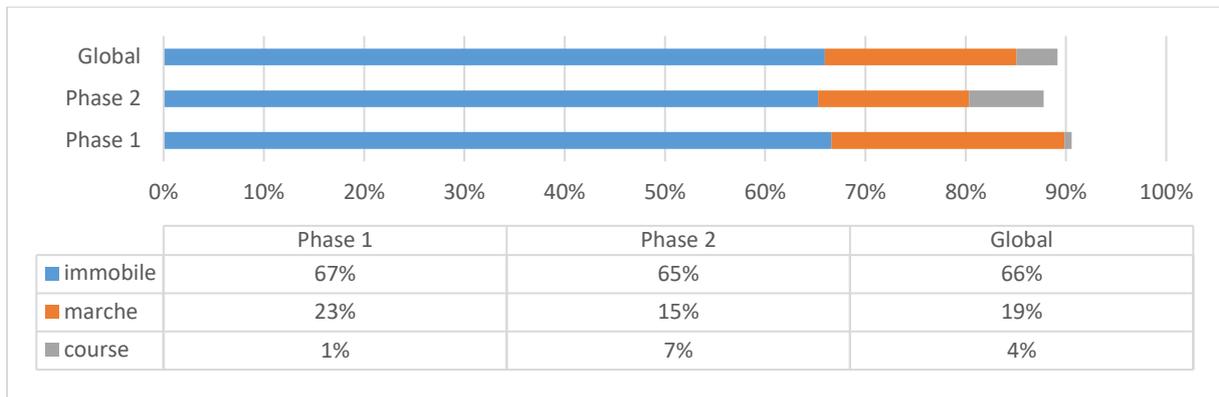


Figure 26 - Activité physique enregistrée du chien 1
(Global : moyenne des deux phases)

3.4.2. Chien n°2

L'activité physique enregistrée par le capteur pour le chien 2 est représentée dans la Figure 27.

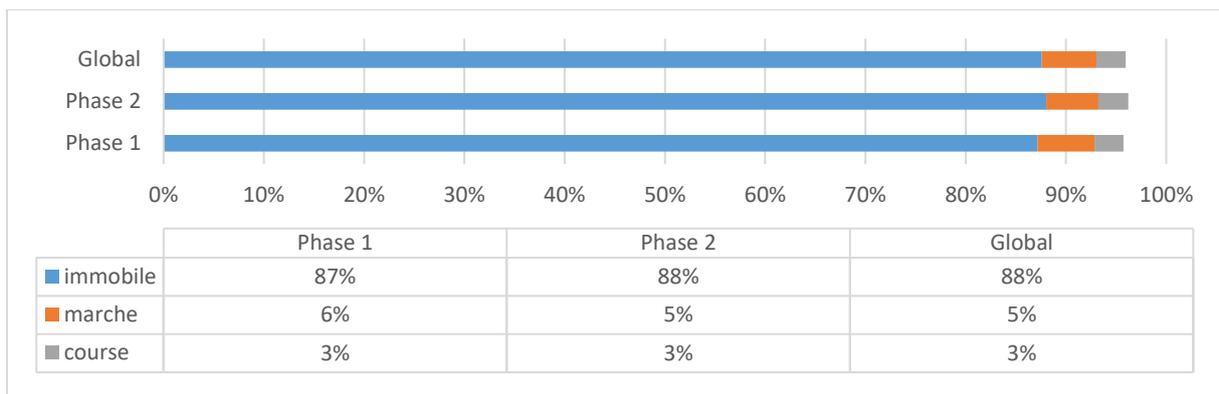


Figure 27 - Activité physique enregistrée du chien 2
(Global : moyenne des deux phases)

L'activité physique mesurée lors des deux phases d'enregistrement est parfaitement stable, avec en moyenne 88% du temps passé immobile, 5% de temps de marche et 3% de temps de course.

3.4.3. Chien n°3

L'activité physique enregistrée par le capteur pour le chien 3 est représentée dans la Figure 28.

L'activité physique mesurée lors des deux phases d'enregistrement est stable, avec en moyenne 89% du temps enregistré d'immobilité, 4% de temps de marche et 4% de temps de course.

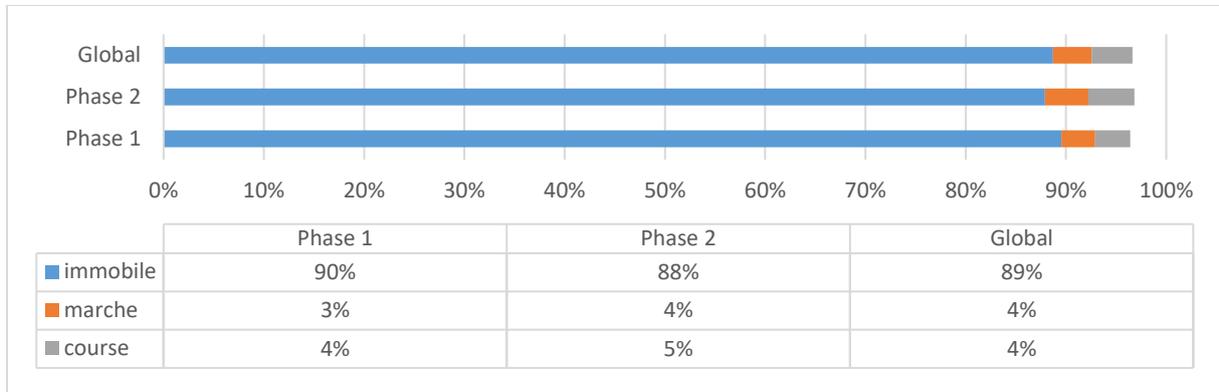


Figure 28 - Activité physique enregistrée du chien 3
(Global : moyenne des deux phases)

3.4.4. Chien n°4

L'activité physique enregistrée par le capteur pour le chien 4 est représentée dans la Figure 29.

L'activité physique mesurée lors des deux phases d'enregistrement est stable, avec en moyenne 87% du temps passé immobile, 6% de temps de marche et 2% de temps de course.

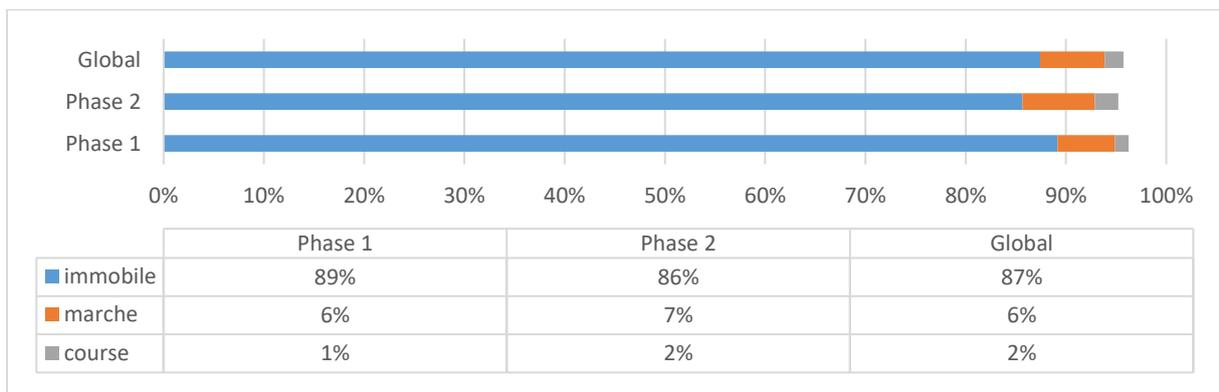


Figure 29 - Activité physique enregistrée du chien 4
(Global : moyenne des deux phases)

3.4.5. Chien n°5

L'activité physique enregistrée par le capteur pour le chien 5 est représentée dans la Figure 30.

L'activité physique mesurée lors des deux phases d'enregistrement est stable, avec en moyenne 88% du temps enregistré d'immobilité, 4% de temps de marche et 3% de temps de course.

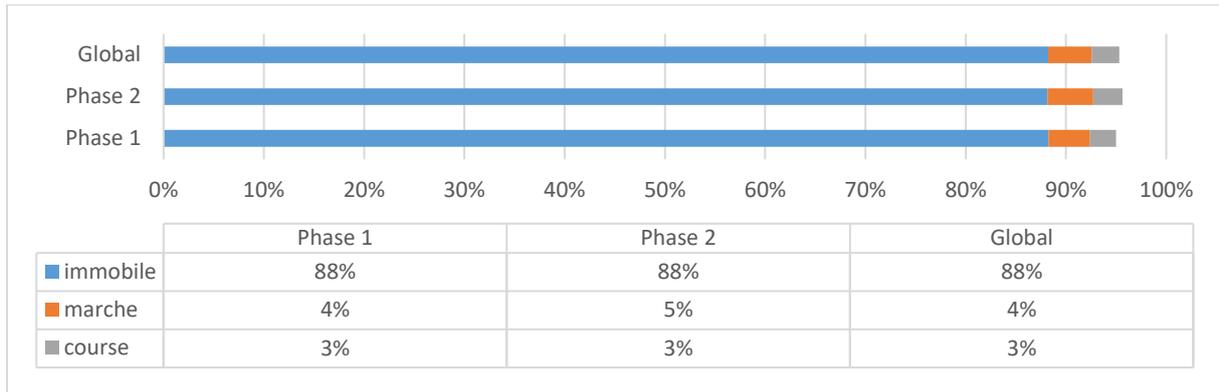


Figure 30 - Activité physique enregistrée du chien 5
(Global : moyenne des deux phases)

3.4.6. Chien n°6

L'activité physique enregistrée par le capteur pour le chien 6 est représentée dans la Figure 31.

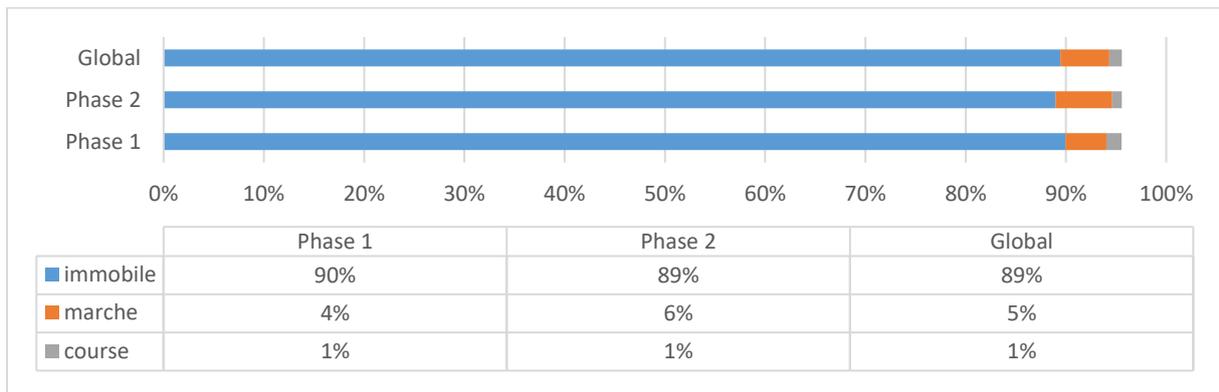


Figure 31 - Activité physique enregistrée du chien 6
(Global : moyenne des deux phases)

L'activité physique mesurée lors des deux phases d'enregistrement est stable, avec en moyenne 89% du temps passé immobile, 5% de temps de marche et 1% de temps de course.

3.4.7. Chien n°7

L'activité physique enregistrée par le capteur pour le chien 7 est représentée dans la Figure 32.

Le capteur n'ayant pas remonté de données lors de la phase 2 pour le chien 7, il n'est pas possible de comparer l'activité physique enregistrées sur deux périodes de 14 jours.

En revanche, on remarque que l'activité physique mesurée lors des deux semaines de la phase 1 d'enregistrement est stable, avec en moyenne 91% du temps enregistré d'immobilité, 4% de temps de marche et 1% de temps de course.

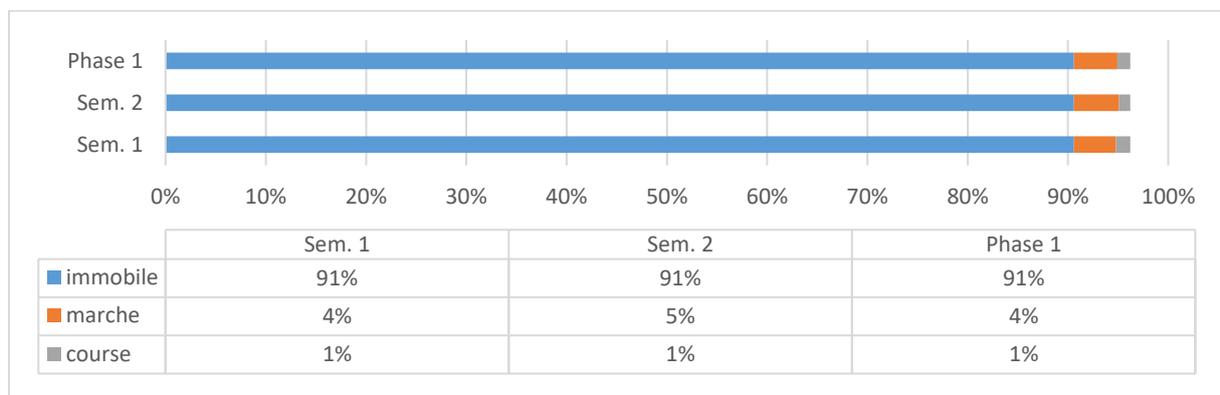


Figure 32 - Activité physique enregistrée du chien 7

3.4.8. Chien n°8

L'activité physique enregistrée par le capteur pour le chien 8 est représentée dans la Figure 33.

