



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



ARTICLE ORIGINAL

Étude rétrospective des infections du site opératoire en chirurgie orthopédique vétérinaire : prévalence et facteurs de risque chez les animaux de compagnie[☆]

Retrospective study of surgical site infections in veterinary orthopedic surgery: Prevalence and risk factors in companion animals

F. Sanspoux

Service de chirurgie, clinique Sirius, 2, rue de Bourdelas, 87270 Couzeix, France

Reçu le 28 janvier 2025 ; accepté le 15 juillet 2025

MOTS CLÉS

Infections du site opératoire ;
Pseudomonas aeruginosa ;
Animaux de compagnie ;
Facteurs de risque ;
Antibioprophylaxie

Résumé Cette étude rétrospective analyse la prévalence et les facteurs de risque des infections du site opératoire (ISO) après chirurgie orthopédique chez 150 chiens et chats opérés entre juillet 2022 et juillet 2023. Des prélèvements bactériologiques peropératoires réalisés sur les implants ont révélé une contamination dans 27,3 % des cas, avec une prédominance inattendue de *Pseudomonas aeruginosa* (13 %). Le taux global d'ISO à six mois était de 14,7 %, significativement plus élevé chez les patients contaminés peropératoirement (26,8 %) que chez ceux sans contamination (10,1 %, $p < 0,05$). Les analyses statistiques ont identifié des tendances associant la durée chirurgicale et le type de germe isolé au risque d'ISO. Par ailleurs, l'étude met en avant la nécessité de renforcer les mesures de désinfection environnementale, notamment l'usage de l'acide acétique, pour réduire la contamination des surfaces hospitalières. Ces données apportent des perspectives concrètes pour améliorer les protocoles de prévention des ISO en chirurgie vétérinaire.

© 2025 AFVAC. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés, y compris ceux relatifs à la fouille de textes et de données, à l'entraînement de l'intelligence artificielle et aux technologies similaires.

[☆] Crédits de formation continue. – La lecture de cet article ouvre droit à 0,05 CFC. La déclaration de lecture, individuelle et volontaire, est à effectuer auprès du CNVFCC (cf. sommaire).

Adresse e-mail : frederic.sanspoux@sirius.vet

<https://doi.org/10.1016/j.anicom.2025.07.001>

2214-5672/© 2025 AFVAC. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés, y compris ceux relatifs à la fouille de textes et de données, à l'entraînement de l'intelligence artificielle et aux technologies similaires.

Pour citer cet article : F. Sanspoux, Étude rétrospective des infections du site opératoire en chirurgie orthopédique vétérinaire : prévalence et facteurs de risque chez les animaux de compagnie, *Revue vétérinaire clinique*, <https://doi.org/10.1016/j.anicom.2025.07.001>

KEYWORDS

Surgical site infections;
Pseudomonas aeruginosa;
Companion animals;
Risk factors;
Antibiotic prophylaxis

Summary This retrospective study analyzes the prevalence and risk factors of surgical site infections (SSIs) following orthopedic surgery in 150 dogs and cats operated between July 2022 and July 2023. Perioperative bacterial swabs taken from implants revealed contamination in 27.3% of cases, with an unexpected predominance of *Pseudomonas aeruginosa* (13%). The overall six-month SSI rate was 14.7%, significantly higher in patients with perioperative contamination (26.8%) compared to those without (10.1%, $P < 0.05$). Statistical analyses identified trends associating surgical duration and type of isolated microorganism with SSI risk, although body condition score was not significantly correlated. Our results highlight the importance of targeted antibiotic prophylaxis, with amikacin proposed as an additional agent in confirmed or suspected cases of *Pseudomonas aeruginosa* contamination, given its natural resistance to first-generation cephalosporins. Furthermore, the study emphasizes the need to strengthen environmental disinfection measures, particularly through the use of acetic acid, to reduce hospital surface contamination. These findings provide concrete perspectives for improving SSI prevention protocols in veterinary orthopedic surgery.

© 2025 AFVAC. Published by Elsevier Masson SAS. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Introduction

Les infections du site opératoire (ISO) représentent une complication fréquente et préoccupante des interventions chirurgicales, particulièrement en orthopédie vétérinaire, où elles augmentent la morbidité postopératoire, les coûts pour les propriétaires et la durée d'hospitalisation [1–5]. Chez les chiens et les chats, les taux d'ISO rapportés varient entre 2 et 7 %, mais peuvent atteindre près de 21,3 % dans certaines procédures spécifiques telles que la *Tibial Plateau Leveling Oteotomy* (TPLO) [1,6,7].

Ces infections impliquent généralement des bactéries Gram positives, notamment *Staphylococcus pseudintermedius* et *Staphylococcus aureus*, et des bactéries Gram négatives opportunistes telles qu'*Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* [5,6,8]. La formation de biofilms sur les implants orthopédiques constitue une complication majeure, ces structures bactériennes protégeant les microorganismes des traitements antibiotiques et des défenses immunitaires de l'hôte [7,9,10].

Plusieurs facteurs augmentent le risque d'ISO, notamment la durée de l'intervention, l'état immunitaire du patient, la présence d'implants, la qualité de la stérilisation, et les techniques d'asepsie utilisées [2,6,11]. Une préparation inadéquate du site chirurgical ou un non-respect des protocoles d'antibioprophylaxie peut également accroître significativement le risque d'infection [4,12]. La littérature souligne également le rôle des protocoles d'asepsie des locaux chirurgicaux tels que l'utilisation d'un air filtré en surpression ou la désinfection adaptée des surfaces. En orthopédie, la perforation des gants chirurgicaux peut être supérieure à 25 %, ce qui augmente significativement le taux de contamination [8,13].

La prévention des ISO s'appuie sur l'utilisation de stratégies combinées : une asepsie rigoureuse, une antibioprophyllaxie préopératoire ciblée et des pratiques chirurgicales optimales [6,8,9]. Cependant, l'émergence

de résistances bactériennes, notamment aux antibiotiques tels que les céphalosporines, rend cette tâche de plus en plus complexe [12,14]. En médecine vétérinaire, les recommandations fondées sur des preuves restent limitées, rendant indispensables les études destinées à promouvoir les meilleures pratiques [2,4,7].

