



HAL
open science

Incidence des infections sur fractures ouvertes des os longs au CHU de Caen de 2016 à 2018 : étude épidémiologique, facteurs de risque et analyse de pratique

Louis Riffault

► To cite this version:

Louis Riffault. Incidence des infections sur fractures ouvertes des os longs au CHU de Caen de 2016 à 2018 : étude épidémiologique, facteurs de risque et analyse de pratique. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03368914

HAL Id: dumas-03368914

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03368914>

Submitted on 7 Oct 2021

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.

THÈSE POUR L'OBTENTION
DU GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le : Vendredi 25 Juin 2021

par

M. Louis Armand Alphonse Riffault

Né (e) le 28 Juin 1992 à Blois (41)

TITRE DE LA THÈSE :

**Incidence des infections sur fractures ouvertes
des os longs au CHU de Caen de 2016 à 2018 :
Étude épidémiologique, facteurs de risque et
analyse de pratique**

Président : Monsieur le Professeur Christophe Hulet

Membres : Monsieur le Professeur Jean-Luc Hanouz

Monsieur le Professeur Arnaud Alves

Monsieur le Docteur Jocelyn Michon

Monsieur le Docteur Michel Pegoix

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Valentin CHAPUS

Année Universitaire 2020/2021**Doyen**

Professeur Emmanuel TOUZÉ

Assesseurs

Professeur Paul MILLIEZ (pédagogie)

Professeur Guy LAUNOY (recherche)

Professeur Sonia DOLLFUS & Professeur Evelyne EMERY (3^{ème} cycle)**Directrice administrative**

Madame Sarah CHEMTOB

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

M.	AGOSTINI Denis	Biophysique et médecine nucléaire
M.	AIDE Nicolas	Biophysique et médecine nucléaire
M.	ALEXANDRE Joachim	Pharmacologie clinique
M.	ALLOUCHE Stéphane	Biochimie et biologie moléculaire
M.	ALVES Arnaud	Chirurgie digestive
M.	AOUBA Achille	Médecine interne
M.	BABIN Emmanuel	Oto-Rhino-Laryngologie
M.	BÉNATEAU Hervé	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
M.	BENOIST Guillaume	Gynécologie - Obstétrique
M.	BERGER Ludovic	Chirurgie vasculaire
M.	BERGOT Emmanuel	Pneumologie
M.	BIBEAU Frédéric	Anatomie et cytologie pathologique
Mme	BRAZO Perrine	Psychiatrie d'adultes
M.	BROUARD Jacques	Pédiatrie
M.	BUI Thanh-huy Eric	Psychiatrie d'adultes
M.	BUSTANY Pierre	Pharmacologie
Mme	CHAPON Françoise	Histologie, Embryologie
Mme	CLIN-GODARD Bénédicte	Médecine et santé au travail
M.	DAMAJ Ghandi Laurent	Hématologie
M.	DAO Manh Thông	Hépatologie-Gastro-Entérologie
M.	DEFER Gilles	Neurologie
M.	DELAMILLIEURE Pascal	Psychiatrie d'adultes
M.	DENISE Pierre	Physiologie
Mme	DOLLFUS Sonia	Psychiatrie d'adultes
Mme	DOMPMARTIN-BLANCHÈRE Anne	Dermatologie

M.	DREYFUS Michel	Gynécologie - Obstétrique
M.	DU CHEYRON Damien	Réanimation médicale
Mme	ÉMERY Evelyne	Neurochirurgie
M.	ESMAIL-BEYGUI Farzin	Cardiologie
Mme	FAUVET Raffaèle	Gynécologie – Obstétrique
M.	FISCHER Marc-Olivier	Anesthésiologie et réanimation
M.	GÉRARD Jean-Louis	Anesthésiologie et réanimation
M.	GUÉNOLÉ Fabian	Pédopsychiatrie
Mme	GUITTET-BAUD Lydia	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
M.	HAMON Martial	Cardiologie
Mme	HAMON Michèle	Radiologie et imagerie médicale
M.	HANOUIZ Jean-Luc	Anesthésie et réa. médecine péri-opératoire
M.	HITIER Martin	Anatomie –ORL Chirurgie Cervico-faciale
M.	HULET Christophe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
M.	ICARD Philippe	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
M.	JOIN-LAMBERT Olivier	Bactériologie - Virologie
Mme	JOLY-LOBBEDEZ Florence	Cancérologie
M.	JOUBERT Michael	Endocrinologie
M.	LAUNOY Guy	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
M.	LE HELLO Simon	Bactériologie-Virologie
Mme	LE MAUFF Brigitte	Immunologie
M.	LOBBEDEZ Thierry	Néphrologie
M.	LUBRANO Jean	Chirurgie viscérale et digestive
M.	MAHE Marc-André	Cancérologie
M.	MANRIQUE Alain	Biophysique et médecine nucléaire
M.	MARCÉLLI Christian	Rhumatologie
M.	MARTINAUD Olivier	Neurologie
M.	MAUREL Jean	Chirurgie générale
M.	MILLIEZ Paul	Cardiologie
M.	MOREAU Sylvain	Anatomie/Oto-Rhino-Laryngologie
M.	MOUTEL Grégoire	Médecine légale et droit de la santé
M.	NORMAND Hervé	Physiologie
M.	PARIENTI Jean-Jacques	Biostatistiques, info. médicale et tech. de communication
M.	PELAGE Jean-Pierre	Radiologie et imagerie médicale
Mme	PIQUET Marie-Astrid	Nutrition
M.	QUINTYN Jean-Claude	Ophtalmologie
Mme	RAT Anne-Christine	Rhumatologie
M.	REPESSE Yohann	Hématologie
M.	REZNIK Yves	Endocrinologie

M.	ROD Julien	Chirurgie infantile
M.	ROUPIE Eric	Médecine d'urgence
Mme	THARIAT Juliette	Radiothérapie
M.	TILLOU Xavier	Urologie
M.	TOUZÉ Emmanuel	Neurologie
Mme	VABRET Astrid	Bactériologie - Virologie
M.	VERDON Renaud	Maladies infectieuses
Mme	VERNEUIL Laurence	Dermatologie
M.	VIVIEN Denis	Biologie cellulaire

PROFESSEURS ASSOCIÉS DES UNIVERSITÉS A MI-TEMPS

Mme	BELLOT Anne	Pédiatrie
M.	DE LA SAYETTE Vincent	Neurologie
M.	GUILLAUME Cyril	Médecine palliative
M.	LE BAS François	Médecine Générale
M.	SABATIER Rémi	Cardiologie

PRCE

Mme	LELEU Solveig	Anglais
-----	---------------	---------

PROFESSEURS ÉMÉRITES

M.	DERLON Jean-Michel	Neurochirurgie
M.	GUILLOIS Bernard	Pédiatrie
M.	HABRAND Jean-Louis	Cancérologie option Radiothérapie
M.	HURAUULT de LIGNY Bruno	Néphrologie
Mme	KOTTLER Marie-Laure	Biochimie et biologie moléculaire
M.	LE COUTOUR Xavier	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
M.	LEPORRIER Michel	Hématologie
M.	RAVASSE Philippe	Chirurgie infantile
M.	TROUSSARD Xavier	Hématologie
M.	VIADER Fausto	Neurologie