Là encore, le capteur n'ayant pas remonté de données lors de la phase 2 pour le chien 8, il n'est pas possible de comparer l'activité physique enregistrée sur deux périodes de 14 jours.

On remarque cependant que le temps passé immobile diminue entre la première et la deuxième semaine de la phase 1 d'enregistrement (92% contre 86%).

Le temps de mobilité augmente légèrement mais de manière non significative au vu des critères fixés (seuil de 5% de différence) entre les deux semaines, en durée comme en répartition entre la marche et la course.

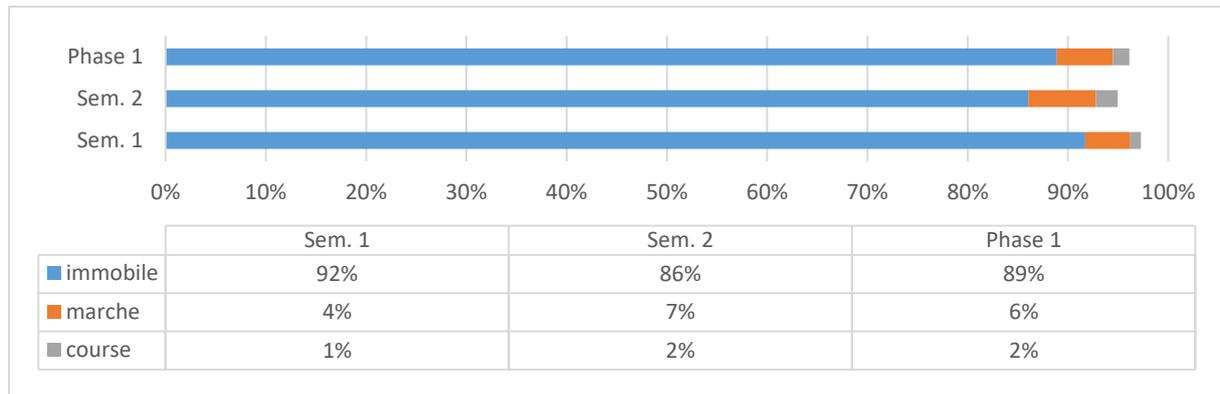


Figure 33 - Activité physique enregistrée du chien 8

3.4.9. Chien n°9

L'activité physique enregistrée par le capteur pour le chien 9 est représentée dans la Figure 34.

L'activité physique mesurée lors des deux phases d'enregistrement est stable, avec en moyenne 87% du temps passé immobile, 6% de temps de marche et 3% de temps de course.

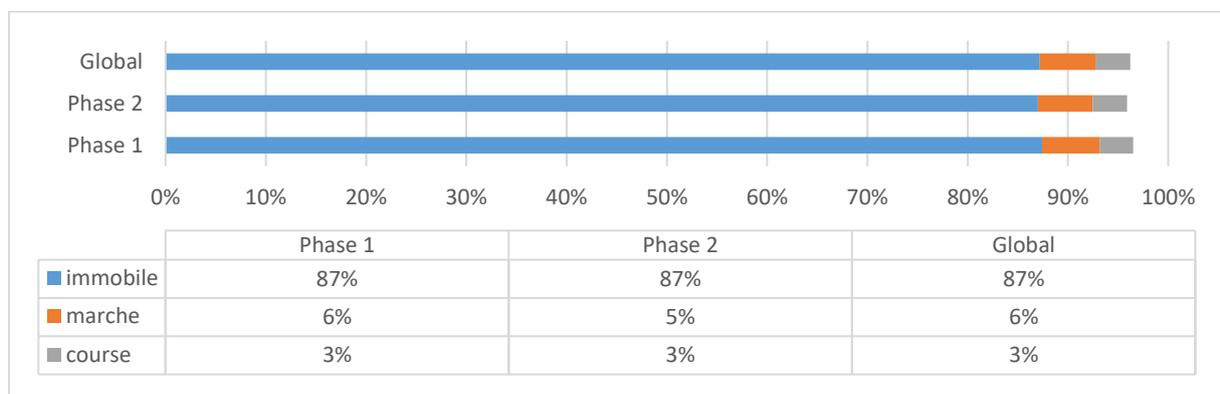


Figure 34 - Activité physique enregistrée du chien 9
(Global : moyenne des deux phases)

3.4.10. Chien n°10

L'activité physique enregistrée par le capteur pour le chien 10 est représentée dans la Figure 35.

L'activité physique mesurée lors des deux phases d'enregistrement est stable, avec en moyenne 88% du temps enregistré d'immobilité, 4% de temps de marche et 3% de temps de course.

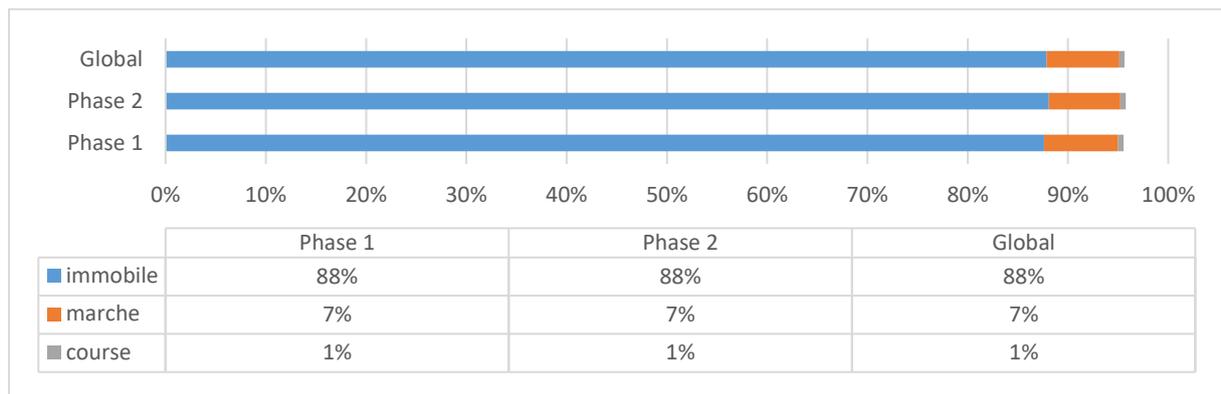


Figure 35 - Activité physique enregistrée du chien 10
(Global : moyenne des deux phases)

3.4.11. Synthèse

La Figure 36 représente l'activité physique de chaque chien au cours de l'étude, calculée à partir de la moyenne des données des deux phases lorsqu'elles existent.

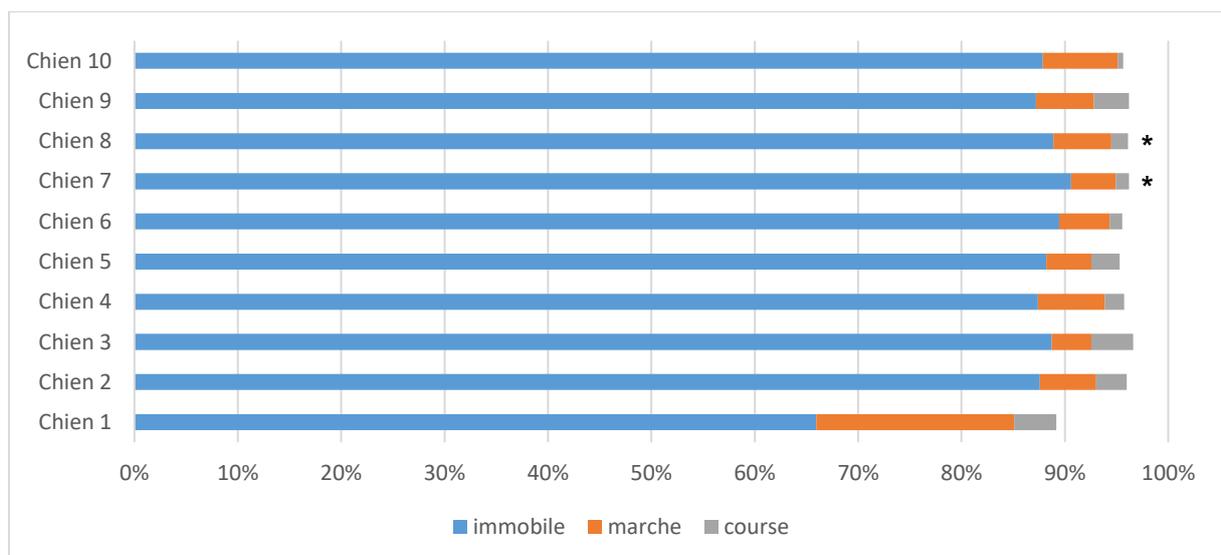


Figure 36 - Comparaison des activités physiques enregistrées des 10 chiens au cours de l'étude
(* : données uniquement sur la phase 1.)

On remarque que l'activité est tout à fait comparable chez neuf chiens sur dix avec en moyenne 86% [66-91] du temps passé immobile (écart-type : 0,07), 7% [4-19] de marche (écart-type : 0,04) et 2% [1-4] de course (écart-type : 0,01).

Seul le chien 1 présente une activité physique significativement différente au cours de l'étude avec en moyenne seulement 66% du temps passé immobile. Pour rappel, il s'agit du seul animal n'étant jamais promené mais vivant dans une maison avec un accès libre au jardin et en présence d'un autre chien.

Sur les huit chiens pour lesquels il a été possible de comparer l'activité physique enregistrée entre les deux phases, sept chiens (87,5%) ont présenté une activité physique stable entre ces deux phases d'enregistrement.

Concernant le chien 1, pour lequel l'activité a significativement varié, il s'agit d'une modification du temps de course et du temps de marche, mais le temps d'immobilité et celui de mobilité sont, quant à eux, restés inchangés entre les deux phases.

On rappelle que, chez ce chien, il y avait eu une modification marquée du rythme de vie entre les deux périodes, avec une présence du propriétaire au domicile augmentée et un temps de solitude diminué, lors de la phase 2.

Pour les deux autres, pour lesquels les données ne sont disponibles que pour la phase 1, leur activité a été comparée entre les deux semaines de la phase 1. L'activité physique est stable chez 1 chien sur 2, entre les deux semaines.

3.5. Etude de l'activité en fonction de l'occupation

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés à l'activité physique en fonction de l'occupation en ne retenant que quatre types d'occupations : au domicile avec le propriétaire, solitude au domicile, sorties hygiéniques et promenades.

3.5.1. Chien n°1

Les données relatives au chien 1 sont représentées sur la Figure 37.

L'activité a été significativement différente entre la situation seul au domicile ou avec le propriétaire. Pour rappel, cet animal n'a pas été promené durant l'étude.

Lors des moments de solitude, le temps passé immobile a été plus faible que lorsque le propriétaire était au domicile (56% contre 78%) et le temps passé en mouvement a été plus important en l'absence des propriétaires (28% contre 14%).

Le temps où le capteur enregistrait d'autres comportements (grattage, manger, aboiement, autre) a été supérieur en l'absence du propriétaire.

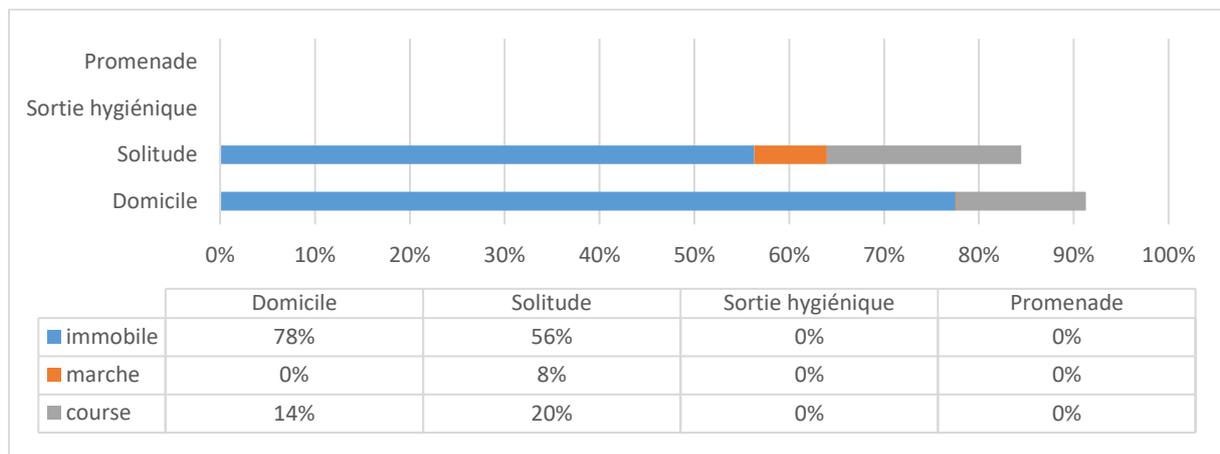


Figure 37 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 1

L'écart entre la barre de donnée et le 100% correspond au temps enregistré sur les autres comportements détectés par le capteur (grattage, manger, aboiement, autre)

L'association entre occupation et activité physique est jugée comme très forte (V de Cramér = 0,280) et celle entre occupation et immobilité comme forte (V de Cramér = 0,210).