Objectifs de l'étude

Cette étude a pour but :

- d'évaluer la prévalence des contaminations bactériennes et des ISO lors de chirurgie orthopédique chez les carnivores domestiques ;
- d'identifier les principaux facteurs de risque associés aux ISO.

Matériels et méthodes

Design de l'étude

Cette étude rétrospective a été menée dans une clinique vétérinaire spécialisée en orthopédie entre juillet 2022 et juillet 2023. Elle porte sur des cas de chirurgie orthopédique chez des chiens et des chats. Les données cliniques, bactériologiques et de suivi postopératoire ont été collectées de manière systématique à partir des dossiers médicaux informatisés et des rapports d'intervention.

Tous les patients ont reçu une injection unique de 30 mg/kg de céfazoline (céphalosporine de 1^{re} génération) administrée par voie intraveineuse 30 minutes avant l'intervention.

Critères d'inclusion et d'exclusion

Les patients ont été sélectionnés sur la base des critères suivants.

Inclusion

- Les patients présentant des scores ASA (*American Society of Anesthesiologists*) allant de I à III.
- La disponibilité d'un suivi postopératoire complet d'au moins six mois.

Exclusion

- Les patients présentant des scores ASA de IV à V et E (comorbidités systémiques majeures pouvant biaiser l'évaluation des infections).
- L'absence de données bactériologiques ou de suivi postopératoire complet.

Collecte des données

Les données ont été recueillies à partir des dossiers médicaux et comprenaient :

Informations préopératoires

- Espèce, âge, sexe, évaluation de l'état corporel selon le BCS (*Body Condition Score*, une échelle graduée généralement de 1 à 9, où 1 correspond à une maigreur extrême et 9 à une obésité sévère – voir [Tableau 1](#)).
- Affections concomitantes.

Détails chirurgicaux

- Interventions courtes en termes de temps chirurgical (ex : TPLO) vs. Interventions longues (ex : fractures complexes). Toutes les TPLO de notre étude ont été classées en interventions courtes. Elles ont toutes été réalisées en moins d'une heure.
- Type d'intervention (ostéosynthèse, ligamentoplastie, pose de prothèse, etc.).
- Type d'implant utilisé (broches, plaques, vis, etc.).
- Expérience des chirurgiens.

Échantillons bactériologiques peropératoires

- Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'écouvillons eSwab® (COPAN ITALIA spa Via F. Perotti 10, 25125 Brescia–Italy) en fin d'intervention en appliquant l'écouvillon sur et autour des implants.
- Analyse bactériologique pour identifier les germes présents.

Suivi post-opératoire

- Signes cliniques d'infection (rougeur, douleur, chaleur, écoulement purulent).
- Examen et classement des résultats de bactériologie.
- Traitements antibiotiques administrés en postopératoire en cas d'infection.
- Temps entre la chirurgie et la déclaration de l'infection.

Analyse bactériologique

Les échantillons peropératoires ont été placés à 4°C et transportés dans les 24h au laboratoire de microbiologie pour

Tableau 1 Répartition des scores de poids des patients (*Body Score Condition*–BCS).

BCS	Nombre de patients
3	1
5	118
6	10
7	13
8	7
9	1

L'évaluation de l'état corporel d'un chien ou d'un chat repose sur le *Body Condition Score* (BCS), une échelle graduée généralement de 1 à 9, où 1 correspond à une maigreur extrême et 9 à une obésité importante. Voici les critères pour chaque niveau: 1 - Cachexique : Côtes, vertèbres et os pelviens très saillants, absence de masse grasseuse et musculaire marquée. 2 - Très maigre : Côtes facilement palpables avec peu de graisse, taille et creux abdominal très marqués, pertes musculaires visibles. 3 - Maigre : Côtes visibles et palpables avec un minimum de graisse, taille évidente et creux abdominal accentué. 4 - Poids insuffisant : Côtes palpables avec une fine couche de graisse, taille bien marquée, légère concavité abdominale. 5 - Poids optimal : Côtes facilement palpables sans excès de graisse, taille bien définie vue du dessus, légère concavité abdominale. 6 - Légère surcharge pondérale : Côtes palpables mais sous une couche modérée de graisse, silhouette encore identifiable, creux abdominal peu marqué. 7 - Surcharge pondérale modérée : Côtes difficiles à palper sous une couche grasseuse marquée, silhouette peu visible, dépôts grasseux sur le thorax et la base de la queue. 8 - Obésité : Côtes non palpables sous une couche importante de graisse, silhouette absente, dépôts grasseux sur la colonne, le cou et la base de la queue. 9 - Obésité importante : Côtes et structures osseuses invisibles et impalpables sous une graisse excessive, abdomen distendu, déplacements entravés par le surpoids.

mise en culture : Identification des espèces bactériennes aérobies par des techniques standards (coloration de Gram, tests biochimiques), analyse des résistances aux antibiotiques évaluée pour les souches isolées.

Suivi des critères de jugement

Les critères de jugement principaux étaient définis comme suit :

- contamination peropératoire : détection sans comptage de bactéries viables dans les échantillons prélevés pendant l'intervention ;
- infection postopératoire : confirmée par la présence de signes cliniques associés à des résultats microbiologiques positifs dans les six mois suivant l'intervention (écoulement, gonflement, inflammation, chaleur, douleur).

Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide du logiciel R (version 4.2.0). Les analyses comprenaient :

- la description des caractéristiques des patients et des interventions, qui a été réalisée sous forme de

Tableau 2 Distribution des populations bactériennes rencontrées dans notre étude lors des prélèvements peropératoires.