Année Universitaire 2020/2021**Doyen**

Professeur Emmanuel TOUZÉ

Assesseurs

Professeur Paul MILLIEZ (pédagogie)

Professeur Guy LAUNOY (recherche)

Professeur Sonia DOLLFUS & Professeur Evelyne EMERY (3^{ème} cycle)**Directrice administrative**

Madame Sarah CHEMTOB

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme	BENHAÏM Annie	Biologie cellulaire
M.	BESNARD Stéphane	Physiologie
Mme	BONHOMME Julie	Parasitologie et mycologie
M.	BOUVIER Nicolas	Néphrologie
M.	BROSSIER David	Pédiatrie
M.	COULBAULT Laurent	Biochimie et Biologie moléculaire
M.	CREVEUIL Christian	Biostatistiques, info. médicale et tech. de communication
M.	DE BOYSSON Hubert	Médecine interne
Mme	DINA Julia	Bactériologie - Virologie
Mme	DUPONT Claire	Pédiatrie
M.	ÉTARD Olivier	Physiologie
M.	GABEREL Thomas	Neurochirurgie
M.	GRUCHY Nicolas	Génétique
M.	ISNARD Christophe	Bactériologie Virologie
M.	JUSTET Aurélien	Pneumologie
Mme	KRIEGER Sophie	Pharmacie
M.	LEGALLOIS Damien	Cardiologie
Mme	LELONG-BOULOUARD Véronique	Pharmacologie fondamentale
Mme	LEVALLET Guénaëlle	Cytologie et Histologie
M.	MACREZ Richard	Médecine d'urgence
M.	MITTRE Hervé	Biologie cellulaire
M.	MOLIN Arnaud	Génétique
M.	SAINT-LORANT Guillaume	Pharmacie
M.	SESBOÛÉ Bruno	Physiologie

M. TOUTIRAIS Olivier

Immunologie

M. VEYSSIERE Alexis

Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

M. HUMBERT Xavier

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIÉS DES UNIVERSITÉS A MI-TEMPS

Mme ABBATE-LERAY Pascale

Médecine générale

M. BANSARD Mathieu

Médecine générale

M. COUETTE Pierre-André

Médecine générale

Mme NOEL DE JAEGHER Sophie

Médecine générale

M. PITHON Anni

Médecine générale

M. SAINMONT Nicolas

Médecine générale

Mme SCHONBRODT Laure

Médecine générale

MAITRES DE CONFERENCES ÉMÉRITES

Mme DEBRUYNE Danièle

Pharmacologie fondamentale

Mme DERLON-BOREL Annie

Hématologie

Mme LEPORRIER Nathalie

Génétique

Remerciements

A notre maître et président de Jury,

Monsieur le Professeur Christophe Hulet,

Professeur des universités et praticien hospitalier de chirurgie orthopédique et traumatologique,

Dans votre service j'ai pu m'épanouir professionnellement et personnellement durant ces quatre années, soyez-en remercié.

A notre maître et juge,

Monsieur le Professeur Jean-Luc Hanouz,

Professeur des universités et praticien hospitalier d'anesthésie et réanimation,

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de faire partie de mon jury de thèse.

Je vous remercie également pour votre compréhension et votre disponibilité les « fameux » jeudi matin professoraux au bloc des urgences.

A notre maître et juge,

Monsieur le Professeur Arnaud Alves,

Professeur des universités et praticien hospitalier de chirurgie digestive

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de faire partie de mon jury de thèse.

Soyez assuré de mon profond respect et de ma reconnaissance.

A notre maître et directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Valentin Chapus

Docteur en chirurgie orthopédique et traumatologique,

Je te remercie d'avoir accepté d'être le directeur de ce travail, de l'avoir patiemment corrigé.

Je te remercie pour ta patience, ta pédagogie et tes enseignements précieux, notamment de la chirurgie du membre supérieur dans notre service d'orthopédie

A notre maître et juge,

Monsieur le Docteur Jocelyn Michon

Docteur en infectiologie,

Je te remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury, ta patience et ta disponibilité pour le service d'orthopédie ainsi que ton humanité auprès des patients sont des exemples pour moi.

A notre maître et juge,

Monsieur le Docteur Michel Pegoix

Docteur en anesthésie-réanimation,

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury, le lien que vous représentez entre les équipes d'anesthésie-réanimation et de chirurgie orthopédique est primordial.

Aux chirurgiens seniors du département, les Docteurs Rochcongar, Dunet, Feron, Anzalone et Malherbe, merci pour votre enseignement quotidien de la chirurgie orthopédique.

Aux chefs de clinique présents et passés : Benoit, André, Morgane, Daniel, Antoine, Geoffrey, Matthieu, Baptiste, Bertrand, Guillaume, Matthieu, Laura, Clément, Aude, Isaline. Merci pour vos enseignements et tous ces bons moments passés au bloc ou en dehors.

Au service de chirurgie orthopédique du CH de Lisieux, les Docteurs François Tirveilliot, Darchan Sivagnagnam, Magalie Larrouy, Aude Sebilo. Merci de m'avoir fait découvrir patiemment la chirurgie orthopédique lors de mon premier semestre.

Au service de chirurgie pédiatrique du CHU de Caen, les Docteurs Corinne Bronfen, Antoine Laquièvre, et Pui-Pui Kim. Merci de m'avoir formé à la chirurgie pédiatrique dans un cadre si bienveillant.

Au service de chirurgie orthopédique de Strasbourg, les Professeurs Clavert et Adam, les Docteurs Antoni, Baldairon, Gisonni, Nicolau. Merci de m'avoir si bien accueilli et fait profiter de l'expérience de votre service de chirurgie du membre supérieur.

Au service de chirurgie esthétique et reconstructrice et chirurgie de la main de Rouen, le Professeur Auqui-Auckbur, les Docteurs Vaneret, Coquerel, Gandolfi, Hadrien, Chan. Merci de votre accueil, de m'avoir enseigné cette nouvelle spécialité et fait profiter de votre expérience en chirurgie de la main.

A mes co-internes, Martin, Benoît, Thibault, Nathan, Marianne, Medhi, Arthur, Aurore, Gaele, Grégoire, Antoine, Thomas, Florian, Marie, Abeer, Sami, Malik, Justine, Anne-Isabelle. Merci à vous pour ces bons moments passés ensemble, votre solidarité durant l'internat a été d'une grande aide, je vous souhaite le meilleur.

Aux services de Chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU de Caen, « 11.10, 11.20, 10.20 » le bloc opératoire et le bloc des urgences, Merci aux infirmières, kinés, aides-soignants, agents de service hospitalier, secrétaires, archivistes. C'est agréable et motivant de travailler avec vous.

A mes Parents, Merci pour tout, votre amour, votre patience, votre bienveillance, votre présence réconfortante, tout cela est si important pour moi.

A Raphaëlle, ma grande sœur, tu es un exemple pour tes frères, de courage et de persévérance, merci pour tout ce que tu as fait pour moi.

A Baudouin, mon petit frère, difficile de mettre des mots sur ce lien qu'est la fraternité, deux tout de même : rare et précieux.

A Alexis, qui fait partie de la famille, ta présence est toujours un plaisir.