3.5.2. Chien n°2

Les données relatives au chien 2 sont représentées sur la Figure 38.

Chez le chien 2, il n'y a pas eu de différence de l'activité physique entre les occupations « domicile avec le propriétaire », « solitude » et « sorties hygiéniques ». En revanche, on remarque une diminution du temps passé immobile lors des promenades (68% contre 90%), au profit de temps de marche et de course.

L'association entre occupation et activité physique est jugée comme faible (V de Cramér = 0,082) et celle entre occupation et immobilité comme modérée (V de Cramér = 0,114).

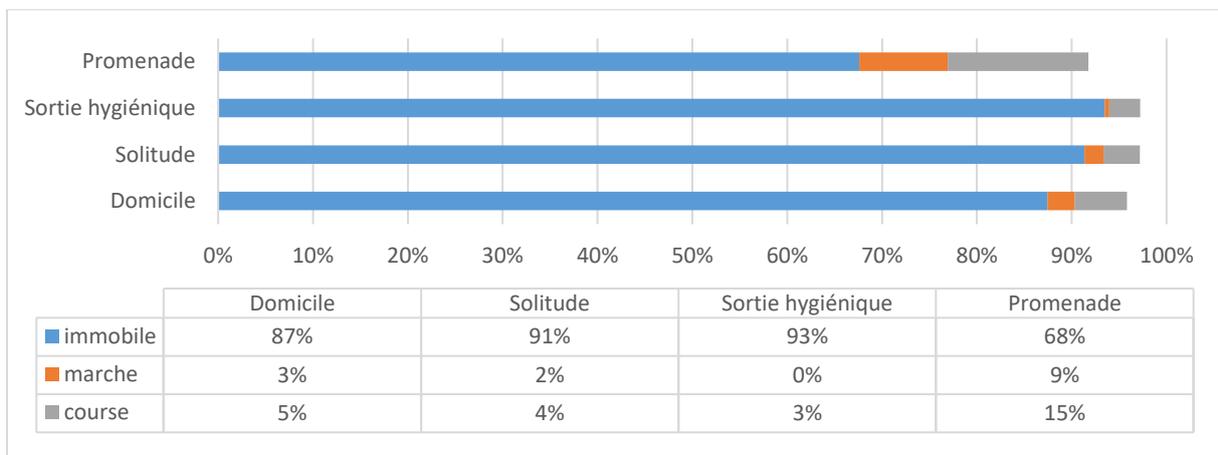


Figure 38 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 2

L'écart entre la barre de donnée et le 100% correspond au temps enregistré sur les autres comportements détectés par le capteur (grattage, manger, aboiement, autre)

3.5.3. Chien n°3

Les données relatives au chien 3 sont représentées sur la Figure 39.

Chez le chien 3, les enregistrements ne permettent pas de mettre en évidence de différence d'activité selon les occupations.

L'association entre occupation et activité physique et celle entre occupation et immobilité sont jugées comme très faibles voire inexistantes (V de Cramér respectivement de 0,028 et 0,036).

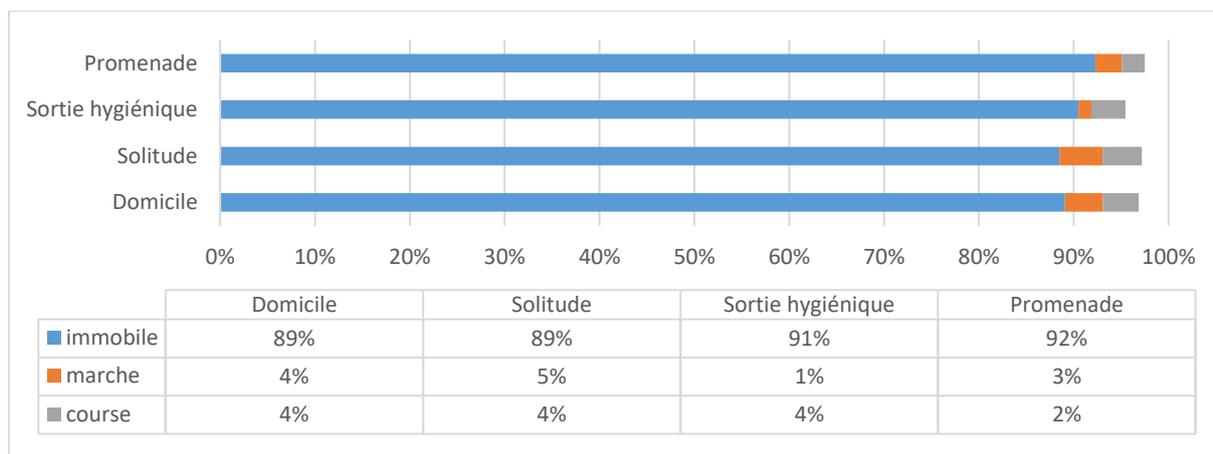


Figure 39 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 3

L'écart entre la barre de donnée et le 100% correspond au temps enregistré sur les autres comportements détectés par le capteur (grattage, manger, aboiement, autre)

3.5.4. Chien n°4

Les données relatives au chien 4 sont représentées sur la Figure 40.

Chez le chien 4, il n'y a pas eu de différence de l'activité physique entre les occupations « domicile avec le propriétaire » et « sorties hygiéniques ». En revanche, on remarque une diminution du temps du temps passé immobile, lors des moments de solitude, comparé à ces deux occupations (84% contre 91%), au profit de temps de marche et de course.

On note également une nette diminution du temps passé immobile lors des promenades (66% contre 87%), comparé aux trois autres occupations, toujours au profit du temps de marche et de course.

L'association entre occupation et activité physique et celle entre occupation et immobilité sont jugées comme fortes (V de Cramér respectivement de 0,151 et 0,213).

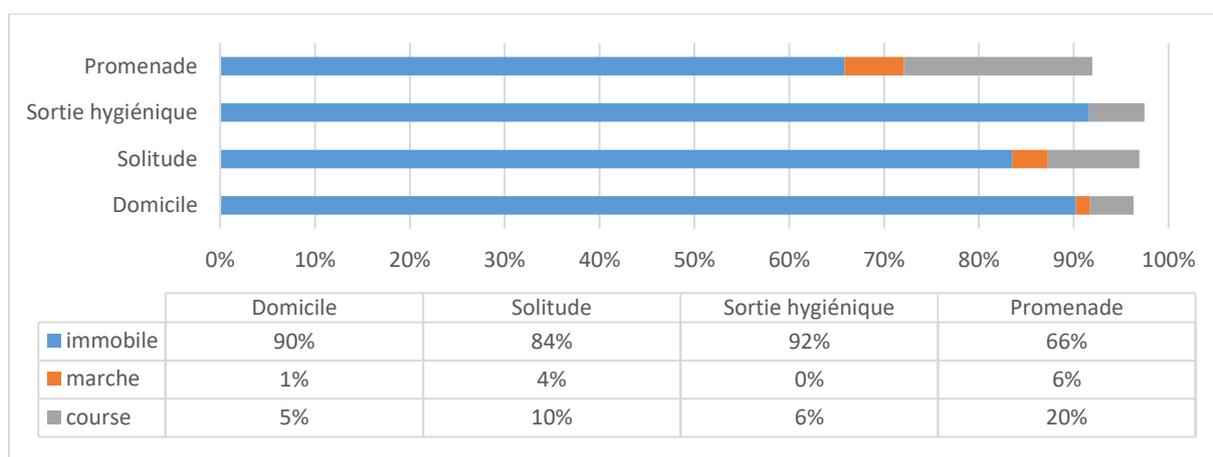


Figure 40 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 4

L'écart entre la barre de donnée et le 100% correspond au temps enregistré sur les autres comportements détectés par le capteur (grattage, manger, aboiement, autre)

3.5.5. Chien n°5

Les données relatives au chien 5 sont représentées sur la Figure 41.

Chez le chien 5, il n'y a pas eu de différence de l'activité physique entre les occupations « domicile avec le propriétaire », « solitude » et « sorties hygiéniques ». En revanche, on remarque une légère diminution du temps passé immobile lors des promenades (82% contre 90%), au profit de temps de course et de temps où le capteur enregistre d'autres comportements (grattage, manger, aboiement, autre).

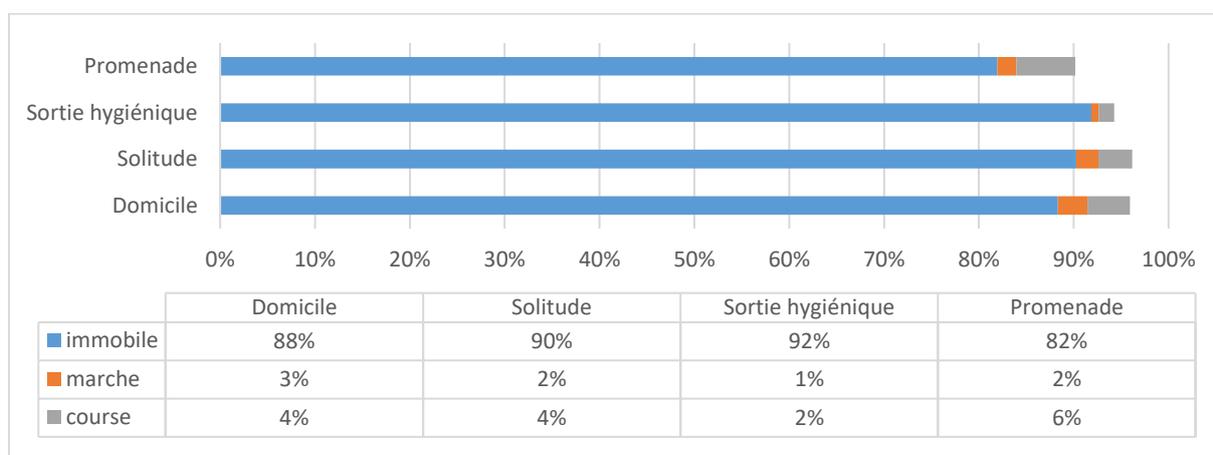


Figure 41 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 5

L'écart entre la barre de donnée et le 100% correspond au temps enregistré sur les autres comportements détectés par le capteur (grattage, manger, aboiement, autre)

L'association entre occupation et activité physique est jugée comme très faible voire inexistante (V de Cramér = 0,041) et celle entre occupation et immobilité comme modérée (V de Cramér = 0,049).

3.5.6. Chien n°6

Les données relatives au chien 6 sont représentées sur la Figure 42.

Chez le chien 6, les enregistrements ne permettent pas de mettre en évidence de différence d'activité selon les occupations.

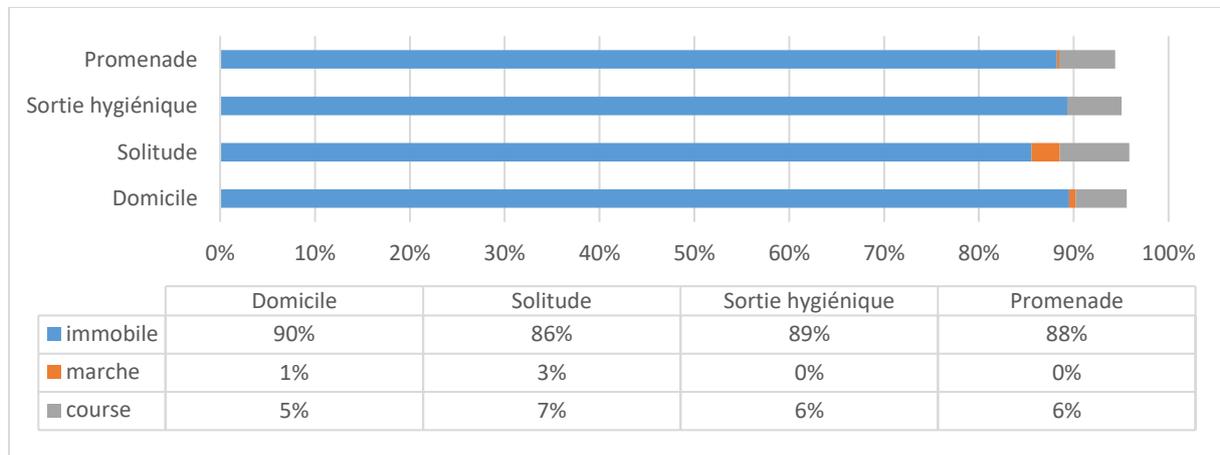


Figure 42 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 6

L'écart entre la barre de donnée et le 100% correspond au temps enregistré sur les autres comportements détectés par le capteur (grattage, manger, aboiement, autre)

L'association entre occupation et activité physique et celle entre occupation et immobilité sont jugées comme très faibles voire inexistantes (V de Cramér respectivement de 0,045 et 0,037).