Germes	n (%)
Aucun germe	109 (72,7 %)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	20 (13,3 %)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	7 (4,74 %)
<i>Corynebacterium spp.</i>	4 (2,67 %)
<i>Proteus mirabilis</i>	2 (1,33 %)
<i>Staphylococcus intermedius</i>	2 (1,33 %)
<i>Enterobacter spp.</i>	1 (0,67 %)
<i>Escherichia coli</i>	1 (0,67 %)
<i>Klebsiella spp.</i>	1 (0,67 %)
<i>Pasteurella multocida</i>	1 (0,67 %)
<i>Staphylococcus aureus</i>	1 (0,67 %)
<i>Streptococcus canis</i>	1 (0,67 %)

moyenne \pm écart type pour les variables continues et sous forme de pourcentages pour les variables catégorielles ;

- une analyse univariée utilisant le test du χ^2 ou le test exact de Fisher pour les variables catégorielles et le test de Student pour les variables continues ou de Wilcoxon en cas de non normalité ;
- une évaluation du seuil de significativité : 5 % ($p < 0,05$) a été retenu.

Résultats

Caractéristiques de la population étudiée

L'étude inclut 150 patients ayant subi des interventions orthopédiques, répartis comme suit : 124 chiens (82,7 %), 26 chats (17,3 %). L'âge moyen des patients était de $4,3 \pm 3,3$ ans. Concernant l'état d'embonpoint, 79,3 % des animaux avaient un poids normal, 20 % étaient en surpoids, et 0,67 % étaient maigres.

Analyse bactériologique peropératoire

Les prélèvements ont montré une contamination bactérienne dans 27,3 % des cas ($n = 41$), tandis que 72,7 % des prélèvements ($n = 109$) étaient négatifs. Les germes les plus fréquemment isolés incluaient (Tableau 2) :

- *Pseudomonas aeruginosa* : 13,25 % ($n = 20$) ;
- *Pseudomonas fluorescens* : 4,64 % ($n = 7$) ;
- *Corynebacterium spp.* : 2,65 % ($n = 4$) ;
- *Staphylococcus intermedius* et *Proteus mirabilis* : 1,32 % chacun ($n = 2$).

Prévalence des infections postopératoires

Le taux d'ISO dans les six mois suivant l'intervention était de 14,7 % ($n = 22$). Parmi les patients avec contamination bactérienne peropératoire, 26,8 % ont développé une ISO. 10,1 % des patients sans contamination ont déclaré une ISO. Il y a une différence significative entre les animaux avec ou sans contamination ($p < 0,05$). L'infection s'est déclarée en moyenne à $36,9 \pm 58,5$ jours. Après déclaration de l'infection, une nouvelle analyse bactériologique a été réa-

lisée dans 68 % des cas. Elle a mis en évidence un germe dans 87 % des cas : *Staphylococcus intermedius* ($n = 4/15, 26,7\%$), *Enterobacter spp.* ($n = 3/15$), *Corynebacterium spp.* ($n = 1$), Flore multiple ($n = 1$), *Pseudomonas aeruginosa* ($n = 1$), *Staphylococcus aureus* ($n = 1$), *Streptococcus canis* ($n = 1$).

Facteurs de risque associés

- Durée d'intervention : Les interventions plus longues étaient associées à un risque accru d'ISO, bien que cette tendance n'ait pas été significative dans cette cohorte ($p = 0,34$).
- État d'embonpoint : Les patients en surpoids présentaient une proportion légèrement plus élevée de contaminations peropératoires (33,3 %) comparée aux animaux normaux (25,0 %), mais cette différence n'était pas significative ($p = 0,61$).
- Type de germes isolés : Il existe une différence significative d'apparition de l'infection selon le germe contaminant ($p < 0,005$), mais dans cette étude, *Pseudomonas aeruginosa* n'a pas montré un risque d'infection supérieur isolément (10 %)
- Tableau 3 : récapitulatif des facteurs de risque individuels et peropératoires d'infection du site opératoire.

Discussion

Définition des ISO

Il est avant tout nécessaire de rappeler la définition des ISO. Elles se classent en trois types selon le CDCP (*Centers for Disease Control and Prevention*) : superficielles, profondes et infections des organes ou espaces profonds (Tableau 4).

Prévalence des contaminations bactériennes et des ISO

La contamination peropératoire et l'ISO sont deux phénomènes distincts mais liés. La contamination peropératoire correspond à l'introduction de bactéries dans le site chirurgical pendant l'intervention, provenant de la peau du patient, du matériel chirurgical, du personnel ou des locaux (ventilation) [13]. Elle est fréquente (jusqu'à 62 % des cas après intervention chirurgicale propre) mais ne conduit pas systématiquement à une infection [8]. L'ISO, en revanche, survient lorsque ces bactéries se multiplient au-delà du seuil critique de 10^5 UFC (Unités Formatrices de Colonies)/g de tissu et provoquent une réaction inflammatoire locale ou générale (théorie de Miles) ([10] ; Costerton et al., 1999 ; [3]). Cela explique pourquoi de nombreuses contaminations identifiées par des prélèvements restent asymptomatiques.

En outre, la virulence des bactéries joue également un rôle clé. Par exemple, les bactéries opportunistes comme *Pseudomonas fluorescens* ou *Corynebacterium spp.* sont moins pathogènes que *Staphylococcus pseudintermedius*, connu pour sa capacité à adhérer aux implants et à former des biofilms résistants aux traitements antibiotiques (Nazarali et al., 2015).

Dans cette étude, 27,3 % des interventions chirurgicales ($n = 41$) ont montré une contamination bactérienne peropératoire. Parmi ces cas, 26,8 % ($n = 11$) ont évolué en ISO. Si

Tableau 3 Récapitulatif des facteurs de risque individuels et peropératoires d'infection du site opératoire.