A Cécile,

« Mais, si tu m'apprivoises, nous aurons besoin l'un de l'autre. Tu seras pour moi unique au monde. Je serai pour toi unique au monde. »

« Le Petit Prince » A. de St-Exupéry

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Historique	1
1.2	Définition et classification	2
1.3	Épidémiologie	4
1.4	Principes de prise en charge chirurgicale	4
1.4.1	Antibioprophylaxie	5
1.4.2	Parage / débridement de la plaie	5
1.4.3	Fixation de la fracture	5
1.5	Notre expérience au CHU de Caen	6
2	Matériel et méthode	8
2.1	Caractéristiques de l'étude	8
2.2	Objectifs de l'étude et critères de jugement	8
2.2.1	Objectifs de l'étude	8
2.2.2	Critères de jugement	8
2.3	Analyses statistiques	10
2.4	Critères d'inclusion et de non-inclusion	10
2.5	Recueil de données	11
2.6	Description de la population	11
3	Résultats	18
3.1	Taux d'infection des fractures ouvertes	18
3.2	Analyse des facteurs de risque	21
3.3	Epidémiologie bactérienne	23
4	Discussion	26
4.1	Taux d'infection des fractures ouvertes	26
4.2	Analyse des facteurs de risque	28
4.3	Épidémiologie des fractures ouvertes	30
4.4	Épidémiologie bactérienne	32
4.5	Avantages et limites de l'étude	34
5	Conclusion	35
6	Bibliographie	36
7	Annexes	41

Table des figures et tableaux

Tableau 1. Classification des infections sur fractures ouvertes selon P.Bonnevial	9
Tableau 2. Répartition des taux d'infection selon la classification de Gustilo	18
Tableau 3. Facteurs de risque d'infection en analyse univariée	21
Tableau 4. Facteurs de risque d'infection en analyse multivariée	22
Tableau 5. Epidémiologie microbienne des infections sur fracture ouverte.....	23
Tableau 6. Incidence de l'infection des fractures ouvertes dans la littérature.....	27
Tableau 7. Tableau comparatif sur la répartition des sites fracturaires	29
Figure 1. Répartition de l'incidence des fractures ouvertes selon l'âge et le sexe.....	12
Figure 2. Répartition des fractures selon la classification de Gustilo	13
Figure 3. Répartition des sites fracturaires.....	13
Figure 4. Répartition des circonstances fracturaires.....	14
Figure 5. Répartition des circonstances fracturaires dans les AVP	14
Figure 6. Répartition des techniques chirurgicales d'ostéosynthèse	15
Figure 7. Délai de prise en charge chirurgicale.....	16
Figure 8. Délai de mise en place de l'antibioprophylaxie	16
Figure 9. Durée de l'antibiothérapie post-opératoire	17
Figure 10. Délai de survenue de l'infection des fractures ouvertes	19
Figure 11. Répartition des infections selon la classification de P.Bonnevial	20
Figure 12. Répartition des prises en charge chirurgicales de l'infection.....	21
Figure 13. Epidémiologie bactérienne des infections sur fractures ouvertes.....	24
Figure 14. Epidémiologie bactérienne selon la classification de Gustilo.....	33

1 Introduction

1.1 Historique

Les patients victimes de fractures ouvertes représentent un des défis majeurs des affections traumatologiques. La complication la plus redoutée de cette pathologie est l'infection du site fracturaire.

Le traitement historique de ces patients a longtemps consisté en une amputation précoce du membre atteint, seule façon de lutter alors contre les complications infectieuses fréquentes, souvent mortelles en cas de bactériémie (1).

Ce n'est que dans les années 1860, avec l'arrivée de la théorie microbienne portée par Louis Pasteur, et les travaux du chirurgien Anglais Joseph Lister sur les techniques antiseptiques appliquées à la chirurgie, que la prise en charge des fractures ouvertes connaît une avancée majeure (2).

Au cours du XXème siècle, la prise en charge évolue grâce à une meilleure compréhension de la physiopathologie, des techniques chirurgicales et de l'utilisation des antibiotiques. La mortalité diminue alors de façon importante.

Malgré ces avancées, l'infection d'une fracture ouverte reste une complication difficile et lourde de conséquences pour le patient et sa famille. Le retentissement fonctionnel au niveau du membre est majeur, pouvant engendrer une diminution de la qualité de vie voire une incapacité à travailler (3). Malheureusement, l'amputation du membre en cas d'impossibilité de geste conservateur est parfois nécessaire (4,5).

Le retentissement socio-économique est majeur comparé au patient victime d'une fracture ouverte sans complication infectieuse (6–8). Cette problématique concerne donc également le système de santé publique. Elle nécessite des centres et des équipes spécialisés et entraînés, pouvant engendrer des frais médicaux importants, jusqu'à 510 000\$ par patient pour les traumatismes complexes des membres inférieurs (9,10).

L'objectif de cette étude était de mesurer l'incidence des complications infectieuses chez les patients victimes de fractures ouvertes pris en charge au CHU de Caen durant 3 ans. Les objectifs secondaires étaient de rechercher les facteurs de risques d'infection de ces fractures,

de dresser une épidémiologie microbienne, et de réaliser une analyse des pratiques.

L'hypothèse principale était que l'incidence des infections de fractures ouvertes était comparable aux données de la littérature.

1.2 Définition et classifications

Une fracture ouverte est définie par l'existence d'une fracture et d'une effraction cutanée qui communique avec celle-ci ou l'hématome fracturaire (11). L'ouverture cutanée est le témoin de l'intensité du traumatisme.

Schématiquement il existe deux mécanismes lésionnels responsables de l'effraction cutanée et de l'atteinte des parties molles :

- les traumatismes « de dedans en dehors », où un fragment osseux fortement déplacé par le traumatisme perce les différents tissus mous jusqu'à atteindre l'épiderme. Généralement, les lésions des parties molles sont nettes, le délabrement et la contamination de la plaie sont minimes.

- les traumatismes « de dehors en dedans », où un impact extérieur à haute énergie perce en premier la peau puis les tissus mous, enfin fracture le squelette. Les lésions des tissus mous et la contamination sont importantes. L'exemple type de ce mécanisme est la fracture sur traumatisme balistique.

La principale complication issue de cette communication entre le milieu extérieur et la fracture est l'infection du site fracturaire (12,13).

Le risque infectieux d'une fracture fermée est de l'ordre d'1 % (14), alors qu'il est de 2 à 50 % dans le cas des fractures ouvertes (15,16).

Cette infection peut mener à d'autres complications locales avec lésions des tissus mous notamment la nécrose, la pseudarthrose, l'apparition de douleurs chroniques, et une diminution du résultat fonctionnel (17,18). Mais surtout, cela peut amener à une bactériémie à partir de l'inoculum de la plaie et donc mener à des complications générales potentiellement graves, voire mortelles en cas de choc septique (19).

De nombreuses classifications existent pour identifier et hiérarchiser les fractures ouvertes. Il existe les classifications de Tscherné (20) et de l'AO (Association Orthopédique) (21) qui ne seront pas abordées dans ce travail. La classification de Cauchoix (22) **Annexe 1** est couramment utilisée en France. Cette classification, initialement utilisée pour les fractures ouvertes de jambes, a été étendue par usage au reste des fractures ouvertes.

Elle est basée sur 3 critères :

- les caractéristiques de la plaie : taille, profondeur, aspect.
- la facilité de recouvrement/fermeture de la plaie après parage.
- l'état de la vascularisation artérielle tronculaire.