3.5.7. Chien n°7

Les données relatives au chien 7 sont représentées sur la Figure 43.

Chez le chien 7, il n'y a pas eu de différence de l'activité physique entre les occupations « domicile avec le propriétaire », « solitude » et « sorties hygiéniques ».

En revanche, on remarque une diminution très importante du temps passé immobile lors des promenades (24% contre 91%), au profit de temps où le capteur enregistre d'autres comportements (grattage, manger, aboiement, autre).

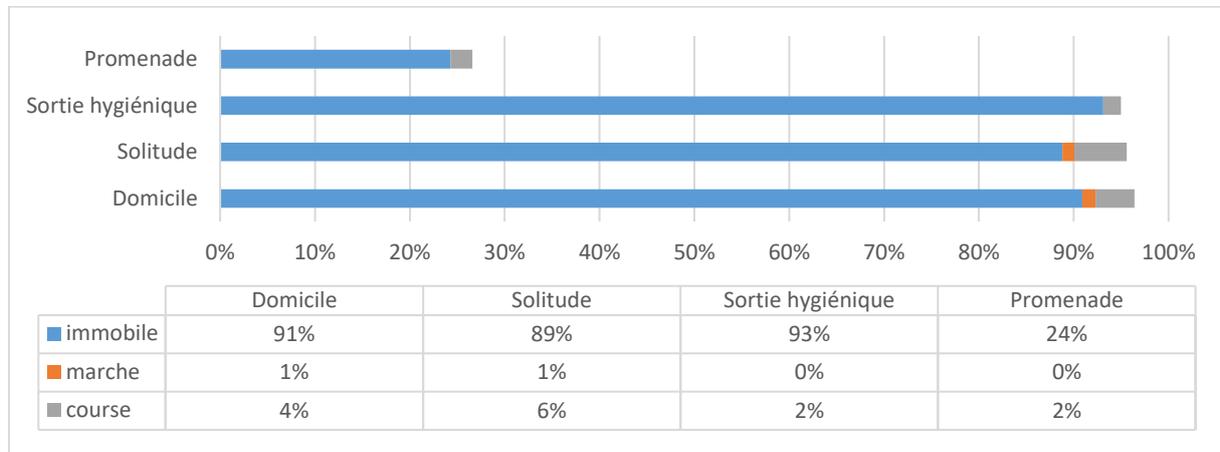


Figure 43 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 7

L'écart entre la barre de donnée et le 100% correspond au temps enregistré sur les autres comportements détectés par le capteur (grattage, manger, aboiement, autre)

L'association entre occupation et activité physique et celle entre occupation et immobilité sont jugées comme très faibles voire inexistantes (V de Cramér respectivement de 0,038 et 0,040).

3.5.8. Chien n°8

Les données relatives au chien 8 sont représentées sur la Figure 44.

Chez le chien 8, il n'y a pas eu de différence de l'activité physique entre les occupations « domicile avec le propriétaire » et « sorties hygiéniques ». En revanche, on remarque une diminution du temps du temps passé immobile lors des moments de solitude comparé aux occupations « domicile avec le propriétaire » et « sorties hygiéniques » (81% contre 92%), au profit de temps de marche et de course.

On note également une nette diminution du temps passé immobile lors des promenades (75%) comparé aux trois autres occupations, toujours au profit de temps de marche et de course.

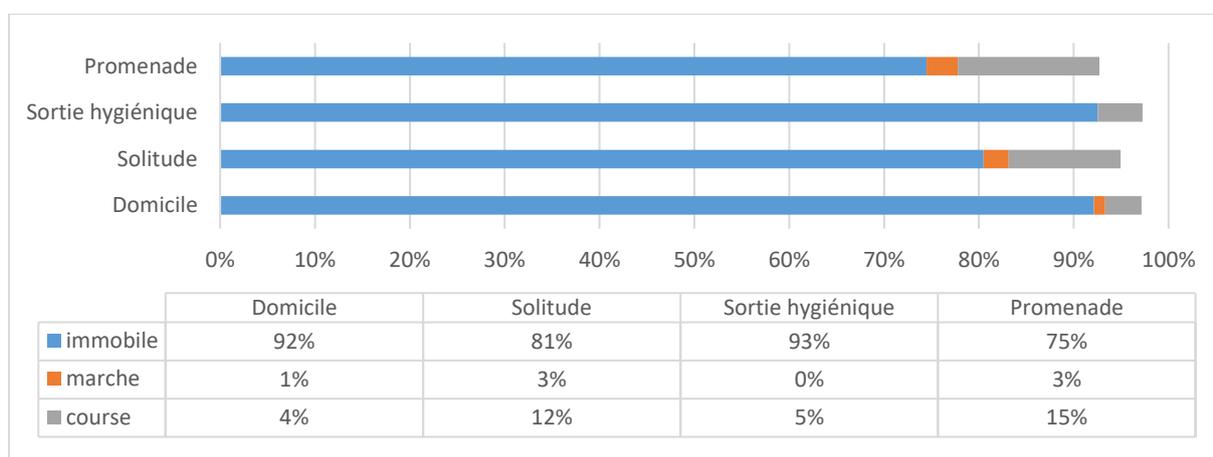


Figure 44 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 8

L'écart entre la barre de donnée et le 100% correspond au temps enregistré sur les autres comportements détectés par le capteur (grattage, manger, aboiement, autre)

L'association entre occupation et activité physique est jugée comme modérée (V de Cramér = 0,118) et celle entre occupation et immobilité comme forte (V de Cramér = 0,165).

3.5.9. Chien n°9

Les données relatives au chien 9 sont représentées sur la Figure 45.

Chez le chien 9, il n'y a pas eu de différence de l'activité physique enregistrée entre les occupations « domicile avec le propriétaire », « solitude » et « promenades ».

En revanche, on remarque une diminution du temps du temps passé immobile lors des sorties hygiéniques (72% contre 85%), au profit de temps où le capteur enregistre d'autres comportements (grattage, manger, aboiement, autre).

L'association entre occupation et activité physique et celle entre occupation et immobilité sont jugées comme très faibles voire inexistantes (V de Cramér respectivement de 0,042 et 0,058).

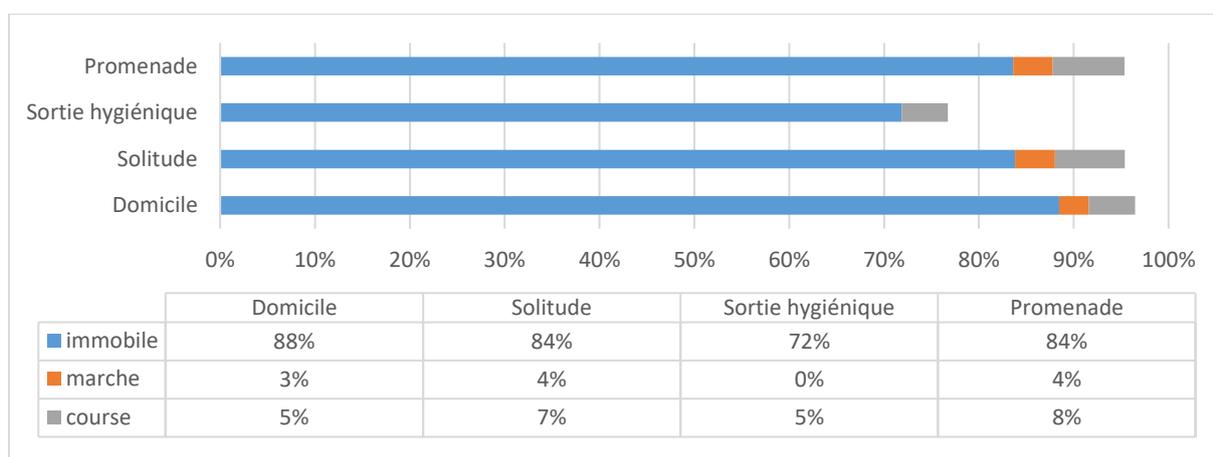


Figure 45 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 9

L'écart entre la barre de donnée et le 100% correspond au temps enregistré sur les autres comportements détectés par le capteur (grattage, manger, aboiement, autre)

3.5.10. Chien n°10

Les données relatives au chien 10 sont représentées sur la Figure 46.

Chez le chien 10, il n'y a pas eu de différence de l'activité physique entre les occupations « domicile avec le propriétaire » et « solitude ». En revanche, on remarque une diminution du temps du temps passé immobile, lors des sorties hygiéniques, comparé à ces deux occupations (81% contre 90%), au profit de temps de marche.

On note également une diminution du temps passé immobile lors des promenades (76%), comparé aux trois autres occupations, toujours au profit de temps de marche.

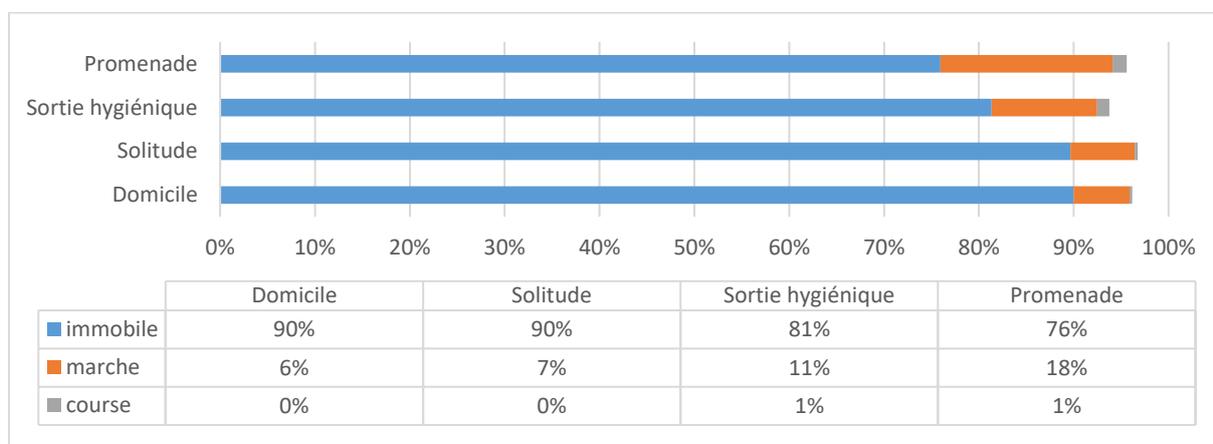


Figure 46 - Activité physique enregistrée selon les occupations du chien 10

L'écart entre la barre de donnée et le 100% correspond au temps enregistré sur les autres comportements détectés par le capteur (grattage, manger, aboiement, autre)

L'association entre occupation et activité physique et celle entre occupation et immobilité sont jugées comme faible et modérée (V de Cramér respectivement de 0,082 et 0,110).

3.5.11. Synthèse

Lorsque l'association entre l'occupation et l'activité physique a été testée, celle-ci s'avère faible, très faible ou inexistante, chez six chiens sur dix, et modérée, forte ou très forte, pour les quatre autres.

Les résultats aux tests de Cramér pour ces modalités sont synthétisés dans le Tableau 10.

Animal	V de Cramér	Interprétation
Chien 1	0,280	Association très forte
Chien 2	0,082	Association faible
Chien 3	0,028	Pas d'association ou association très faible
Chien 4	0,151	Association forte
Chien 5	0,041	Pas d'association ou association très faible
Chien 6	0,045	Pas d'association ou association très faible
Chien 7	0,038	Pas d'association ou association très faible
Chien 8	0,118	Association modérée
Chien 9	0,042	Pas d'association ou association très faible
Chien 10	0,082	Association faible

Tableau 10 – Récapitulatif des tests statistiques (V de Cramér) pour l'association entre l'occupation et l'activité physique (immobilité, marche, course)

L'association entre l'occupation et l'immobilité s'est avérée faible, très faible ou inexistante chez cinq chiens sur dix et modérée, forte ou très forte pour les cinq autres.

Les résultats des tests de Cramér pour ces modalités sont synthétisés dans le Tableau 11.

Animal	V de Cramér	Interprétation
Chien 1	0,210	Association forte
Chien 2	0,114	Association modérée
Chien 3	0,036	Pas d'association ou association très faible
Chien 4	0,213	Association forte
Chien 5	0,049	Pas d'association ou association très faible
Chien 6	0,037	Pas d'association ou association très faible
Chien 7	0,040	Pas d'association ou association très faible
Chien 8	0,165	Association forte
Chien 9	0,058	Association faible
Chien 10	0,110	Association modérée

Tableau 11 – Récapitulatif des test statistiques (V de Cramér) pour l'association entre l'occupation et l'immobilité

La Figure 47 compare les données sur l'immobilité des animaux, au domicile et au cours des promenades, avec l'évaluation subjective des propriétaires.