Facteur de risque	ISO Oui	ISO Non	p-value
Âge en année	4,54 ± 3,28	4,27 ± 3,20	0,64
Embonpoint - maigre	0	1 (100 %)	0,60
Embonpoint - normal	16 (13,3 %)	104 (86,7 %)	
Embonpoint - surpoids	6 (20,0 %)	24 (80,8 %)	
Durée de l'intervention < 1 h	11 (17,7 %)	51 (82,3 %)	0,36
Durée de l'intervention > 1 h	11 (12,4 %)	78 (87,6 %)	
Contamination - oui	11 (26,8 %)	30 (73,2 %)	p < 0,05
Contamination - non	11 (10,0 %)	99 (90,0 %)	
Contamination par <i>Pseudomonas aeruginosa</i> - oui	2 (10 %)	18 (90 %)	p < 0,005
Antibiothérapie - oui	10 (45,5 %)	12 (54,5 %)	p < 0,0005
Antibiothérapie - non	11 (8,5 %)	118 (91,5 %)	
Espèce - chien	33 (26,6 %)	91 (73,4 %)	0,75
Espèce - chat	8 (30,8 %)	18 (69,2 %)	
Implants - plaque et vis	81 (88,0 %)	11 (12,0 %)	0,083
Implants - clou plaque	13 (86,7 %)	2 (13,3 %)	
Implants - broches ± cerclages	7 (100 %)	0	
Implants - ligamentoplastie	5 (71,4 %)	2 (28,6 %)	
Implants - endoprothèse	1	2	
Implants - fixateur externe	1	1	

Ce tableau présente une analyse des principaux facteurs de risque d'ISO observés dans l'étude. Une différence significative a été mise en évidence pour la contamination bactérienne peropératoire ($p < 0,05$), les patients contaminés ayant développé proportionnellement plus d'infections que ceux sans contamination. La prescription d'antibiotiques en postopératoire est également associée de manière significative à l'apparition d'ISO ($p < 0,0005$), mais ce résultat doit être interprété avec précaution, car il reflète avant tout un biais de prescription lié à l'anticipation vétérinaire du risque infectieux et non un facteur causal direct. À l'inverse, ni l'âge des patients, ni leur état d'embonpoint, ni la durée opératoire, ni l'espèce (chien ou chat), ni le type d'implant posé ne sont apparus comme des variables significativement associées au risque d'ISO dans cette cohorte ($p > 0,05$), bien que certaines tendances visuelles, comme une légère augmentation des ISO chez les patients en surpoids ou ayant subi une ligamentoplastie, mériteraient d'être explorées sur un effectif plus large pour confirmer ou infirmer leur impact réel.

Tableau 4 Définition des ISO selon le CDC.

Type d'infection	Délai d'apparition	Zone affectée	Critères diagnostiques
Infection superficielle du site opératoire	Dans les 30 j suivant l'intervention	Peau et tissus sous-cutanés	<ul style="list-style-type: none"> – Écoulement purulent de l'incision – Culture microbiologique positive – Présence de signes inflammatoires – Diagnostic médical confirmé
Infection profonde du site opératoire	Dans les 30 à 90 j suivant l'intervention	Tissus profonds (fascia, muscles)	<ul style="list-style-type: none"> – Écoulement purulent de l'incision profonde – Déhiscence de la plaie profonde – Mise en évidence d'une infection en peropératoire – Présence d'un abcès détecté par imagerie ou lors d'intervention – Diagnostic médical confirmé
Infection des organes ou espaces profonds	Dans les 30 à 90 j suivant l'intervention	Organes internes ou espaces anatomiques manipulés lors de l'intervention	<ul style="list-style-type: none"> – Écoulement purulent d'un drain placé dans l'organe ou l'espace affecté – Culture microbiologique positive – Détection d'un abcès ou infection par imagerie ou lors d'intervention – Diagnostic médical confirmé

l'on considère l'ensemble des interventions chirurgicales, le taux global d'ISO est de 14,7 % ($n=22$ sur 150). Ce chiffre est supérieur aux moyennes rapportées dans la littérature pour les interventions chirurgicales propres (entre 2 % et

7 %, selon Eugster et al., 2004 [2] et Belo et al., 2018 [6]), mais reste comparable à celles observées pour les fractures ouvertes ou les TPLO, où les taux peuvent atteindre 10 % à 21 % (Nazarali et al., 2015 ; [7]).

Les patients en bonne santé ou ayant une vascularisation normale du site opératoire disposent de mécanismes efficaces pour limiter la prolifération bactérienne [3]. En revanche, des conditions comme l'embonpoint ou une immunosuppression favorisent la progression des contaminations en infections. Les patients en surpoids, présents dans 20 % des cas analysés, sont particulièrement exposés en raison de leurs processus de cicatrisation souvent altérés et d'une perfusion tissulaire inadéquate [2,10,11]. Dans notre étude, il n'est pas ressorti de corrélation entre l'embonpoint et les ISO ($p > 0,05$).

Récolte des échantillons bactériologiques

Le milieu liquide Amies contenu dans l'eSwab® est une solution tamponnée, non nutritive, à base de sels (NaCl, phosphates, CaCl₂, MgCl₂), de thioglycolate et d'amidon. Il est spécifiquement conçu pour préserver la viabilité des bactéries aérobies et anaérobies durant le transport, sans permettre leur multiplication. Ce milieu est compatible avec les analyses de culture, les tests d'antibiogramme et les techniques de biologie moléculaire, notamment la Polymerase Chain Reaction (PCR) selon le guide du fabricant [15].

Dans notre étude, nous avons choisi de limiter l'analyse à la recherche qualitative des bactéries aérobies, sans comptage bactérien. Le milieu liquid Amies de l'eSwab® étant principalement conçu pour préserver la viabilité des germes pendant le transport, pas pour assurer une quantification précise de la charge bactérienne. Une approche plus exhaustive, quoique très intéressante, aurait nécessité l'inclusion systématique d'analyses quantitatives (par exemple, par ensemencement étalonné ou filtration-membrane) ainsi que la recherche spécifique des anaérobies, en utilisant des milieux et des conditions de transport adaptés, afin de mieux caractériser l'ensemble du spectre bactérien présent et d'évaluer la densité de contamination. De telles recherches n'entraient pas dans le budget alloué à cette étude préliminaire.