Cette classification a l'avantage d'être simple et rapide à utiliser dès l'inspection initiale au service d'urgences, permettant une première évaluation de la fracture.

La SFAR (Société Française d'Anesthésie Réanimation) s'est basée sur cette classification pour ses recommandations sur les différentes antibioprofylaxies dans les fractures ouvertes (23).

Les limites de cette classification sont multiples. L'état osseux n'est pas pris en compte. L'évaluation se base sur la fermeture cutanée, or les techniques de recouvrement ont évolué, avec actuellement une meilleure maîtrise des lambeaux et l'apport des pansements à pression négative. Enfin, la reproductibilité de cette classification n'a pas été étudiée.

Dans la littérature internationale, la classification la plus fréquemment utilisée est celle de Gustilo et Anderson décrite pour la première fois en 1976 (15) et modifiée en 1984 (24).

Annexe 2

Elle est basée sur 4 critères principaux :

- la taille de la plaie.
- la comminution osseuse.
- le degré de contamination de la plaie.
- l'énergie du traumatisme.

Auxquels se sont ajoutés les critères de couverture locale insuffisante après parage et nécessitant un geste de couverture et le critère d'atteinte de la vascularisation artérielle.

Cette classification présente comme principal avantage d'être prédictive du risque infectieux avec une gradation du risque du stade I au stade IIIC (25).

La classification de Gustilo, bien qu'étant considérée comme la classification de référence, présente des limites. Elle est qualifiée de « per-opératoire », soit le fait de ne pouvoir être établie en amont du geste chirurgical mais seulement au bloc opératoire, après un parage chirurgical. Il faut ajouter à cela que la reproductibilité inter-observateur est médiocre, évaluée entre 53 et 60 % du fait de ses paramètres pour la plupart subjectifs (26–28).

1.3 Épidémiologie

Les fractures ouvertes représentent seulement 2,6% de l'ensemble des fractures. Cependant, cela reste une prévalence non négligeable, et tout chirurgien orthopédiste sera confronté à leur prise en charge à de multiples reprises (29).

46 % des fractures ouvertes concernent la main, répondant à une physiopathologie et des complications différentes des os longs. C'est pourquoi, ces fractures ne seront pas abordées dans ce travail (30–32).

L'incidence par an des fractures ouvertes est estimée à 11,5/100 000/an (33–35).

Environ 90% des patients présentent une seule fracture ouverte, et 10% au moins 2 fractures ouvertes et rentrent donc dans le cadre d'un « polytraumatisme ».

L'âge moyen des patients est de 44,9 ans. Il existe une surreprésentation masculine avec 65,8 % des patients pour 34,2 % de femmes.

La distribution de la population selon l'âge présente la particularité d'être bimodale en fonction du sexe, avec une moyenne d'âge pour les hommes de 36,7 ans, et de 61 ans pour les femmes.

La première cause de fracture ouverte est liée aux accidents de la voie publique avec près de 57 % des patients.

Le site atteint le plus fréquemment est le tibia avec 56 % des patients, suivi de l'avant-bras (23%) et du fémur (14%) (33).

1.4 Principes de prise en charge chirurgicale

La prise en charge de la fracture ouverte s'organise autour de 3 grands axes : l'antibioprophylaxie, le parage et le débridement de la plaie, la stabilisation de la fracture.

1.4.1 Antibioprophylaxie

La prise en charge antibiotique permet de lutter de façon systémique contre la colonisation du foyer de fracture et la prolifération microbienne. Son administration est intraveineuse. Son efficacité a été démontrée et est maintenant bien établie (16,36). Toutefois, l'antibioprophylaxie n'est pas suffisante à elle seule pour lutter contre la contamination initiale et n'exclut jamais la prise en charge chirurgicale

Les prélèvements per-opératoires lors de la prise en charge initiale, pratiqués il y a quelques années selon les centres, ne sont corrélés ni à la probabilité d'une future infection, ni aux potentiels germes responsables d'une infection future. Ils ne sont donc plus recommandés (37,38).

1.4.2 Parage / débridement de la plaie

Le parage chirurgical de la plaie correspond au 2ème axe de la prise en charge. Il consiste en l'excision de tous les tissus contaminés ou nécrotiques, l'ablation des corps étrangers et le lavage abondant de la plaie (39,40). C'est la prise en charge locale du risque infectieux.

Ces gestes luttent contre l'infection en diminuant l'inoculum bactérien initial. Ils éliminent un futur milieu propice à la croissance bactérienne et favorisent les mécanismes de cicatrisation. Il est parfois nécessaire, pour être exhaustif, de réaliser un deuxième temps de parage de la plaie à 24-48h au bloc opératoire (41).

C'est seulement après cette étape que peut être établi le classement de la fracture selon la classification de Gustilo et Anderson.

1.4.3 Fixation de la fracture

La fixation de la fracture permet, en elle-même, de diminuer le risque d'infection (42).

Elle limite les lésions subies par les parties molles causées par l'instabilité de la fracture et diminue la douleur. Elle améliore le résultat sur le plan fonctionnel en restituant l'anatomie initiale et autorise une mobilisation et une rééducation les plus précoces possibles.

Cette fixation prévient sur le plan général d'autres complications : saignement, SDRA (Syndrome de Détresse Respiratoire Aigüe) et les embolies graisseuses, essentiellement pour les fractures diaphysaires des membres inférieurs, notamment fémorales (43–45).

Il existe plusieurs techniques chirurgicales permettant la stabilisation du foyer de fracture :

- les ostéosynthèses par broches, vis et hauban en fil métallique.
- les ostéosynthèses par clou centro-médullaire qui s'adressent aux fractures diaphysaires des os longs.
- les ostéosynthèses par plaque qui sont généralement utilisées pour les fractures articulaires, métaphysaires ou épiphysaires.
- les ostéosynthèses par fixateurs externes.

Un traitement orthopédique est parfois proposé avec immobilisation par plâtre ou par un système de traction après le geste de parage.

La sélection de la technique d'ostéosynthèse est la conjonction de plusieurs facteurs. Elle dépend de la localisation de la fracture, de la contamination de la plaie, du degré d'urgence, de l'état général du patient et de l'expérience du chirurgien vis-à-vis des différentes techniques (46).

Un autre facteur à prendre en compte est la possible formation d'un biofilm microbien en cas d'infection. Il s'agit de micro colonies constituées de bactéries, au contact du matériel orthopédique, qui produisent une matrice extra-cellulaire qui les isole de leur environnement extérieur. Ce biofilm est quasi imperméable au système immunitaire et aux antibiotiques donnés par voie générale (résistance multipliée par 1000 aux antibiotiques) (47). Le délai de mise en place de ce biofilm est estimé à 3 à 4 semaines (48). **Annexe 3**

C'est pourquoi, dans les fractures ouvertes massivement contaminées, le recours au fixateur externe, caractérisé par l'absence de matériel au niveau de la plaie, est fréquent.

1.5 Notre expérience au CHU de Caen

Le CHU de Caen est le centre de référence et de recours de la Basse-Normandie pour la prise en charge des traumatismes complexes, notamment des patients polytraumatisés

Cela représente un bassin de population de 1,5 millions d'habitants (49).

La ville de Caen est constituée de 105 000 habitants, l'agglomération de 200 000 habitants et son aire urbaine est de 420 000 habitants (50).