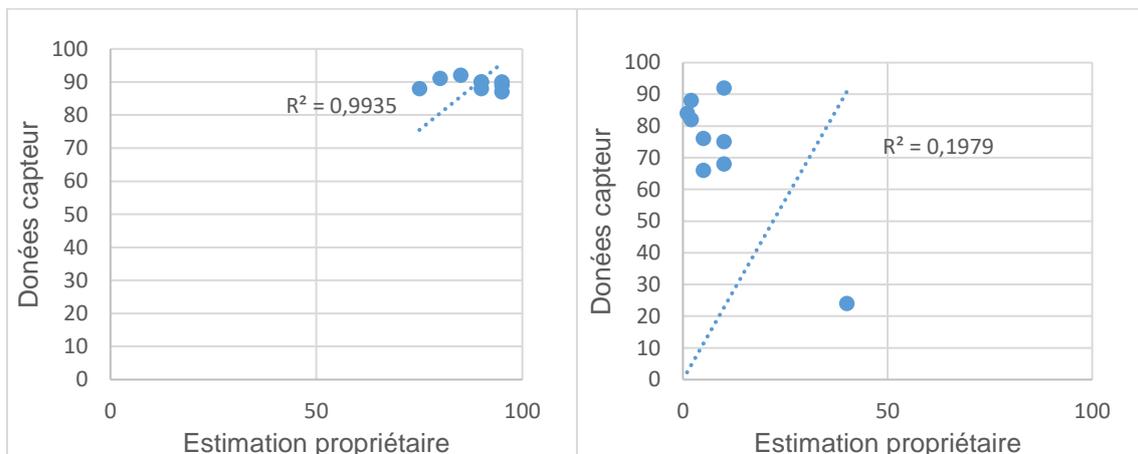


Figure 47 - Comparaison de la mesure du temps passé immobile par le capteur aux estimations des propriétaires, au domicile (gauche) et en promenade (droite)

Ces résultats montrent une très bonne corrélation entre les données fournies par les capteurs et l'estimation réalisée par les propriétaires, lorsque le chien est au domicile ($R^2 = 0,9935$), mais peu de corrélation lors des promenades ($R^2=0,1979$).

3.6. Synthèse des résultats expérimentaux

L'ensemble des résultats obtenus sont résumés dans le Tableau 12.

Chien	Signalement	Indice de Collecte	Mode de vie	Evolution du rythme de vie entre les deux périodes	Activité			Evolution de l'activité entre les deux périodes	Association occupation/activité	Association occupation/immobilité
					Immobilité	Marche	Course			
1	Beagle FS 7,2 ans	50%	- Pas de promenade - Maison avec accès libre au jardin et avec un autre chien	Différence marquée	66%	19%	4%	Modification du temps de course et de marche	Très forte	Forte
2	Croisé MC 3,5 ans	89%	- Promenade en liberté - Appartement sans autre animal - Sorties hygiéniques seul	Stable	88%	5%	3%	Stable	Faible	Modérée
3	Croisé MC 3,7 ans	83%	- Promenade en liberté/mixte - Appartement sans autre animal - Sorties hygiéniques avec congénères	Stable	89%	4%	4%	Stable	Très faible/Inexistante	Très faible/Inexistante
4	Labrador FE 2,1 ans	83%	- Promenade en liberté/laisse - Maison avec jardin avec un autre chien - Sorties hygiéniques seul	Différence légère	87%	6%	2%	Stable	Forte	Forte
5	Croisé FS 2,6 ans	91%	- Promenade mixte - Appartement sans autre animal - Sorties hygiéniques avec congénères	Différence légère	88%	4%	3%	Stable	Très faible/Inexistante	Très faible/Inexistante
6	Pointe MC 4,5 ans	82%	- Promenade en laisse - Appartement avec un chat - Sorties hygiéniques avec congénères	Différence marquée	89%	5%	1%	Stable	Très faible/Inexistante	Très faible/Inexistante
7	Croisé MC 2,7 ans	44%	- Promenade en liberté - Appartement avec un chat - Sorties hygiéniques avec congénères	Non évaluable	91%	4%	1%	Non évaluable	Très faible/Inexistante	Très faible/Inexistante
8	Berger blanc suisse ME 4,3 ans	34%	- Promenade en laisse - Appartement avec un chat - Sorties hygiéniques seul	Non évaluable	89%	6%	2%	Non évaluable	Modérée	Forte
9	Labrador FS 2,6 ans	79%	- Promenade en liberté - Maison avec jardin - 2 autres chiens	Différence légère	87%	6%	3%	Stable	Très faible/Inexistante	Faible
10	Croisé FS 4,5 ans	95%	- Peu de promenades en liberté - Appartement sans autre animal - Sorties hygiéniques avec congénères	Différence légère	88%	7%	1%	Stable	Faible	Modérée
	Moyenne	73%		Moyenne	86%	7%	2%			

Tableau 12 - Récapitulatif des résultats

4. Discussion

Le premier objectif de cette étude était d'évaluer la variation de l'activité physique spontanée, mesurée par les capteurs accéléromètres, au cours de deux phases d'enregistrement de quinze jours, effectuées à un mois d'intervalle.

Pour cela, nous avons d'abord cherché à évaluer la stabilité du rythme de vie des animaux intégrés à l'étude. Il apparaît que 75% des animaux ont vu leur rythme varier entre les deux phases de l'étude. Cette variation est essentiellement liée à une modification du temps de présence du propriétaire au domicile et, par conséquent, du temps de solitude. Cela illustre la problématique principale que représente l'étude de l'activité physique spontanée chez le chien de compagnie, qui est liée à la variabilité du rythme de vie du propriétaire.

En revanche, le temps de promenade est resté équivalent d'une phase à l'autre, chez tous les animaux.

Malgré cette modification du rythme de vie chez certains animaux, les données d'activité enregistrées par les capteurs sont restées stables sur 87,5% de l'effectif. Il est par ailleurs notable que le temps passé immobile a été identique entre les phases de mesure sur l'ensemble des animaux et qu'il représente une grande majorité du temps d'enregistrement.

Dans un second temps, une étude des profils d'activité enregistrées a été menée. Elle révèle que chez 90% des chiens, la répartition du temps passé sur les différents niveaux d'activité (immobilité, marche, course) a été comparable entre les individus, avec en moyenne 86% du temps passé immobile, 7% de temps de marche et 2% de temps de course. Le seul animal dont l'activité enregistrée a été significativement différente des autres est celui qui n'est pas promené et vit en compagnie d'un autre chien avec un accès libre à un jardin. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Spangenberg et coll. (2006), qui révélaient que la mise en place d'un accès à l'extérieur pour des chiens de laboratoire était à l'origine d'une augmentation significative de leur activité (13).

Une étude menée par INVOXIA (Invoxia SAS, Issy-les-moulineaux, France), réalisée sur mille quarante-trois chiens de tous âges, de toutes races et vivant dans des

conditions de vie non précisées montre la répartition du temps, entre les différentes activités, suivante : 73% d'immobilité, 7% de marche et 2% de course (données non publiées).

Il serait intéressant de renouveler notre étude, avec un effectif plus important et avec des profils de chiens, des types de logement et de propriétaires variés, afin d'étudier l'influence de ces différents paramètres sur l'activité spontanée du chien de compagnie. Il est, en effet, important de rappeler que la population étudiée ici est singulière, car constituée de chiens d'étudiants vétérinaires, vivant pour la plupart dans des conditions bien spécifiques, et que l'effectif était limité en nombre.

Nous avons ensuite cherché à évaluer le lien entre l'activité mesurée et les occupations auxquelles étaient confrontées les chiens. L'objectif étant de voir si, à partir du capteur, il était possible d'observer des « profils d'activité » différents, en fonction des occupations. Il était notamment attendu d'observer une augmentation du temps de marche et de course, au cours des promenades. Cette association entre activité et occupation s'est avérée partagée entre les animaux, avec six d'entre eux qui ne montraient à priori pas ou peu de lien identifiable et, les autres, une association modérée à très forte.

L'association entre immobilité et occupation a aussi été très variable, avec la moitié des animaux pour lesquels il n'y a pas eu ou peu de lien et, l'autre moitié, où il y a eu une association modérée à très forte.

Il est surprenant de souligner que le temps d'immobilité, enregistré par les capteurs au cours des promenades, est assez élevé.

Après la première période, il a été demandé aux propriétaires d'estimer le temps, où selon eux, leur animal était resté immobile au cours d'une promenade et à leur domicile. Il y a eu une très bonne corrélation entre la perception des propriétaires et les données remontées par les capteurs au domicile, mais une forte disparité pour les temps de promenade.

Il faut cependant garder à l'esprit que les temps de promenades et de sorties hygiéniques représentent une partie très faible du volume total des données enregistrées au cours de cette étude, comparée au temps de présence du propriétaire

au domicile ou au temps de solitude. Il est dès lors délicat de comparer, avec un degré de confiance élevé, l'activité physique au cours de ces occupations.

Une étude s'intéressant à des intervalles de temps comparables entre les différentes occupations, avec des promenades « standardisées » en temps et en nature pourrait être intéressante à mener pour tenter de répondre à cette question.

Enfin, le dernier objectif et, probablement le plus important de ce projet, était d'appréhender les difficultés de l'étude de l'activité spontanée du chien de compagnie, en particulier d'un point de vue technique. L'utilisation de colliers accéléromètres semble être une solution intéressante pour atteindre cet objectif mais le temps d'immobilité enregistré lors des promenades nous fait douter de la sensibilité du capteur testé.

Nous avons à notre disposition le capteur accéléromètre INVOXIA LWT 200 GPS TRACKER (Invoxia SAS, Issy-les-moulineaux, France), modèle LWT2-IVX-001.

L'utilisation de ce capteur a, par ailleurs, révélé certaines limites. En effet, la qualité de l'enregistrement des données s'est avérée décevante avec un indice de collecte très variable d'un capteur à l'autre. Il est arrivé d'avoir des jours entiers de données perdues, sans pouvoir en identifier de cause. L'absence de retour en temps réel sur le bon fonctionnement des capteurs, sur la disponibilité de stockage sur ces derniers et sur la bonne conduite des enregistrements, s'est avéré être un frein à son utilisation à des fins de recherche.

Une dernière réserve quant à l'utilisation de ce capteur est son incapacité à distinguer immobilité et sommeil, ce qui peut être intéressant dans le cadre du suivi de l'activité physique. Cette distinction est, aujourd'hui encore, très difficile à faire et très peu de capteurs sont capables de la réaliser avec une précision satisfaisante. L'étude de Ladha et Hoffman, menée en 2018 (67), est la seule étude publiée à s'être intéressée à cette question. Les auteurs ont développé un algorithme qui permet de distinguer, à partir des données fournies par le capteur VETSENS® (Castcom Ltd, New Castle, Royaume Uni), l'immobilité et le sommeil, avec une précision rapportée de 86%.

Conclusion

L'utilisation de capteurs accéléromètres présente un intérêt démontré pour l'analyse de la démarche chez l'Homme, le cheval et le chien, et constitue un outil intéressant pour le suivi de certaines affections. Elle permet également d'évaluer objectivement des performances sportives, chez l'Homme ou le cheval.

Cet outil constitue un moyen d'étude, récemment mis en évidence, de l'activité spontanée chez le chien de compagnie, sujet sur lequel les données scientifiques font défaut.

L'étude expérimentale, menée dans ce contexte, a permis de tester le capteur accéléromètre INVOXIA LWT 200 GPS TRACKER (Invoxia SAS, Issy-les-moulineaux, France) et de souligner les difficultés de l'étude de l'activité spontanée du chien de compagnie (variation du rythme de vie induite par le propriétaire, difficulté de contrôler la collecte des données au domicile, etc.).

Si le capteur utilisé semble intéressant pour estimer l'activité physique d'un chien sur des intervalles de temps long sans grande variation d'activité, sa sensibilité semble inadaptée pour une évaluation sur des intervalles courts avec de grandes variations (promenades, sorties hygiéniques, trajets en voiture, etc.).

L'objectif d'enrichir nos connaissances sur l'éthogramme du chien de compagnie n'est que partiellement atteint, en raison du doute qui affecte la validité de nos données, en raison des incohérences d'une partie de nos résultats. Il est toutefois intéressant de noter l'importance du temps passé immobile par les chiens vivant sans un accès libre à l'extérieur, indépendamment de la présence ou non de congénère, en comparaison de celui vivant avec un accès libre au jardin, confirmée par l'appréciation subjective des propriétaires.

Une étude de plus grande envergure, sur une population de plus grand effectif, avec des profils de chiens, des types de logement et de propriétaires variés, est envisagée pour approfondir ces observations.