Importance d'une antibioprophylaxie ciblée

En médecine vétérinaire, l'antibioprophylaxie chirurgicale orthopédique repose classiquement sur l'utilisation d'une céphalosporine de première génération, en particulier la céfazoline, administrée à la dose recommandée de 22 à 30 mg/kg par voie intraveineuse, 30 à 60 minutes avant l'incision chirurgicale [9,10,12,16]. Cette administration vise à atteindre des concentrations tissulaires efficaces pendant l'intervention, couvrant les principaux pathogènes cutanés, notamment *Staphylococcus pseudintermedius*, *Staphylococcus aureus* et les streptocoques. La céfazoline est privilégiée pour son spectre d'action dirigé contre les bactéries à Gram positif et certaines entérobactéries, ainsi que pour ses faibles effets indésirables et son excellent profil pharmacocinétique.

Toutefois, il est bien démontré que *Pseudomonas aeruginosa* présente une résistance naturelle aux céphalosporines de première génération, dont la céfazoline, en raison de la structure particulière de ses porines membranaires et de ses systèmes d'efflux, qui empêchent la pénétration et l'action des bêta-lactamines standards [9,17]. Cette résistance

intrinsèque rend la céfazoline totalement inefficace contre ce pathogène, même à des doses supratherapeutiques. Ainsi, en présence documentée de *Pseudomonas aeruginosa* (colonisation hospitalière, identification bactériologique antérieure, environnement contaminé), la priorité doit être donnée à la réduction des sources potentielles de contamination, avant toute adaptation éventuelle du protocole prophylactique.

L'amikacine, aminoside reconnu pour son efficacité contre *Pseudomonas aeruginosa*, peut être administrée à la dose unique de 15–20 mg/kg par voie intraveineuse, en perfusion lente, 30 à 60 minutes avant l'incision [10]. Son ajout permet d'élargir la couverture prophylactique aux pathogènes multirésistants à Gram négatif, tout en restant strictement limité aux cas à haut risque, compte tenu de son potentiel néphrotoxique et ototoxique. Cette approche ne saurait toutefois se substituer à une maîtrise rigoureuse des sources de contamination peropératoire, qui demeure le levier principal dans la prévention des infections du site opératoire, y compris en contexte de risque élevé.

Caractérisation des contaminations bactériennes

Contrairement aux données les plus souvent rapportées dans la littérature, où les staphylocoques, notamment *Staphylococcus pseudintermedius*, sont fréquemment isolés en chirurgie vétérinaire propre [2,6,11], notre étude a identifié *Pseudomonas aeruginosa* comme la bactérie la plus fréquemment retrouvée, représentant 13 % des contaminations.

Cette bactérie est un pathogène opportuniste à Gram négatif largement impliqué dans les ISO, représentant 48,8 % des isolats bactériens identifiés dans notre étude.

Sa prévalence élevée en milieu hospitalier est préoccupante en raison de sa forte résistance naturelle et acquise à de nombreux antibiotiques, de sa capacité remarquable à former des biofilms protecteurs et de son ubiquité environnementale [18,19]. Ce microorganisme est fréquemment isolé des sols, des eaux stagnantes, des surfaces humides, des dispositifs médicaux, des robinets, des éviers et finalement des circuits de distribution et d'évacuation d'eau [19,20].

Nos propres prélèvements environnementaux ont révélé une contamination notable au niveau des points d'eau et de certaines surfaces critiques du bloc opératoire, corroborant les études montrant que l'eau de distribution constitue un réservoir majeur pour ce pathogène [20–22].

Dans les hôpitaux urbains, les études estiment que 30 à 50 % des systèmes d'eau potable sont contaminés, principalement aux points terminaux tels que les robinets, siphons, tuyaux d'évacuation et dispositifs connectés [19,20].

La contamination de ces réseaux est favorisée par plusieurs facteurs : d'une part, la formation de biofilms dans les canalisations, qui protège les bactéries des désinfectants classiques et leur permet de persister pendant des mois, voire des années [21] ; d'autre part, les conditions physiques favorables telles qu'une température de l'eau supérieure à 20 °C, qui accélère la croissance bactérienne [19], ainsi que la stagnation dans les points d'eau peu utilisés, où le renouvellement et la désinfection sont insuffisants [20].

Les moyens de lutte contre *Pseudomonas aeruginosa* en milieu hospitalier reposent sur une combinaison de différentes mesures. Sur le plan environnemental, des prélèvements réguliers aux points d'eau sont indispensables pour détecter précocement les contaminations. Ces contrôles doivent s'accompagner de protocoles de désinfection spécifiques, ciblant la capacité du pathogène à former des biofilms [20,23]. L'installation de filtres antibactériens sur les robinets, la purge fréquente des circuits d'eau et l'application de désinfectants efficaces sont des mesures éprouvées qui permettent de réduire significativement le risque de contamination [21].

Les désinfectants classiques, tels que les ammoniums quaternaires, le chloroxylenol et l'hexachlorophane, présentent une efficacité limitée contre les biofilms de *Pseudomonas aeruginosa*, qui résistent souvent grâce à des barrières physiques et chimiques [19].

En revanche, l'acide acétique se positionne comme un agent de choix pour contrer cette résistance. Il possède une activité antibactérienne et antibiofilm démontrée, même sur les souches multirésistantes. Des études récentes ont établi que l'acide acétique, à une concentration de 0,156 %, bloque la formation des biofilms, tandis qu'une concentration de 0,625 % permet de désorganiser et de détruire jusqu'à 45 % des biofilms déjà constitués en seulement 5 minutes [20,21].

Des concentrations d'acide acétique allant de 0,5 % à 3 % sont recommandées pour désinfecter les surfaces hospitalières, les robinets, les siphons et les zones critiques, avec des résultats démontrés d'éradication bactérienne après 24 h d'exposition [19,20].