A Caen, la prise en charge des patients présentant une fracture ouverte est répartie sur 3 sites hospitaliers : 2 établissements privés qui assurent un service d'accueil des urgences 24/24h et le CHU de Caen.

Au CHU est présente une unique équipe d'orthopédie, coordonnée quotidiennement par un staff et assistée en permanence d'une équipe d'infectiologues spécialisés en ostéoarticulaire.

2 Matériel et méthode

2.1 Caractéristiques de l'étude

Il s'agit d'une étude observationnelle, rétrospective, monocentrique, concernant les patients victimes de fractures ouvertes des os longs, pris en charge au CHU de Caen.

Cette étude est réalisée sur une période de trois ans, du 1er Janvier 2016 au 31 Décembre 2018.

2.2 Objectifs de l'étude et critères de jugement

2.2.1 Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer le taux d'infection des patients victimes de fractures ouvertes des os longs au CHU de Caen.

Les objectifs secondaires étaient :

- Rechercher des facteurs de risque d'infection des fractures ouvertes.
- Préciser l'épidémiologie des patients victimes de fractures ouvertes.
- Préciser l'épidémiologie bactérienne des infections des fractures ouvertes.
- Réaliser une analyse de pratique de la prise en charge des fractures ouvertes.

2.2.2 Critères de jugement

Le critère de jugement principal était l'infection de la fracture ouverte avec un suivi minimal de 1 an.

Les critères retenus pour définir l'infection du site fracturaire suivaient les propositions du groupe d'experts international dirigé par Metsemakers en 2018, en association avec la fondation de l'AO et l'EBJIS (Société européenne des infections ostéoarticulaires) (51).

Annexe 4

Les 4 critères majeurs retenus pour définir une infection du site fracturaire étaient :

- Fistule ou désunion de la cicatrice jusqu'à l'os ou jusqu'au matériel.
- Pus au niveau de la cicatrice ou dans le drainage.

- Micro-organismes dans les échantillons de tissus profonds, confirmés par examen histologique.
- Pathogènes phénotypiquement indiscernables identifiés par culture à partir d'au moins 2 échantillons distincts de tissus profonds ou d'implants.

Les critères mineurs dits “suggestifs” consistaient en : la présence de douleurs, de fièvre, de cellulite péri-cicatricielle, de signes radiologiques (lyse osseuse, apposition périostée, descellement du matériel, pseudarthrose), de signes biologiques (augmentation VS, CRP, leucocytes) et d'un seul prélèvement per-opératoire positif.

Les critères secondaires étudiés dans ce recueil étaient :

- les facteurs de risque d'infection, organisés en 4 catégories : facteurs patients dépendants, chirurgies dépendantes, antibiotiques dépendants. 15 critères ont été retenus.

Annexe 5

- l'épidémiologie des fractures ouvertes au CHU de Caen.
- l'épidémiologie de la flore bactérienne des infections des fractures ouvertes.

P.Bonnevial, dans une conférence d'enseignement de la SOFCOT 2016 (Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique) (52), propose de façon empirique une classification en 3 catégories des infections sur fracture, selon les thérapeutiques proposées.

TABLEAU 1 . CLASSIFICATION DES INFECTIONS SUR FRACTURES OUVERTES SELON P.BONNEVIAL

Caractéristique infection	Délai post-fracturaire	Thérapeutique
Infection précoce immédiate	de J0 à 4 semaines	Lavage
Infection précoce retardée	de 4 semaines à 6 mois	Lavage + dépose/changement matériel
Infection chronique	au-delà de 6 mois	Lavage + dépose/changement matériel + cure de pseudarthrose

Cette classification repose sur 2 notions essentielles : la notion de pseudarthrose et la notion de biofilm.

Les définitions d'infections précoces immédiates et retardées retiennent comme délai limite la 4^{ème} semaine post-fracturaire, soit le temps d'installation du biofilm synthétisé par les bactéries. Les infections immédiates sont considérées vierges de biofilm et sont donc accessibles au lavage du site chirurgical. A l'inverse, dans les infections retardées, la présence du biofilm oblige à une dépose du matériel d'ostéosynthèse en plus du lavage du site.

La distinction entre infection précoce et chronique est basée sur la notion de pseudarthrose. Ainsi passé un délai supérieur à 6 mois, la durée de consolidation est considérée comme pathologique. La fracture ne consolidera plus par elle-même. Les objectifs thérapeutiques sont alors doubles : guérison de l'infection et la cure du foyer de pseudarthrose.

2.3 Analyses statistiques

Les variables qualitatives ont été décrites selon leurs moyennes et écarts-types, et les variables quantitatives l'ont été par leurs effectifs et proportions.

L'étude des facteurs de risques d'infections a fait l'objet de tests exacts de Fisher et de tests t de Student. Les résultats ont été présentés sous la forme d'Odds Ratios et de moyennes des différences avec intervalles de confiance à 95% et p-values.

L'ensemble des analyses a été réalisé sous le logiciel R version 4.0.1.

2.4 Critères d'inclusion et de non-inclusion

Les critères d'inclusion étaient :

- Toutes les fractures ouvertes prises en charge au CHU de Caen sur les années 2016/2017/2018
- Patients âgés de plus de 16 ans (pris en charge par l'équipe de chirurgie orthopédique adulte)
- les os longs : tibia/fibula, fémur, radius/ulna, humérus, clavicule

Les critères de non-inclusion étaient :

- Patients pris en charge par l'équipe de chirurgie pédiatrique (âgés de moins de 16 ans)

- Fractures ouvertes de la main, des pieds, du rachis et de la face
- Prise en charge chirurgicale initiale hors CHU de Caen
- Fractures ouvertes sur matériel pré-existant (matériel d'ostéosynthèse ou prothèse)
- Recul inférieur à 1 an (décès prématurés ou perdus de vue)
- Dossier incomplet

2.5 Recueil de données

La recherche des patients concernés par une fracture ouverte a été réalisée à l'aide du logiciel informatique de codage diagnostique du CHU de Caen. Une liste de 258 patients a été établie. A partir de cette liste, l'ensemble des dossiers a été étudié rétrospectivement à la fois de façon informatique et via les dossiers papiers (fiches descriptives manuscrites des urgentistes et pompiers notamment). Seuls les dossiers correspondants aux critères d'inclusion de l'étude ont été retenus, soit 176 patients pour 190 fractures ouvertes. **Annexe 6 Diagramme de flux**

Les patients ne bénéficiant pas d'un suivi en consultation au moins égal à 1 an ont été contactés par téléphone. Il était recueilli les notions de reprise chirurgicale du site fracturaire, si oui son motif, l'évolution locale de la cicatrice, la fonctionnalité du membre atteint et la reprise du travail.

Les dossiers non retenus correspondaient à des fractures chez l'enfant, à différents séjours pour un même patient, des patients avec une prise en charge initiale hors CHU, des codages inappropriés.