Bibliographie

1. CALVERT, M. J. et FREEMANTLE, N. Use of health-related quality of life in prescribing research. Part 1: why evaluate health-related quality of life? *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*. 2003. Vol. 28, n° 6, pp. 513-521. DOI 10.1046/j.0269-4727.2003.00521.x.
2. WU, X. Y., HAN, L. H., ZHANG, J. H., LUO, S., HU, J. W. et SUN, K. The influence of physical activity, sedentary behavior on health-related quality of life among the general population of children and adolescents: A systematic review. *PloS One*. 2017. Vol. 12, n° 11, pp. e0187668. DOI 10.1371/journal.pone.0187668.
3. KOTZ, C. M., PEREZ-LEIGHTON, C. E., TESKE, J. A. et BILLINGTON, C. J. Spontaneous Physical Activity Defends Against Obesity. *Current Obesity Reports*. 2017. Vol. 6, n° 4, pp. 362-370. DOI 10.1007/s13679-017-0288-1.
4. BASSEY, E. J. Longitudinal changes in selected physical capabilities: muscle strength, flexibility and body size. *Age and Ageing*. 1998. Vol. 27 Suppl 3, pp. 12-16. DOI 10.1093/ageing/27.suppl_3.12.
5. HILLERÅS, P. K., JORM, A. F., HERLITZ, A. et WINBLAD, B. Activity patterns in very old people: a survey of cognitively intact subjects aged 90 years or older. *Age and Ageing*. 1999. Vol. 28, n° 2, pp. 147-152. DOI 10.1093/ageing/28.2.147.
6. LEWITT, P. A. Neuropharmacological intervention with motor system aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1988. Vol. 515, pp. 376-382. DOI 10.1111/j.1749-6632.1988.tb33012.x.
7. WALSH, J. T., CHARLESWORTH, A., ANDREWS, R., HAWKINS, M. et COWLEY, A. J. Relation of daily activity levels in patients with chronic heart failure to long-term prognosis. *The American Journal of Cardiology*. 1997. Vol. 79, n° 10, pp. 1364-1369. DOI 10.1016/s0002-9149(97)00141-0.
8. WALSH, J. T., ANDREWS, R., EVANS, A. et COWLEY, A. J. Failure of « effective » treatment for heart failure to improve normal customary activity. *British Heart Journal*. 1995. Vol. 74, n° 4, pp. 373-376. DOI 10.1136/hrt.74.4.373.

9. WOJCIECHOWSKA, J. I., HEWSON, C. J., STRYHN, Henrik, GUY, N. C.H., PATRONEK, G. J. et TIMMONS, V. Evaluation of a questionnaire regarding nonphysical aspects of quality of life in sick and healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2005. Vol. 66, n° 8, pp. 1461-1467. DOI 10.2460/ajvr.2005.66.1461.
10. JERRAM, R. M., WALKER, A. M. et WARMAN, C. Proximal tibial intraarticular ostectomy for treatment of canine cranial cruciate ligament injury. *Veterinary surgery: VS*. 2005. Vol. 34, n° 3, pp. 196-205. DOI 10.1111/j.1532-950x.2005.00031.x.
11. PETERSON, K. D. et KEEFE, T. J. Effects of meloxicam on severity of lameness and other clinical signs of osteoarthritis in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2004. Vol. 225, n° 7, pp. 1056-1060. DOI 10.2460/javma.2004.225.1056.
12. TOBLER, I. et SIGG, H. Long-term motor activity recording of dogs and the effect of sleep deprivation. *Experientia*. 1986. Vol. 42, n° 9, pp. 987-991. DOI 10.1007/BF01940702.
13. SPANGENBERG, E., BJÖRKLUND, L. et DAHLBORN, K. Outdoor housing of laboratory dogs: Effects on activity, behaviour and physiology. *Applied Animal Behaviour Science*. 2006. Vol. 98, n° 3-4, pp. 260-276. DOI 10.1016/j.applanim.2005.09.004.
14. HIBY, E, ROONEY, N et BRADSHAW, J. Behavioural and physiological responses of dogs entering re-homing kennels. *Physiology & Behavior*. 2006. Vol. 89, n° 3, pp. 385-391. DOI 10.1016/j.physbeh.2006.07.012.
15. VILLA, P. D., BARNARD, S., FEDE, E. D., PODALIRI, M., CANDELORO, L., NARDO, A. D., SIRACUSA, C. et SERPELL, J. A. Behavioural and physiological responses of shelter dogs to long-term confinement. *Veterinaria Italiana*. 2013. pp. 11. DOI 10.12834/VetIt.2013.492.231.241.
16. ASCH, G., POUSSERY, B. et DESJARDINS, M. *Les capteurs en instrumentation industrielle*. 8e édition. Paris, France : Malakoff, Dunod, 2017. Technique et ingénierie. Série EEA. ISBN 978-2-10-076020-6.

17. Accéléromètres | GO TRONIC. [en ligne]. [Consulté le 2 mars 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.gotronic.fr/art-module-accelerometre-101020051-18956.htm>
18. Dessin accéléromètre | Alliantech [en ligne]. [Consulté le 13 avril 2021]. Disponible à l'adresse : http://www.alliantech.com/components/com_virtuemart/shop_image/product/3023A9_Acc__l__r_4e28386a1fc2f.jpg
19. AUVINET, B., BERRUT, G., TOUZARD, C., MOUTEL, L., COLLET, N., CHALEIL, D. et BARREY, E. Gait Abnormalities in Elderly Fallers. *Journal of Physical Activity*. 2003. Vol. 1, pp. 40-52.
20. AUVINET, B., BERRUT, G., TOUZARD, C., MOUTEL, L., COLLET, N., CHALEIL, D. et BARREY, E. Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device. *Gait and posture*. 2002. Vol. 16, pp. 124-134.
21. AUVINET, B., CHALEIL, D. et BARREY, E. Analyse de la marche humaine dans la pratique hospitalière par une méthode accélérométrique. *Revue de Rhumatologie*. 1999. N° 66, pp. 447-457.
22. AUVINET, B., BARREY, E. et CHALEIL, D. Gait analysis in coxarthrosis using an accelerometric device. *Rheumatic Diseases*. 2004. N° 63, pp. 365-366.
23. AUVINET, B., BILECKOT, R., ALIX, AS., CHALEIL, D. et BARREY, E. Gait disorders in patients with fibromyalgia. *Joint Bone Spine*. 2006. Vol. 73, pp. 543-546.
24. NAPOLITANO, M. A., BORRADAILE, K. E., LEWIS, B. A., WHITELEY, J. A., LONGVAL, J. L., PARISI, A. F., ALBRECHT, A. E., SCIAMANNA, C. N., JAKICIC, J. M., PAPANDONATOS, G. D. et MARCUS, B. H. Accelerometer Use in a Physical Activity Intervention Trial. *Contemporary clinical trials*. 2010. Vol. 31, n° 6, pp. 514-523. DOI 10.1016/j.cct.2010.08.004.
25. LE BRIS, R., GIRARD, O., MILLET, G. P., AUVINET, B. et BARREY, E. Relations entre la consommation d'oxygène et des mesures accélérométriques en course à pied sur piste. *Science & Sports*. 2005. Vol. 20, n° 2, pp. 91-94. DOI 10.1016/j.scispo.2004.07.004.

26. GARATACHEA, N., TORRES LUQUE, G. et GONZÁLEZ GALLEGO, J. Physical activity and energy expenditure measurements using accelerometers in older adults. *Nutricion Hospitalaria*. 2010. Vol. 25, n° 2, pp. 224-230.
27. VAN WEERING, M. G. H., VOLLENBROEK-HUTTEN, M. M. R., TÖNIS, T. M. et HERMENS, H. J. Daily physical activities in chronic lower back pain patients assessed with accelerometry. *European Journal of Pain (London, England)*. 2009. Vol. 13, n° 6, pp. 649-654. DOI 10.1016/j.ejpain.2008.07.005.
28. WEIKERT, M., MOTL, R. W., SUH, Y., MCAULEY, E. et WYNN, D. Accelerometry in persons with multiple sclerosis: measurement of physical activity or walking mobility? *Journal of the Neurological Sciences*. 2010. Vol. 290, n° 1-2, pp. 6-11. DOI 10.1016/j.jns.2009.12.021.
29. MIZUIKE, C., OHGI, S. et MORITA, S. Analysis of stroke patient walking dynamics using a tri-axial accelerometer. *Gait & Posture*. 2009. Vol. 30, n° 1, pp. 60-64. DOI 10.1016/j.gaitpost.2009.02.017.
30. BRANDES, M., RINGLING, M., WINTER, C., HILLMANN, A. et ROSENBAUM, D. Changes in physical activity and health-related quality of life during the first year after total knee arthroplasty. *Arthritis Care & Research*. 2011. Vol. 63, n° 3, pp. 328-334. DOI 10.1002/acr.20384.
31. AUVINET, B., GLORIA, E., RENAULT, G. et BARREY, E. Runner's stride analysis: Comparison of kinematic and kinetic analyses under field conditions. *Science & Sports*. 2002. Vol. 17, pp. 92-94.
32. TSIVGOULIS, S. D., PAPAGELOPOULOS, P. J., EFSTATHOPOULOS, N., PAPADAKIS, N. C., KAMPANIS, N. A., CHRISTAKIS, D. G. et KATONIS, P. G. Accelerometry for evaluation of gait pattern in healthy soccer athletes. *The Journal of International Medical Research*. 2009. Vol. 37, n° 6, pp. 1692-1700. DOI 10.1177/147323000903700604.
33. WEISS, A., SHIMKIN, I., GILADI, N. et HAUSDORFF, J. M. Automated detection of near falls: algorithm development and preliminary results. *BMC Research notes*. 2010. Vol. 3, pp. 62. DOI 10.1186/1756-0500-3-62.

34. NIJSEN, T., ARENDS, J., GRIEP, P. et CLUITMANS, P. The potential value of three-dimensional accelerometry for detection of motor seizures in severe epilepsy. *Epilepsy & Behavior*. 2005. Vol. 7, n° 1, pp. 74-84. DOI 10.1016/j.yebeh.2005.04.011.
35. BARREY, E., HERMELIN, M., VAUDELIN, J. L., POIREL, D. et VALETTE, J. P. Utilisation of an accelerometric device in equine gait analysis. *Equine Veterinary Journal*. 1994. Vol. 26, n° S17, pp. 7-12. DOI 10.1111/j.2042-3306.1994.tb04864.x.
36. BAILLY, Capucine. *Validation d'un système accélérométrique de quantification des boïteries chez le trotteur attelé dans les conditions de l'exercice sportif intensif* [en ligne]. Paris : EnvA, 2009. [Consulté le 2 mars 2021]. Disponible à l'adresse : <http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=1002>
37. BARREY, E., GALLOUX, P. et BIAU, S. Relation entre l'aptitude du cheval de C.S.O. et les caractéristiques de la foulée d'appel. *Association Pégase-Mayenne*. 1997. Vol. 4, pp. 12-13.
38. BARREY, E. et GALLOUX, P. Analyses des allures chez le cheval de dressage : Exemples et perspectives d'applications. *EquiAthlon*. 1995. Vol. 7, pp. 14-21.
39. BARREY, E. Gait analysis for performance diagnoses of race horses. *Equine Veterinary Journal*. 1998. Vol. 17, pp. 156-160.
40. BARREY, E. et LANGLOIS, B. Locomotion et détection précoce des meilleurs chevaux. *INRA Mensuel*. 1998. Vol. 95, pp. 25-28.
41. Equisense Shop | Your digital horse riding companion. [en ligne]. [Consulté le 18 mars 2021]. Disponible à l'adresse : <https://equisense.com/?lang=fr>
42. HÉVIN ZACCARON, Claire. *Etude expérimentale de l'évolution de la locomotion du cheval avec l'adaptation de la selle au couple cheval-cavalier* [en ligne]. Toulouse : ENVT, 2020. [Consulté le 18 février 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/341266734_ETUDE_EXPERIMENTALE_DE_L'EVOLUTION_DE_LA_LOCOMOTION_DU_CHEVAL_AVEC_L'ADAPTATION_DE_LA_SELLE_AU_COUPLE_CHEVAL-CAVALIER
43. BARREY, E. et DESBROSSE, F. Lameness detection using an accelerometric device. *Pferdeheilkunde*. 1996. Vol. 12, pp. 617-622. DOI 10.21836/PEM19960456.

44. KEEGAN, KG. Head movement pattern in horses with forelimb and hindlimb lameness. *American Association of Equine Practitioners*. 2005. Vol. 14, pp. 114-120.
45. KEEGAN, KG. Pelvic movement pattern in horses with hindlimb and forelimb lameness. *American Association of Equine Practitioners*. 2005. Vol. 9, pp. 121-127.
46. KEEGAN, KG., ROSS, MW. et DYSON, SJ. Gait Analysis and Quantification of Lameness. In : *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Philadelphie, Etats-Unis : SAUNDERS W.B., 2010. pp. 245-251. ISBN 978-1-4160-6069-7.
47. KEEGAN, KG., YONEZAWA, Y., PAI, PF. et WILSON, DA. Accelerometer-based system for the detection of lameness in horses. *Biomedical Science Instrument*. 2002. Vol. 38, pp. 107-112.
48. KEEGAN, KG., YONEZAWA, Y., PAI, PF., WILSON, DA. et KRAMER, J. Evaluation of a sensor-based system of motion analysis for detection and quantification of forelimb and hind limb lameness in horses. *American Journal of Veterinary Research*. 2004. Vol. 65, pp. 665-670. DOI 10.2460/ajvr.2004.65.665.
49. BARREY, E., DEMONCEAU, T. et VALETTE, J. P. Influence des caractéristiques de la locomotion sur la dépense énergétique. *EquAthlon*. 1990. Vol. 3, pp. 20-26.
50. HANSEN, B. D., LASCELLES, B., KEENE, B. W., ADAMS, A. K. et THOMSON, A. E. Evaluation of an accelerometer for at-home monitoring of spontaneous activity in dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2007. Vol. 68, n° 5, pp. 468-475. DOI 10.2460/ajvr.68.5.468.
51. BARTHÉLÉMY, Inès et THIBAUD, Jean-Laurent. *Evaluation quantitative du chien GRMD par accélérométrie et imagerie par résonance magnétique nucléaire des muscles appendiculaires* [en ligne]. Paris : EnvA, 2012. [Consulté le 3 mars 2021]. Disponible à l'adresse : <http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=1765>
52. BARTHÉLÉMY, I., BARREY, E., THIBAUD, J.-L., URIARTE, A., VOIT, T., BLOT, S. et HOGREL, J.-Y. Gait analysis using accelerometry in dystrophin-deficient dogs. *Neuromuscular disorders*. 2009. Vol. 19, n° 11, pp. 788-796. DOI 10.1016/j.nmd.2009.07.014.