Le mode d'action de l'acide acétique repose sur plusieurs mécanismes synergiques : il perturbe la perméabilité membranaire des bactéries, altère leur potentiel membranaire, réduit leur capacité de réduction intracellulaire et provoque une fuite massive des éléments intracellulaires, entraînant la mort cellulaire, y compris celle des formes persistantes protégées par un biofilm [20,21].

Cliniquement, les applications sur patients de solutions entre 1 % et 5 % ont montré des taux de guérison supérieurs à 90 % après 5 à 12 applications, même sur des plaies chroniques et infectées par des souches multirésistantes [19]. Il est intéressant de noter que malgré une toxicité cellulaire modérée (Dose Létale (DL) 50 à 0,625 % sur fibroblastes murins), les concentrations utilisées cliniquement restent largement tolérables et sécurisées [21].

Il a également été montré qu'une solution à 1 % appliquée localement pendant 5 à 10 minutes sur des plaies infectées permet une réduction significative de la charge bactérienne, sans provoquer de douleur excessive, sans cytotoxicité majeure [23,24].

L'acide acétique, par ses propriétés antibactériennes et antibiofilm puissantes, représente par conséquent une alternative prometteuse, simple, économique et facilement intégrable aux protocoles existants [20,21].

Depuis la découverte de la colonisation de notre établissement par *Pseudomonas aeruginosa*, nous avons mis en place un protocole de désinfection rigoureux au niveau des robinets, des éviers, des évacuations d'eau, des auges chirurgicales, des aspirateurs et des surfaces techniques. Nous utilisons une solution d'acide acétique à 3 % quotidiennement pour la désinfection de ces matériels. Les résultats des

prélèvements bactériologiques de contrôle semblent encourageants. Quoique non quantifiée de manière précise pour l'instant, nous constatons une diminution des échantillons positifs à *Pseudomonas aeruginosa*.

Des études complémentaires sont nécessaires pour valider son utilisation dans les protocoles de préparation chirurgicale et de désinfection hospitalière, afin de renforcer les stratégies globales de lutte contre les ISO causées par ce pathogène multirésistant.

En parallèle de contaminations à *Pseudomonas aeruginosa*, des pathogènes opportunistes comme *Corynebacterium spp.* et *Streptococcus canis* ont été isolés. Bien que commensales dans des conditions normales, ces bactéries peuvent devenir pathogènes dans des contextes spécifiques, tels que l'utilisation d'implants ou des patients immunodéprimés (Prescott, 2013 ; Whittem et al., 2001).

La majorité des bactéries isolées n'a pas conduit à des infections cliniques. Ce phénomène s'explique par plusieurs facteurs, notamment une virulence réduite de certaines espèces comme *Corynebacterium spp.*, et une réponse immunitaire efficace des hôtes en bonne santé (Prescott, 2013 ; Brown et al., 2017). *A contrario*, 10 % des cas sans contamination peropératoire ont développé une ISO. Cela peut s'expliquer de plusieurs manières : contamination juste après l'intervention sur une plaie pas encore étanche, arrachage de pansement par le patient et léchage de la plaie, contamination par voie hématogène d'un site infectieux distant ou encore prélèvement bactérien peropératoire mal réalisé (Tableau 5).

Gestion et évolution des ISO

La gestion des ISO dans cette étude s'est appuyée sur des protocoles thérapeutiques rigoureux, qui ont permis un taux de guérison clinique de 90,9 % ($n=2/22$).

Rôle des implants

Les implants orthopédiques, utilisés dans 95 % des interventions de l'étude, jouent également un rôle important dans le développement des infections bactériennes. Ils favorisent l'adhésion des bactéries et la formation de biofilms résistants, ce qui complique la prise en charge des infections (Costerton et al., 1999 ; Nazarali et al., 2015).

Dans la littérature, des technologies émergentes, telles que les revêtements antibactériens ou les implants imprégnés d'antibiotiques, sont proposées comme solutions pour réduire le risque d'adhésion bactérienne (Nazarali et al., 2015 ; [6]). Bien que ces approches n'aient pas été appliquées dans notre étude, elles représentent une voie d'amélioration potentielle pour renforcer la prévention des ISO dans des contextes à haut risque.

Contrôle environnemental et mesures aseptiques

Notre étude a mis en œuvre des protocoles aseptiques appliqués de manière classique en orthopédie, incluant la stérilisation des équipements à l'autoclave ou à l'oxyde d'éthylène, l'utilisation de champs stériles à usage unique et un contrôle rigoureux des flux d'air en salle opératoire. Ces pratiques, conformes aux recommandations de Morley et al. (2005) [25], visent à limiter la prolifération de

Tableau 5 Concentrations recommandées d'acide acétique pour lutter contre *Pseudomonas aeruginosa*.

Application	Concentration recommandée	Mode d'application	Efficacité et observations	Références
Désinfection des surfaces hospitalières et dispositifs médicaux	0,5 % à 2 %	Pulvérisation, trempage ou essuyage des surfaces médicales (blocs opératoires, soins intensifs)	Réduction significative de la charge bactérienne en milieu hospitalier Efficace sur les surfaces humides où <i>P. aeruginosa</i> persiste Active contre les biofilms formés sur les équipements médicaux	[19,20]
Inhibition de la formation des biofilms	≥ 0,156 %	Prévention des biofilms sur surfaces médicales et plaies	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> inhibé dès cette concentration Peut être utilisé en solution antiseptique pour éviter l'adhésion bactérienne	[21]
Destruction des biofilms déjà établis	≥ 0,625 %	Trempage des surfaces infectées ou application directe sur biofilms	Concentration minimale nécessaire pour perturber et éliminer les biofilms pseudomonadiques Augmente l'efficacité des autres antiseptiques	[20]
Nettoyage et entretien des réseaux d'eau contaminés	≥ 1 %	Rinçage des canalisations hospitalières et systèmes d'eau	Réduit la charge bactérienne dans les circuits d'eau hospitaliers Effet prolongé sur la prévention de la recolonisation	[19,20]
Désinfection du site opératoire	1–3 %	Application locale (compresse imbibées) ou irrigation du site avant fermeture	Réduction rapide et significative de la charge bactérienne, y compris sur souches multirésistantes de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Bien tolérée sur les tissus en application locale de courte durée, mais à éviter en exposition prolongée (risque d'irritation, ralentissement de l'épithélialisation) Peut être combinée à d'autres antiseptiques ou antibiotiques pour renforcer l'effet antimicrobien	[19–21,23,24]