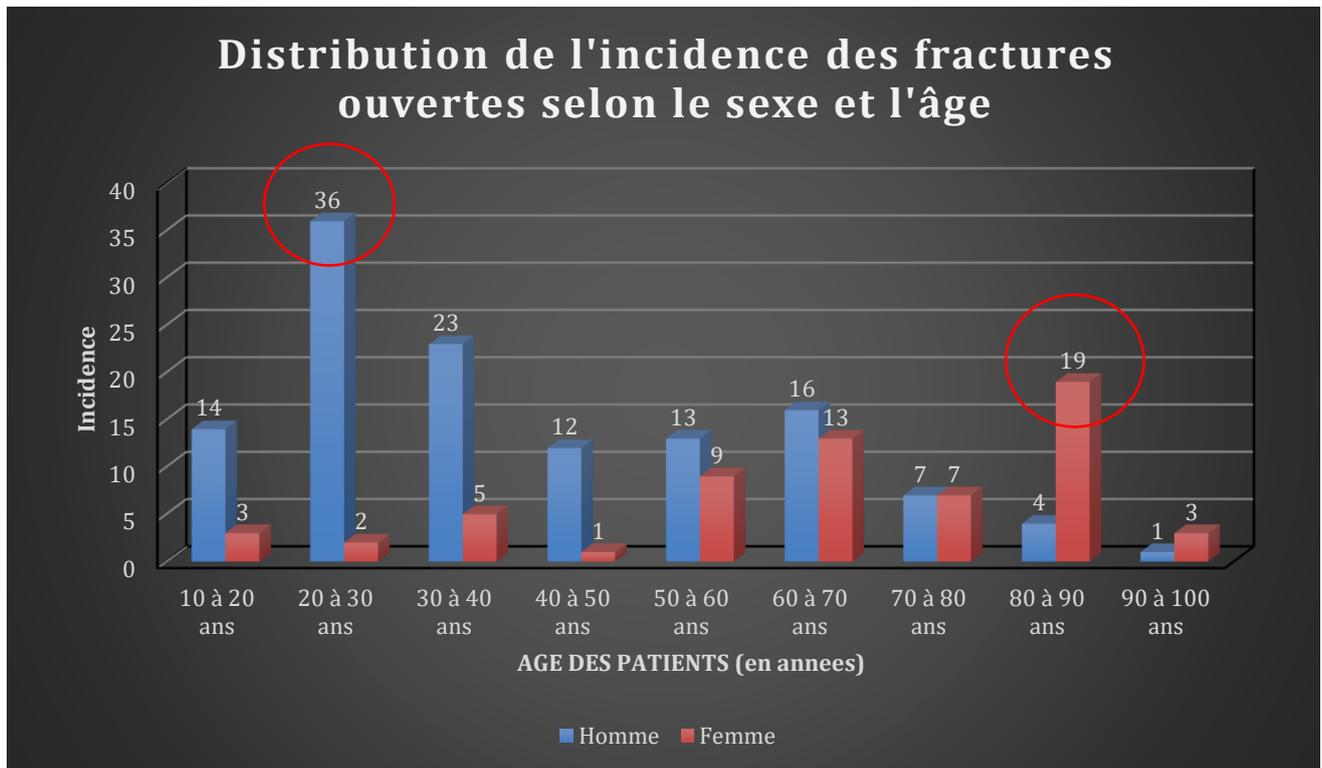
Pour ce travail non interventionnel rétrospectif impliquant la personne humaine, l'accord du Comité de Protection de Patients (CPP) n'a pas été nécessaire. (Délibération n°2018-154 du 3 Mai 2018)

2.6 Description de la population

Ce recueil comprenait 176 patients pour 190 fractures ouvertes.

Les hommes représentaient 2/3 des patients (94 patients) pour 1/3 de femmes (52 patientes), l'âge moyen était de 49 ans. Il existe une répartition différente en fonction de l'âge et du sexe : les hommes présentent une prévalence atteignant un pic de 20 à 30 ans puis une décroissance avec l'âge. A l'inverse, les femmes présentent une incidence croissante avec l'âge, avec une incidence maximale entre 80 et 90 ans.

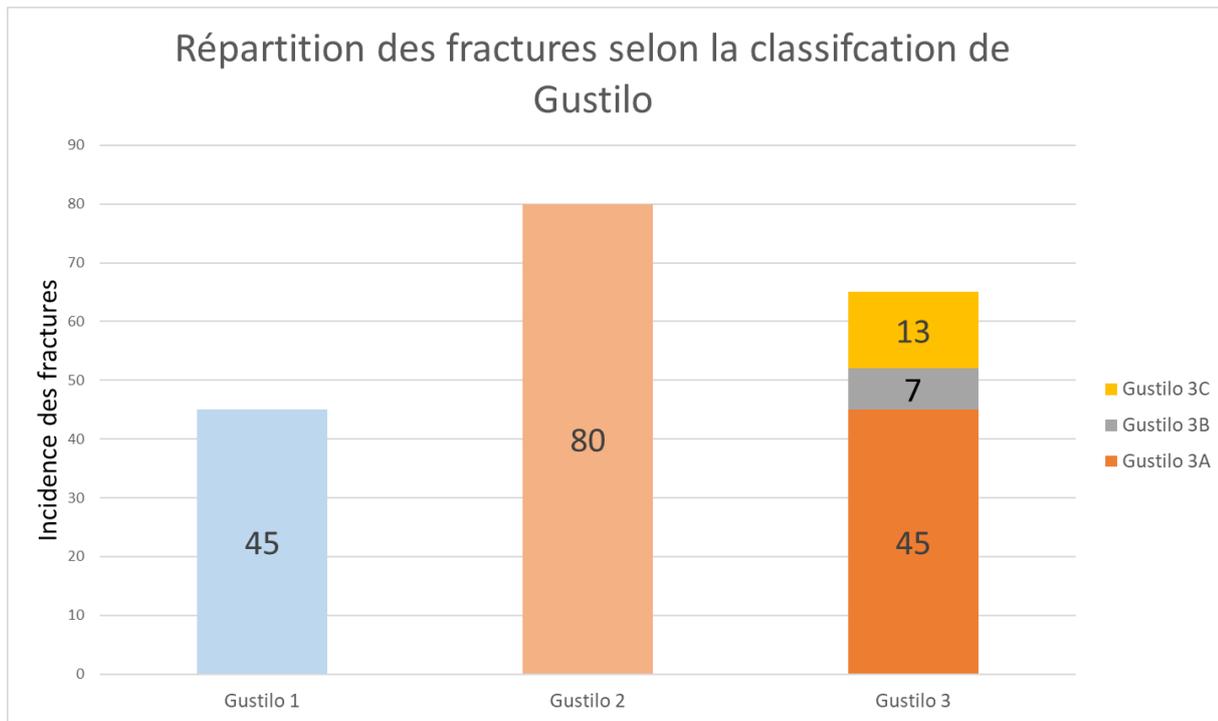
FIGURE 1. REPARTITION DE L'INCIDENCE DES FRACTURES OUVERTES SELON L'AGE ET LE SEXE



La population comportait un taux important de comportements à risques : tabac (37 %), intoxication éthylique ou drogues (20 %) et également un taux non négligeable d'antécédents psychiatriques (17%) soit anxiodépressifs, soit psychotiques.