53. KURAOKA, M., NITAHARA-KASAHARA, Y., TACHIMORI, H., KATO, N., SHIBASAKI, H., SHIN, A., AOKI, Y., KIMURA, E. et TAKEDA, S. Accelerometric outcomes of motor function related to clinical evaluations and muscle involvement in dystrophic dogs. *PloS One*. 2018. Vol. 13, n° 12, pp. e0208415. DOI 10.1371/journal.pone.0208415.
54. PILLARD, Paul. *Contribution à l'analyse de la marche par accélérométrie tridimensionnelle chez le chien* [en ligne]. Lyon : VetAgroSup, 2012. [Consulté le 2 mars 2021]. Disponible à l'adresse : http://www2.vetagro-sup.fr/bib/fondoc/th_sout/dl.php?file=2012lyon012.pdf
55. PILLARD, P., FERRAND, FX. et VIGUIER, E. 3D accelerometric gait analysis in dogs using smartphone. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2013. Vol. 16, pp. 136-138. DOI 10.1080/10255842.2013.815879.
56. HAYATI, H., MAHDAVI, F. et EAGER, D. Analysis of Agile Canine Gait Characteristics Using Accelerometry. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2019. Vol. 19, n° 20, pp. 4379-99. DOI 10.3390/s19204379.
57. BENTLER, P; M. Specificity-enhanced reliability coefficients. *Psychological Methods*. septembre 2017. Vol. 22, n° 3, pp. 527-540. DOI 10.1037/met0000092.
58. YAM, P. S., PENPRAZE, V., YOUNG, D., TODD, M. S., CLONEY, A. D., HOUSTON-CALLAGHAN, K. A. et REILLY, J. J. Validity, practical utility and reliability of Actigraph accelerometry for the measurement of habitual physical activity in dogs. *The Journal of Small Animal Practice*. 2011. Vol. 52, n° 2, pp. 86-91. DOI 10.1111/j.1748-5827.2010.01025.x.
59. YASHARI, J. M., DUNCAN, C. G. et DUERR, F. M. Evaluation of a novel canine activity monitor for at-home physical activity analysis. *BMC Veterinary Research*. 2015. Vol. 11, pp. 146. DOI 10.1186/s12917-015-0457-y.
60. BELDA, B., ENOMOTO, M., CASE, B. C. et LASCELLES, B. D. X. Initial evaluation of PetPace activity monitor. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*. 2018. Vol. 237, pp. 63-68. DOI 10.1016/j.tvjl.2018.05.011.

61. MEJIA, S., DUERR, F. M. et SALMAN, M. Comparison of activity levels derived from two accelerometers in dogs with osteoarthritis: Implications for clinical trials. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*. 2019. Vol. 252, pp. 105355. DOI 10.1016/j.tvjl.2019.105355.
62. WESTGARTH, C. et LADHA, C. Evaluation of an open source method for calculating physical activity in dogs from harness and collar based sensors. *BMC Veterinary Research*. 2017. Vol. 13, n° 1, pp. 322. DOI 10.1186/s12917-017-1228-8.
63. PRESTON, T., BALTZER, W. et TROST, S. Accelerometer validity and placement for detection of changes in physical activity in dogs under controlled conditions on a treadmill. *Research in Veterinary Science*. 2012. Vol. 93, n° 1, pp. 412-416. DOI 10.1016/j.rvsc.2011.08.005.
64. MICHEL, K. E. et BROWN, D. C. Determination and application of cut points for accelerometer-based activity counts of activities with differing intensity in pet dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2011. Vol. 72, n° 7, pp. 866-870. DOI 10.2460/ajvr.72.7.866.
65. GERENCSÉR, L., VÁSÁRHELYI, G., NAGY, M., VICSEK, T. et MIKLÓSI, A. Identification of behaviour in freely moving dogs (*Canis familiaris*) using inertial sensors. *PloS One*. 2013. Vol. 8, n° 10, pp. e77814. DOI 10.1371/journal.pone.0077814.
66. DEN UIJL, I., GÓMEZ ÁLVAREZ, C., BARTRAM, D., DROR, Y., HOLLAND, R. et COOK, A. External validation of a collar-mounted triaxial accelerometer for second-by-second monitoring of eight behavioural states in dogs. *PloS One*. 2017. Vol. 12, n° 11, pp. e0188481. DOI 10.1371/journal.pone.0188481.
67. LADHA, C. et HOFFMAN, C. L. A Combined Approach to Predicting Rest in Dogs Using Accelerometers. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2018. Vol. 18, n° 8, pp. 2649-60. DOI 10.3390/s18082649.
68. MARTIN, Kyle W., OLSEN, Anastasia M., DUNCAN, Colleen G. et DUERR, Felix M. The method of attachment influences accelerometer-based activity data in dogs. *BMC Veterinary Research*. 2017. Vol. 13. DOI 10.1186/s12917-017-0971-1.

69. DOW, C., MICHEL, K. E., LOVE, M. et BROWN, D. Evaluation of optimal sampling interval for activity monitoring in companion dogs. *American journal of veterinary research*. 2009. Vol. 70, n° 4, pp. 444-448. DOI 10.2460/ajvr.70.4.444.
70. BROWN, D., MICHEL, K. E., LOVE, M. et DOW, C. Evaluation of the effect of signalment and body conformation on activity monitoring in companion dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2010. Vol. 71, n° 3, pp. 322-325. DOI 10.2460/ajvr.71.3.322.
71. MICHEL, K. E. et BROWN, D. C. Association of signalment parameters with activity of pet dogs. *Journal of Nutritional Science*. 2014. Vol. 3. DOI 10.1017/jns.2014.49.
72. MORRISON, R., PENPRAZE, V., GREENING, R., UNDERWOOD, T., REILLY, J. J. et YAM, P. S. Correlates of objectively measured physical activity in dogs. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*. 2014. Vol. 199, n° 2, pp. 263-267. DOI 10.1016/j.tvjl.2013.11.023.
73. MORRISON, R., PENPRAZE, V., BEBER, A., REILLY, J. J. et YAM, P. S. Associations between obesity and physical activity in dogs: a preliminary investigation. *The Journal of Small Animal Practice*. 2013. Vol. 54, n° 11, pp. 570-574. DOI 10.1111/jsap.12142.
74. ZANGHI, B. M., GARDNER, C., ARAUJO, J. A. et MILGRAM, N. W. Diurnal changes in core body temperature, day/night locomotor activity patterns, and actigraphy-generated behavioral sleep in aged canines with varying levels of cognitive dysfunction. *Neurobiology of Sleep and Circadian Rhythms*. 2016. Vol. 1, pp. 8-18. DOI 10.1016/j.nbscr.2016.07.001. DOI: 10.1016/j.nbscr.2016.07.001
75. WRIGGLESWORTH, D., MORT, E., UPTON, S. et MILLER, A. Accuracy of the use of triaxial accelerometry for measuring daily activity as a predictor of daily maintenance energy requirement in healthy adult Labrador Retrievers - PubMed. *American Journal of Veterinary Research*. 2011. Vol. 72, n° 9, pp. 1151-1155.

76. MORRISON, R., REILLY, J. J., PENPRAZE, V., PENDLEBURY, E. et YAM, P. S. A 6-month observational study of changes in objectively measured physical activity during weight loss in dogs. *The Journal of Small Animal Practice*. 2014. Vol. 55, n° 11, pp. 566-570. DOI 10.1111/jsap.12273.
77. HELM, J., MCBREARTY, A., FONTAINE, S., MORRISON, R. et YAM, P. Use of accelerometry to investigate physical activity in dogs receiving chemotherapy. *The Journal of Small Animal Practice*. 2016. Vol. 57, n° 11, pp. 600-609. DOI 10.1111/jsap.12587.
78. MULLER, C., GINES, J. A., CONZEMIUS, M., MEYERS, R. et LASCELLES, B. D. X. Evaluation of the effect of signalment and owner-reported impairment level on accelerometer-measured changes in activity in osteoarthritic dogs receiving a non-steroidal anti-inflammatory. *The Veterinary Journal*. 2018. Vol. 242, pp. 48-52. DOI 10.1016/j.tvjl.2018.10.005.
79. PELLEGRINO, Natacha. *Mise au point d'une nouvelle méthode d'évaluation de l'activité des chiens GRMD à l'aide de l'actimétrie* [en ligne]. Paris : EnvA, 2016. [Consulté le 2 mars 2021]. Disponible à l'adresse : <http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=1969>
80. MORGENTHALER, T., ALESSI, C., FRIEDMAN, L., OWENS, J., KAPUR, V., BOEHLECKE, B., BROWN, T., CHESSON, A., COLEMAN, J., LEE-CHIONG, T., PANCER, J. et SWICK, T. J. Practice Parameters for the Use of Actigraphy in the Assessment of Sleep and Sleep Disorders: An Update for 2007. *Sleep*. 2007. Vol. 30, n° 4, pp. 519-529. DOI 10.1093/sleep/30.4.519.
81. ANCOLI-ISRAEL, S., COLE, R., ALESSI, C., CHAMBERS, M., MOORCROFT, W. et POLLAK, C. The Role of Actigraphy in the Study of Sleep and Circadian Rhythms. *Sleep*. 2003. Vol. 26, n° 3, pp. 342-392. DOI 10.1093/sleep/26.3.342.
82. WALTERS, A. S., LAVIGNE, G., HENING, Wayne, PICCHIETTI, D. L., ALLEN, R., CHOKROVERTY, S., KUSHIDA, C., BLIWISE, D. L., MAHOWALD, M. W., SCHENCK, C. H. et ANCOLI-ISRAEL, S. The scoring of movements in sleep. *Journal of clinical sleep medicine: JCSM: official publication of the American Academy of Sleep Medicine*. 2007. Vol. 3, n° 2, pp. 155-167.

83. BLACKWELL, T., REDLINE, S., ANCOLI-ISRAEL, S., SCHNEIDER, J. L., SUROVEC, S., JOHNSON, N. L., CAULEY, J. A., STONE, K. L., et STUDY OF OSTEOPOROTIC FRACTURES RESEARCH GROUP. Comparison of sleep parameters from actigraphy and polysomnography in older women: the SOF study. *Sleep*. 2008. Vol. 31, n° 2, pp. 283-291. DOI 10.1093/sleep/31.2.283.
84. BLACKWELL, T., ANCOLI-ISRAEL, S., REDLINE, S., STONE, K. L., et OSTEOPOROTIC FRACTURES IN MEN (MROS) STUDY GROUP. Factors that may influence the classification of sleep-wake by wrist actigraphy: the MrOS Sleep Study. *Journal of clinical sleep medicine*. 2011. Vol. 7, n° 4, pp. 357-367. DOI 10.5664/JCSM.1190.
85. JOHN, J., WU, M. F. et SIEGEL, J. M. Systemic administration of hypocretin-1 reduces cataplexy and normalizes sleep and waking durations in narcoleptic dogs. *Sleep research online*. 2000. Vol. 3, n° 1, pp. 23-28.
86. ZANGHI, B. M., KERR, W., GIERER, J., DE RIVERA, C., ARAUJO, J. A. et MILGRAM, N. W. Characterizing behavioral sleep using actigraphy in adult dogs of various ages fed once or twice daily. *Journal of Veterinary Behavior*. 2013. Vol. 8, n° 4, pp. 195-203. DOI 10.1016/j.jveb.2012.10.007.
87. MATHIAS, J. L., CANT, M. L. et BURKE, A. L. J. Sleep disturbances and sleep disorders in adults living with chronic pain: a meta-analysis. *Sleep Medicine*. 2018. Vol. 52, pp. 198-210. DOI 10.1016/j.sleep.2018.05.023.
88. GRUEN, M. E., SAMSON, D. R. et LASCELLES, B. D. X. Functional linear modeling of activity data shows analgesic-mediated improved sleep in dogs with spontaneous osteoarthritis pain. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9, n° 1, pp. 14192. DOI 10.1038/s41598-019-50623-0.
89. WERNIMONT, S. M., THOMPSON, R. J., MICKELSEN, S., SMITH, S. C., ALVARENGA, I. C. et GROSS, K. L. Use of Accelerometer Activity Monitors to Detect Changes in Pruritic Behaviors: Interim Clinical Data on 6 Dogs. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2018. Vol. 18, n° 1, pp. 249-64. DOI 10.3390/s18010249.