pathogènes opportunistes comme *Pseudomonas aeruginosa*, un problème récurrent malgré des mesures de désinfection renforcées [6]. Dans notre étude, ces méthodes semblent avoir montré une efficacité limitée puisque les contaminations bactériennes étaient importantes pour *Pseudomonas aeruginosa*. Cela s'explique en partie par le fait que les contaminations par ce pathogène ne viennent pas du matériel chirurgical mais bien de l'utilisation de l'eau du robinet dans la plupart des procédures comme le lavage des mains ou le nettoyage des surfaces avec une solution aqueuse.

Pour renforcer le contrôle environnemental et minimiser les contaminations en milieu chirurgical, plusieurs actions doivent être mises en œuvre. Il est essentiel de réaliser des prélèvements microbiologiques réguliers sur les surfaces, le matériel chirurgical et le personnel afin de détecter pré-

cocement toute contamination potentielle et d'ajuster les protocoles de désinfection en conséquence [8]. Les robinets, éviers et siphons constituent des réservoirs majeurs de *Pseudomonas aeruginosa*, en raison de leur capacité à former des biofilms résistants aux désinfectants usuels, rendant leur éradication particulièrement difficile [6].

Résultats cliniques

Le taux de guérison des ISO dans notre étude est de 91 %. Ces résultats sont comparables à ceux rapportés dans d'autres travaux, notamment ceux de Pratesi et al. [4] et Andrade et al. [7], qui mettent en avant l'importance d'une prise en charge multidimensionnelle pour réduire l'impact des infections. Les reprises chirurgicales nécessaires dans certains cas restent conformes aux pratiques documentées.

Limites

Cette étude présente plusieurs biais qui peuvent affecter l'interprétation des résultats. Un biais d'échantillonnage est notable, avec une surreprésentation des chiens par rapport aux chats, limitant la généralisation des conclusions.

De plus, les indications chirurgicales sont dominées par une pathologie spécifique (rupture du ligament croisé antérieur), restreignant l'analyse à un contexte clinique limité.

Enfin, les données manquantes inhérentes à la nature rétrospective de l'étude et les possibles variations dans les pratiques chirurgicales entre chirurgiens et périodes renforcent ces limitations.

Perspectives

Notre étude a mis en évidence une proportion élevée de contaminations peropératoires à *Pseudomonas aeruginosa*, soulignant la nécessité de renforcer les mesures de prévention. Il est essentiel de sélectionner soigneusement les antiseptiques utilisés pour la préparation cutanée et la désinfection des surfaces, parmi lesquels l'acide acétique, dont l'efficacité antimicrobienne spécifique contre *Pseudomonas aeruginosa* mérite d'être explorée et validée en chirurgie vétérinaire.

En parallèle, la mise en place d'une surveillance bactériologique environnementale systématique permettrait d'identifier plus précocement les situations à risque et d'adapter les protocoles en conséquence.

En cas de contamination documentée ou fortement suspectée à *Pseudomonas aeruginosa*, l'ajout d'un temps spécifique dans la préparation cutanée peut s'avérer pertinent. L'application locale d'une solution d'acide acétique à 1 %, immédiatement après le nettoyage mécanique initial, constitue une option simple, peu coûteuse et efficace pour réduire la charge bactérienne de ce pathogène, connu pour sa résistance aux antiseptiques usuels. Cette étape complémentaire, déjà décrite dans la littérature humaine lors de contamination par *Pseudomonas aeruginosa*, devrait être transposée au milieu vétérinaire dans certaines situations identifiées. Elle ne saurait toutefois se substituer aux mesures classiques d'asepsie chirurgicale, mais peut y être intégrée de manière raisonnée lorsque la présence de *Pseudomonas aeruginosa* sur la peau est suspectée ou avérée.

Même s'il existe déjà des publications sur le sujet en chirurgie humaine, des recherches complémentaires pourraient être conduites sur l'utilisation pré et peropératoire d'une solution d'acide acétique pour la préparation cutanée et l'irrigation des plaies en chirurgie vétérinaire.

Une telle approche intégrée pourrait constituer un levier majeur pour améliorer la prévention des contaminations peropératoires à *Pseudomonas aeruginosa* et réduire durablement l'incidence des infections du site opératoire associées à ce pathogène multirésistant.

Utilisation de l'intelligence artificielle (IA)

L'IA a été utilisée dans ce manuscrit dans le but d'améliorer la syntaxe et la fluidité de lecture. Les articles mentionnés dans les références bibliographiques ont été traduits à l'aide de Google traduction de Chat GPT. Les références

bibliographiques ont été extraites, triées et citées au format Vancouver à l'aide de Chat GPT. Chaque DOI a été vérifié manuellement.

Déclaration de liens d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêts.

Remerciements

L'auteur tient à remercier chaleureusement le Dr Juliette Andrejak Bénit (DV, Msc) – Statibio – pour le traitement des résultats et l'analyse des données.