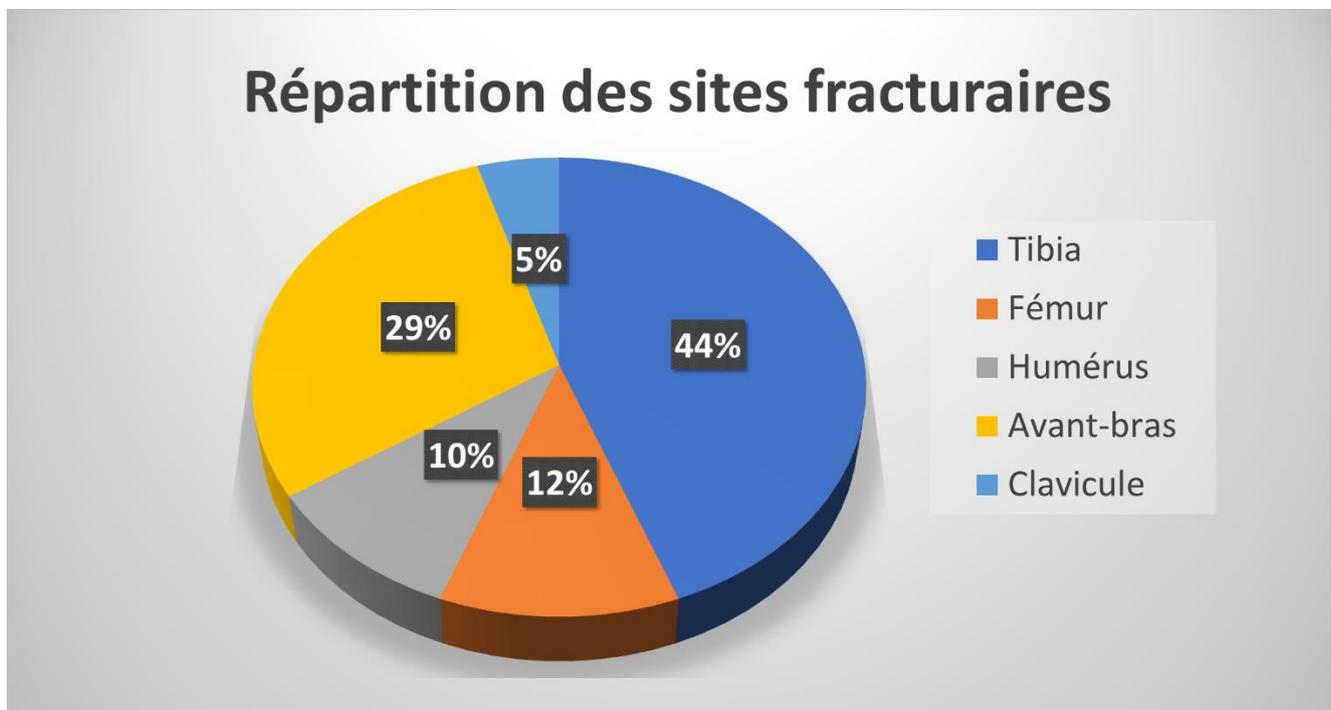
La répartition des fractures selon la classification de Gustilo retrouvait une majorité de fractures Gustilo II (42%), puis de fracture Gustilo III (34%) avec 45 fractures Gustilo IIIA, 7 Gustilo IIIB et 13 Gustilo IIIC. Les fractures Gustilo I représentaient 24% de l'ensemble des fractures.

FIGURE 2. REPARTITION DES FRACTURES SELON LA CLASSIFICATION DE GUSTILO



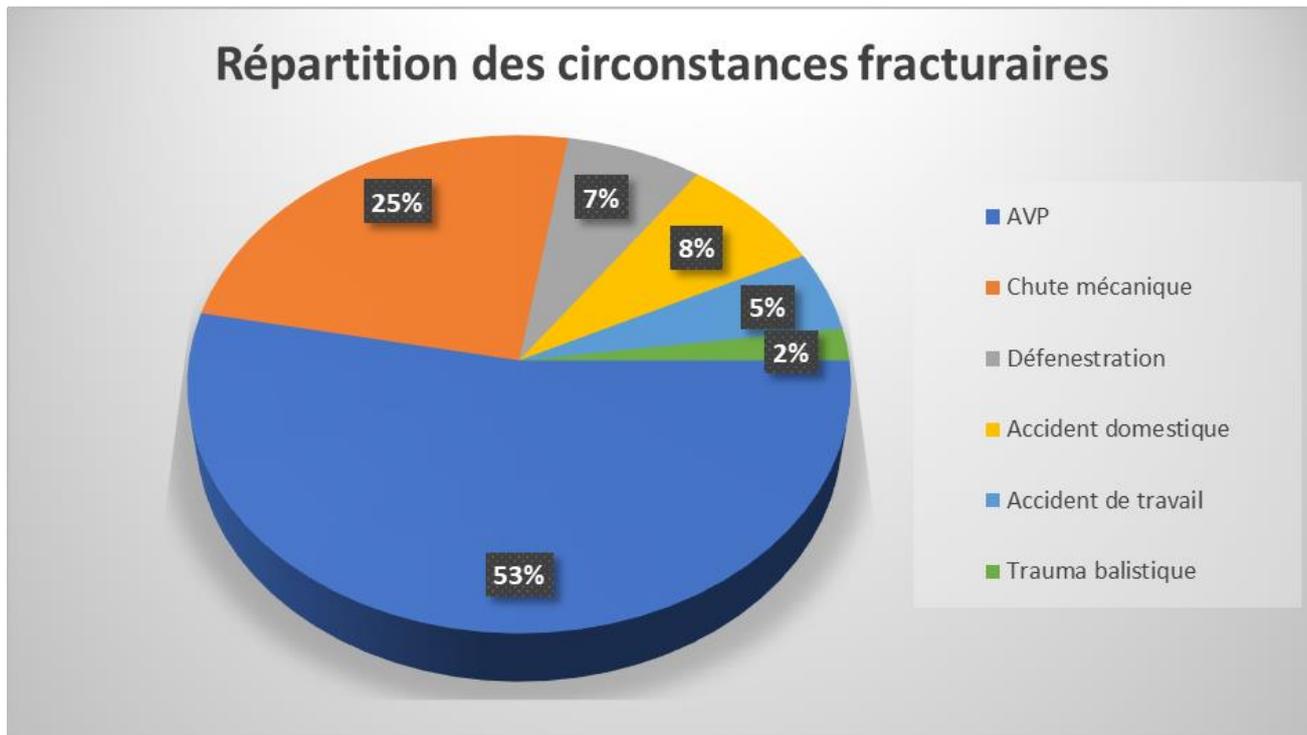
Le site fracturaire le plus fréquemment retrouvé était le tibia avec près de la moitié des fractures ouvertes (44%). Suivaient ensuite l'avant-bras (29%) puis le fémur (12%) et l'humérus (10%). La clavicule était marginale (5%).