90. MUÑANA, K. R., NETTIFEE, J. A., GRIFFITH, E. H., EARLY, P. J. et YODER, N. C. Evaluation of a collar-mounted accelerometer for detecting seizure activity in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2020. Vol. 34, n° 3, pp. 1239-1247. DOI 10.1111/jvim.15760.
91. Invoxia Pet Tracker. *Invoxia* [en ligne]. [Consulté le 18 mars 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.invoxia.com/fr/pet-tracker>
92. AKOGLU, H. User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*. 2018. Vol. 18, n° 3, pp. 91-93. DOI 10.1016/j.tjem.2018.08.001.

Annexes

Annexe 1 – Notice d'information à l'attention des propriétaires



NOTICE D'INFORMATION

ETUDE PILOTE SUR LA MISE EN PLACE D'UN PROTOCOLE D'ÉVALUATION DE L'ACTIVITÉ SPONTANÉE D'UN CHIEN DE COMPAGNIE (CANIS LUPUS FAMILIARIS) À PARTIR D'UN COLLIER ACCELEROMETRE.

Investigateur principal : **Etienne ESCANDE**

Responsable scientifique : **Nathalie PRIYMENKO**

Dans le cadre de ma thèse vétérinaire je vous propose de participer à une étude scientifique intitulée :

Etude pilote sur la mise en place d'un protocole d'évaluation de l'activité spontanée d'un chien de compagnie à partir d'un collier accéléromètre.

Lisez attentivement l'ensemble des informations suivantes avant d'accepter de participer à l'expérience.

1° Cadre général et objectifs de l'étude

Cette étude a pour but de déterminer un protocole permettant d'évaluer le niveau d'activité spontané d'un chien de compagnie à l'aide d'un collier muni d'un accéléromètre. Il s'agit d'une étude pilote s'inscrivant dans un vaste projet de développement d'un outil destiné à détecter plus précocement certaines maladies liées au vieillissement du chien, avant leur expression clinique.

Afin de répondre à cette question, votre participation ainsi que celle de votre chien ont été sollicitées.

Votre participation est entièrement volontaire : vous êtes libres d'accepter ou de refuser de participer à cette recherche. Vous pouvez interrompre votre participation à tout moment, et ce, quel que soit le motif.

Notez que votre participation à cette étude n'entraînera pas de rémunération associée, mais n'occasionnera pas non plus de frais à votre charge, puisque nous vous fournirons tout le matériel nécessaire à l'étude.

Votre engagement à participer à cette étude, bien que volontaire, impliquera de bien vouloir respecter le protocole, remplir quotidiennement et scrupuleusement le journal de bord qui vous sera remis.

2° Déroulement de l'étude, durée de participation et méthodes

Une consultation au début de l'étude sera réalisée pour s'assurer que votre chien est apte à y participer. A cette occasion un questionnaire sera rempli sur votre mode de vie et celui de votre chien.

Une première période de mesure débutera alors la semaine suivante, dès le lundi, et ce pour une durée de 14 jours. Durant cette période votre rythme de vie ainsi que celui de votre animal devront être habituels (éviter les vacances, voyages, etc.). Un journal de bord vous sera remis et devra être rempli quotidiennement avec le détail de vos absences et des promenades réalisées avec votre chien. **Le collier devra être porté en permanence (sauf en cas de baignade, le collier n'étant pas étanche).**

Une seconde période de mesure, identique à la première aura lieu un mois plus tard. Votre rythme de vie ainsi que celui de votre animal devront être identiques à ceux de la première période. Enfin une troisième période aura lieu à la fin du printemps.

A l'issue de chaque période les données du tracker devront être déchargées. Pour cela j'ai besoin d'avoir accès au collier.

Toutes les données seront traitées de façon confidentielle et anonyme, et seuls les chercheurs responsables de cette étude y auront accès. A l'issue de cette étude, vous aurez le droit d'être informés des résultats globaux de cette recherche. Les résultats de cette étude pourront être présentés lors de congrès ou dans des publications scientifiques. Cependant, les données personnelles de votre animal ne seront aucunement identifiables et votre anonymat sera respecté.

3° Risques éventuels et contraintes

Cette étude ne présente aucun risque pour votre animal.

Le journal de bord qui vous est remis doit être rempli tous les jours, avec honnêteté et précision.

4° Conditions requises pour participer à l'étude

Aucun critère de race ni de taille n'est imposé pour cette étude.
Pour participer à cette étude, votre chien devra avoir minimum 2 ans et au maximum 8 ans.

Si votre chien est une femelle, sachez qu'en cas de gestation, celle-ci ne pourra participer/poursuivre l'étude. Merci de noter dans « remarques » du journal de bord le premier jour de ses chaleurs et le dernier jour supposé, si elles apparaissent durant l'étude.

Votre chien doit être chez vous depuis plus d'un mois et doit être habitué à porter un collier.

Votre chien ne doit présenter aucune anomalie à l'examen clinique réalisé au début de l'étude.

Votre chien ne doit pas présenter de problème médical, y compris des antécédents de crises convulsives ou tout autre trouble sensoriel ou médical pouvant perturber sa motricité. Le traitement antiparasitaire externe doit être à jour au début de l'étude et maintenu durant toute la durée de l'étude.

Vous ne devez pas changer l'environnement de votre chien ou acquérir un nouveau chien durant toute la durée de l'étude.

Annexe 2 - Lettre de consentement éclairé

Projet Thèse Vétérinaire Etienne ESCANDE

Etude pilote sur la mise en place d'un protocole d'évaluation de l'activité spontanée d'un chien de compagnie à partir d'un collier accéléromètre

Lettre de consentement éclairé - Novembre 2020

Je soussigné(e)

demeurant à

reconnait avoir été informé(e) par Etienne ESCANDE, étudiant vétérinaire à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse de l'intégralité des procédures mises en jeu lors de l'étude « *Etude pilote sur la mise en place d'un protocole d'évaluation de l'activité spontanée d'un chien de compagnie à partir d'un collier accéléromètre* » menée dans le cadre d'une thèse d'exercice vétérinaire, via une « notice d'information ».

J'accepte librement que mon animal, chien de race/type..... et âgé de an(s), soit inclus dans cette étude.

J'atteste avoir compris les bénéfices attendus et les contraintes obligatoires liés à la mise en œuvre de cette étude et qui ont été clairement énoncés dans la « notice d'information ».

J'ai noté que la participation à l'étude clinique n'occasionne aucun frais à ma charge et qu'elle ne s'accompagne pas non plus d'une rémunération associée.

Je m'engage cependant à prendre soin du collier tracker qui m'est remis et à le restituer à la fin de l'étude. En cas de dégradation de mon fait ou de perte, je m'engage à rembourser la valeur du collier (120€).

J'ai été prévenu(e) que j'ai le droit à tout moment et pour quelle que raison que ce soit de retirer mon animal de l'étude, en prenant le soin d'en informer Etienne ESCANDE.

J'autorise Etienne ESCANDE à utiliser les données de mon animal de manière anonyme dans le but d'améliorer l'état des connaissances scientifiques et techniques sur le sujet. Je consens cependant à la levée de l'anonymat si celle-ci est demandée par les autorités publiques.

Je déclare avoir eu toutes les réponses à mes questions.

Fait à

Le

Signature du propriétaire ou détenteur de l'animal

Annexe 3 - Questionnaire d'entrée



QUESTIONNAIRE D'ENTREE

ETUDE PILOTE SUR LA MISE EN PLACE D'UN PROTOCOLE D'EVALUATION DE L'ACTIVITE SPONTANEE D'UN CHIEN DE COMPAGNIE (CANIS LUPUS FAMILIARIS) A PARTIR D'UN COLLIER ACCELEROMETRE.

Investigateur principal : **Etienne ESCANDE**

1- Propriétaire

Nom : Prénom :

Date de naissance :/...../..... Téléphone :

Profession :

Jours travaillés (sur les périodes d'étude) : Lun Mar Mer Jeu Ven Sam Dim

Horaires de travail (approximatifs) :

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche

2- Cadre de vie

Adresse :

Code Postal : Ville :

Type de logement : Maison Jardin (taille :) Etage(s) :
 Appartement Etage : Ascenseur

Superficie :

Nombre de personnes dans le foyer : Nombre d'enfants : (Préciser les âges)

Ce nombre peut-il évoluer au sein de la semaine ? Non Oui (préciser)

3- Animal

Nom : Race: Croisé

Date de naissance :/...../..... Mâle Femelle Stérilisé

Année d'adoption : 20..... Age à l'adoption :

Lieu d'adoption : Elevage Particulier refuge autre :

APE : Produit : Fréquence : mois Dernière application :/.....

Antécédents médicaux :

Contention en l'absence : Accès extérieur Limité à une pièce Tout le domicile

Bêtises ? si oui décrire :

Commentaires : (préciser si autres animaux, taille de l'espace auquel le chien à accès en l'absence).....

Annexe 4 - Journal de bord

Phase 1 - Jour 1

Date :/...../.....

Activité du propriétaire :

Jour travaillé plein temps

Jour travaillé mi-temps

Jour de repos

Absences

Heure de départ	Heure d'arrivée	Intérieur strict	Accès à l'extérieur

Promenades

Heure de départ	Heure de retour	Contention (laisse, liberté, mixte)	Descriptif de la promenade (Hygiénique, marche, jogging, VTT, ...)

Evènement particulier :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Annexe 5 - Rapport d'approbation du comité d'éthique

Comité d'éthique en expérimentation animale
SCIENCE ET SANTE ANIMALES N°115

Ecole Nationale Vétérinaire
23 chemin des Capelles
BP 87614
31076 TOULOUSE cedex 3

A l'attention de

Dr N PRIYMENKO

A Toulouse le 12 février 2021

Objet : Avis du comité d'éthique SSA N°115 concernant l'utilisation des animaux à des fins scientifiques dans votre projet.

Titre du projet : ETUDE PILOTE SUR LA MISE EN PLACE D'UN PROTOCOLE D'EVALUATION DE L'ACTIVITE SPONTANEE D'UN CHIEN DE COMPAGNIE (CANIS LUPUS FAMILIARIS) A PARTIR D'UN COLLIER ACCELEROMETRE.

Votre dossier a reçu un avis favorable du comité SSA, enregistré sous le numéro SSA_2020_020.

La présidente,

Annabelle MEYNADIER



*Présidente : Dr Annabelle Meynadier - Ecole Nationale Vétérinaire- 23, chemin des Capelles
- BP 87614 - 31076 Toulouse cedex 3 - Tel : 0561193270 - Fax : 0561193911*

COM-PROC-002-Annexe 3

Contribution à l'étude de l'éthogramme du chien de compagnie (*Canis lupus familiaris*) à l'aide de colliers accéléromètres : étude expérimentale

Auteur : Etienne ESCANDE

Résumé

Chez le chien de compagnie, les données relatives à l'activité spontanée font défaut dans la littérature scientifique, en raison de la difficulté de trouver un système de mesure adapté. L'utilisation de colliers accéléromètres semble représenter une solution prometteuse.

Notre étude expérimentale avait pour objectif de mesurer et de décrire l'activité spontanée de dix chiens de compagnie, dans leurs conditions de vie habituelles, au cours de deux périodes d'enregistrement de deux semaines. Pour cela, ils ont été équipés du capteur INVOXIA LWT 200 GPS TRACKER (Invoxia SAS, Issy-les-moulineaux, France), dont la fiabilité, pour ce type d'utilisation a été testée, à cette occasion.

Les résultats montrent que les chiens passent en moyenne 86% de leur temps immobile, 7% à marcher et 2% à courir. Cette répartition de l'activité est relativement homogène au sein de notre échantillon (9/10 chiens) et est stable entre les deux périodes d'enregistrement, malgré une variation modérée du rythme de vie, liée aux activités du propriétaire. Il n'a cependant pas été possible de distinguer les temps de promenades, du temps passé au domicile à partir des données, faisant douter de la sensibilité du capteur à détecter les mouvements sur des intervalles de temps restreints.

Mots-Clés : Activité spontanée, chien, accélérométrie, mouvement, comportement

Contribution to the study of the pet dog ethogram (*Canis lupus familiaris*) using accelerometer collars: an experimental study.

Author: Etienne ESCANDE

Abstract

In companion dogs, data on spontaneous activity are lacking in the scientific literature, due to the difficulty of finding a suitable measurement system. The use of accelerometer collars seems to represent a promising solution.

The objective of our experimental study was to measure and describe the spontaneous activity of ten companion dogs, under their usual living conditions, during two two-week recording periods. Dogs were fitted with the sensor INVOXIA LWT 200 GPS TRACKER (Invoxia SAS, Issy-les-moulineaux, France), whose reliability, for this type of use was tested, on this occasion.

The results show that dogs spend on average 86% of their time motionless, 7% walking and 2% running. This distribution of activity is relatively homogeneous within our sample (9/10 dogs) and is stable between the two recording periods, despite a moderate variation in the pace of life, related to the owner's activities. However, it was not possible, with our data, to distinguish the time spent at home from walking times, raising doubts about the sensitivity of the sensor to detect movement on restricted time intervals.

Keywords: spontaneous activity, dog, accelerometer, moving, behavior