Références

- [1] Aiken MJ, Hughes TK, Abercromby RH, Holmes MA, Anderson AA. Prospective randomized comparison of the effect of two antimicrobial regimes on surgical site infection rate in dogs undergoing orthopedic implant surgery. *Vet Surg* 2015;44(5):661–7, <http://dx.doi.org/10.1111/vsu.12327>.
- [2] Eugster S, Schawalder P, Gaschen F, Boerlin P. A prospective study of postoperative surgical site infections in dogs and cats. *Vet Surg* 2004;33(4):542–50, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-950X.2004.04076.x>.
- [3] Moissonnier P. *Antibioprophylaxis in veterinary practice. Veterinary Surgery, University College Dublin*; 2008.
- [4] Pratesi A, Moores AP, Downes C, Grierson J, Maddox TW. Efficacy of postoperative antimicrobial use for clean orthopedic implant surgery in dogs: a prospective randomized study in 100 consecutive cases. *Vet Surg* 2015;44(5):653–60, <http://dx.doi.org/10.1111/vsu.12326>.
- [5] Schmökel H, Skytte D, Barsch M. Infection rate treating radial and ulnar fractures using bone plate fixation without antibiotic prophylaxis. *J Small Anim Pract* 2021, <http://dx.doi.org/10.1111/jsap.13407>.
- [6] Belo L, Serrano I, Cunha E, Carneiro C, Tavares L, Carreira LM, et al. Skin asepsis protocols as a preventive measure of surgical site infections in dogs: chlorhexidine-alcohol versus povidone-iodine. *BMC Vet Res* 2018;14:95, <http://dx.doi.org/10.1186/s12917-018-1368-5>.
- [7] Candela Andrade M, Slunsky P, Pagel T, De Rus Aznar I, Brunnerberg M, Brunnerberg L. Microbial colonization of explants after osteosynthesis in small animals: incidence and influencing factors. *Vet Sci* 2024;11(5):221, <http://dx.doi.org/10.3390/vetsci11050221>.
- [8] Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR. Guideline for prevention of surgical site infection. *Infect Contr Hosp Epidemiol* 1999;20(4):247–80.
- [9] Asimus E. *Utilisation raisonnée des antibiotiques en chirurgie ostéo-articulaire chez les carnivores domestiques : antibioprophyllaxie. Guide des bonnes pratiques en antibiothérapie. Publication AFVAC*; 2022.
- [10] Boothe DM, Boothe Jr HW. Antimicrobial considerations in the perioperative patient. *Vet Clin Small Anim* 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvsm.2015.01.006>.
- [11] Stetter J, Boge GS, Grönlund U, Bergström A. Risk factors for surgical site infection associated with clean surgical procedures in dogs. *Res Vet Sci* 2021;136:616–21, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.04.012>.
- [12] Välikki KJ, Thomson KH, Grönthal TSC, et al. Antimicrobial prophylaxis is considered sufficient to preserve an acceptable surgical site infection rate in clean orthopaedic

- dic and neurosurgeries in dogs. *Acta Vet Scand* 2020;62:53, <http://dx.doi.org/10.1186/s13028-020-00545-z>.
- [13] Andrade N, Schmiedt CW, Cornell K, Radlinsky MG, Heidingsfelder L, Clarke K, et al. Survey of intraoperative bacterial contamination in dogs undergoing elective orthopedic surgery. *Vet Surg* 2016;45(3):214–22, <http://dx.doi.org/10.1111/vsu.12438>.
- [14] Paeckel N, Zablotzki Y, Meyer-Lindenberg A. The effect of peri- and postoperative antibiotic prophylaxis on surgical site infection in surgeries with elective antibiotic administration. *Vet J* 2024;308:106267, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2024.106267>.
- [15] Guide du fabricant des écouvillons eSwab®. <https://www.copanusa.com/wp-content/uploads/2020/11/ESwab-Package-Insert.pdf>.
- [16] Budsberg SC, Kirsch JA. Antibiotic prophylaxis in veterinary orthopaedic surgery. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2001;14:185–93.
- [17] Bratzler DW, Dellinger EP, Olsen KM, et al. Clinical practice guidelines for antimicrobial prophylaxis in surgery. *Surg Infect* 2013;14(1):73–156, <http://dx.doi.org/10.1089/sur.2013.9999>.
- [18] Mulani MS, Kamble EE, Kumkar SN, Tawre MS, Pardesi KR. Emerging strategies to combat ESKAPE pathogens in the era of antimicrobial resistance: a review. *Front Microbiol* 2019;10:539, <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2019.00539>.
- [19] Nagobaa BS, Selkar SP, Wadher BJ, Gandhi RC. Acetic acid treatment of pseudomonal wound infections – a review. *J Infect Public Health* 2013;6(6):410–5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiph.2013.05.005>.
- [20] Feng L, Xu M, Zeng W, Zhang X, Wang S, Yao Z, et al. Evaluation of the antibacterial, antibiofilm, and anti-virulence effects of acetic acid and the related mechanisms on colistin-resistant *Pseudomonas aeruginosa*. *BMC Microbiol* 2022;22:306, <http://dx.doi.org/10.1186/s12866-022-02716-6>.
- [21] Tawre MS, Kamble EE, Kumkar SN, Mulani MS, Pardesi KR. Antibiofilm and antipersister activity of acetic acid against extensively drug resistant *Pseudomonas aeruginosa* PAW1. *PLoS One* 2021;16(2):e0246020, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0246020>.
- [22] Walker J, Moore G. *Pseudomonas aeruginosa* in hospital water systems: biofilms, guidelines, and practicalities. *J Hosp Infect* 2015;89(4):324–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2014.11.019>.
- [23] Rysseel H, Kloeters O, Germann G, Schäfer Th, Wiedemann G, Oehlbauer M. The antimicrobial effect of acetic acid – an alternative to common local antiseptics? *Burns* 2009;35(6):695–700, <http://dx.doi.org/10.1016/j.burns.2008.11.009>.
- [24] Madhusudhan VL. Efficacy of 1 % acetic acid in the treatment of chronic wounds infected with *Pseudomonas aeruginosa*: a prospective randomised controlled clinical trial. *Int Wound J* 2015, <http://dx.doi.org/10.1111/iwj.12428>.
- [25] Morley PS, Apley MD, Besser TE, Burney DP, Fedorka-Cray PJ, Papich MG, Traub-Dargatz JL, Weese JS. Antimicrobial drug use in veterinary medicine. *J Vet Int Med* 2005;19(4):617–29.