FIGURE 3. REPARTITION DES SITES FRACTURAIRES



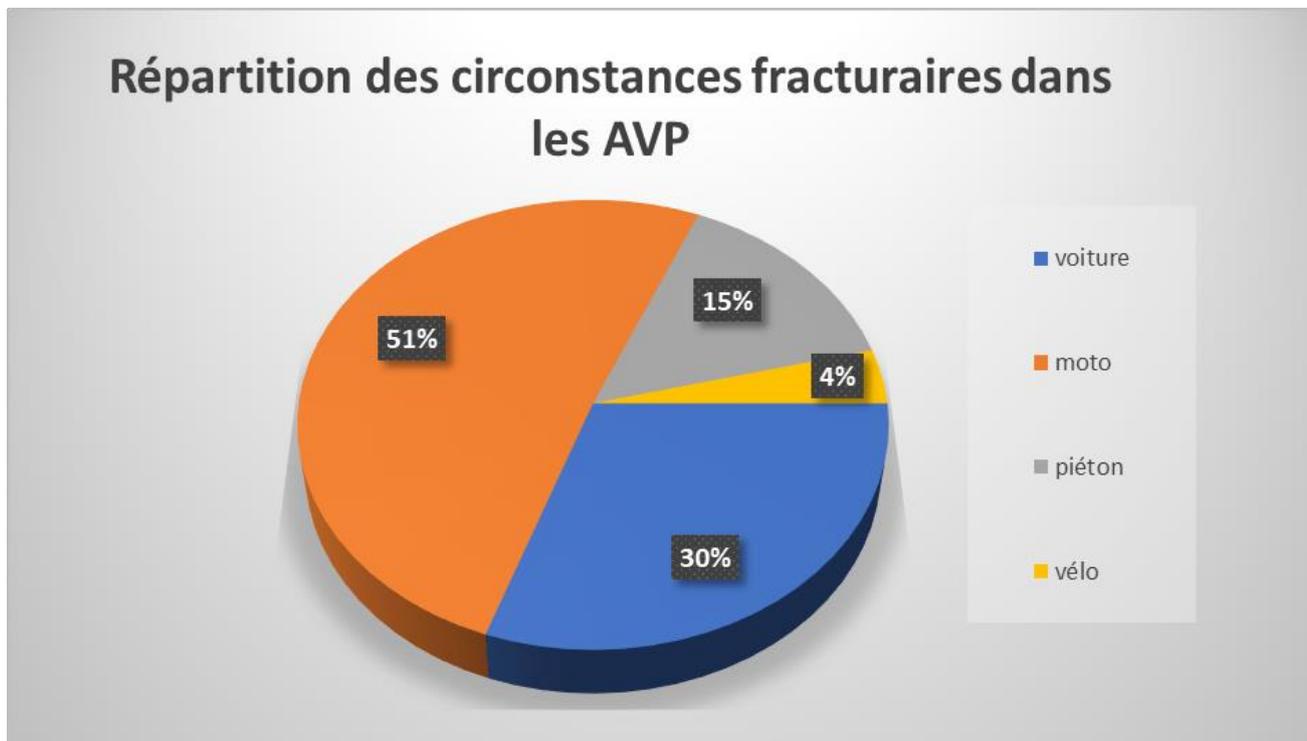
Concernant les circonstances de survenue, la majorité des traumatismes avaient lieu dans le cadre des accidents de la voie publique (AVP) avec 53 % des fractures ouvertes.

FIGURE 4. REPARTITION DES CIRCONSTANCES FRACTURAIRES



Les autres circonstances retrouvées étaient les chutes mécaniques de sa hauteur (25%), les défenestrations/chutes de grande hauteur (7,2%) et les accidents domestiques (7,9%).

FIGURE 5. REPARTITION DES CIRCONSTANCES FRACTURAIRES DANS LES AVP



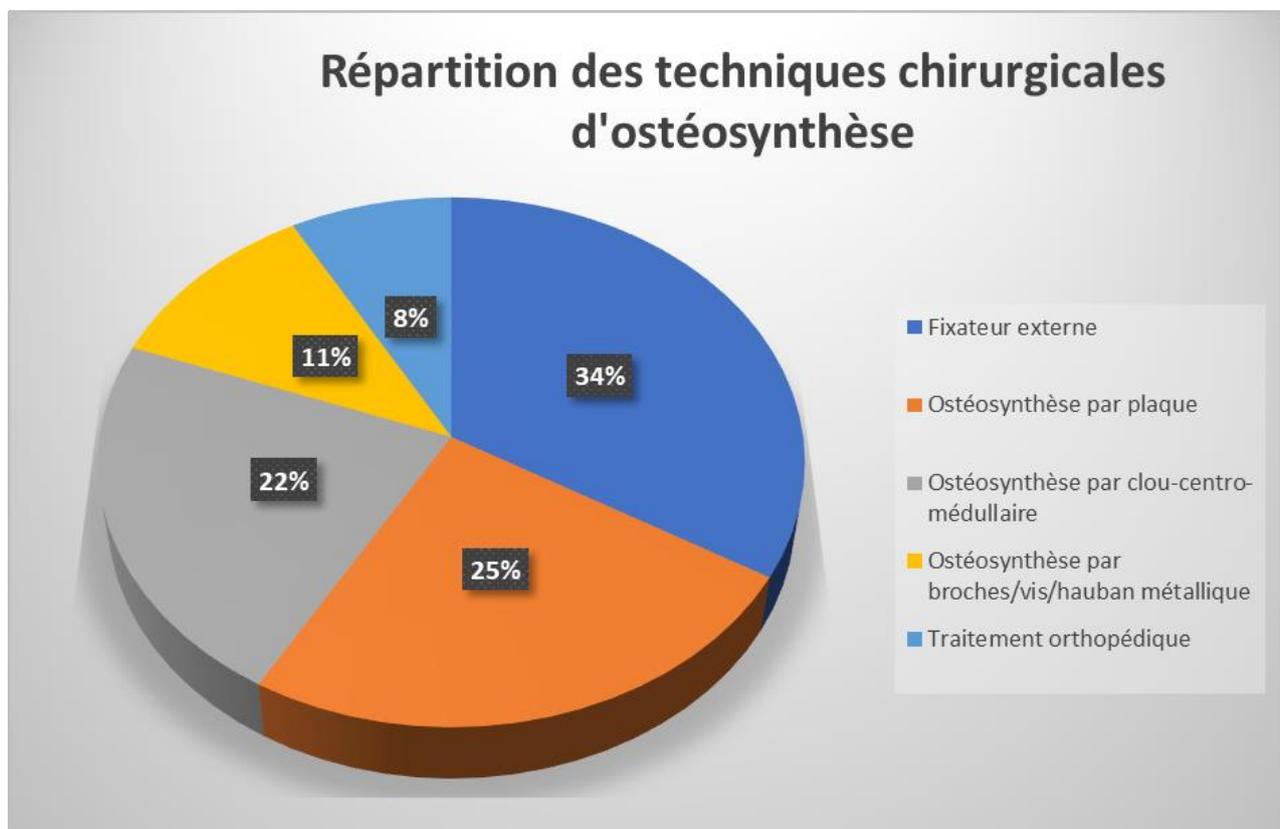
Sur les 102 patients victimes d'AVP, 51% étaient liés à la moto. Les patients motards représentent donc, sur l'ensemble des circonstances retrouvées, 25% de l'incidence.

La technique chirurgicale la plus utilisée était l'ostéosynthèse par fixateur externe avec 34 % des fractures. 25% des patients ont bénéficié d'une ostéosynthèse par plaque, 22 % d'un enclouage centro-médullaire et 11 % d'une ostéosynthèse par broches/vis/hauban.

Enfin, une ostéosynthèse mixte, combinant au moins deux des techniques de fixation précédemment citées, a été réalisée dans 19 % des cas.

A noter que 8 % des fractures ouvertes ont été traitées orthopédiquement après parage et lavage au bloc opératoire.

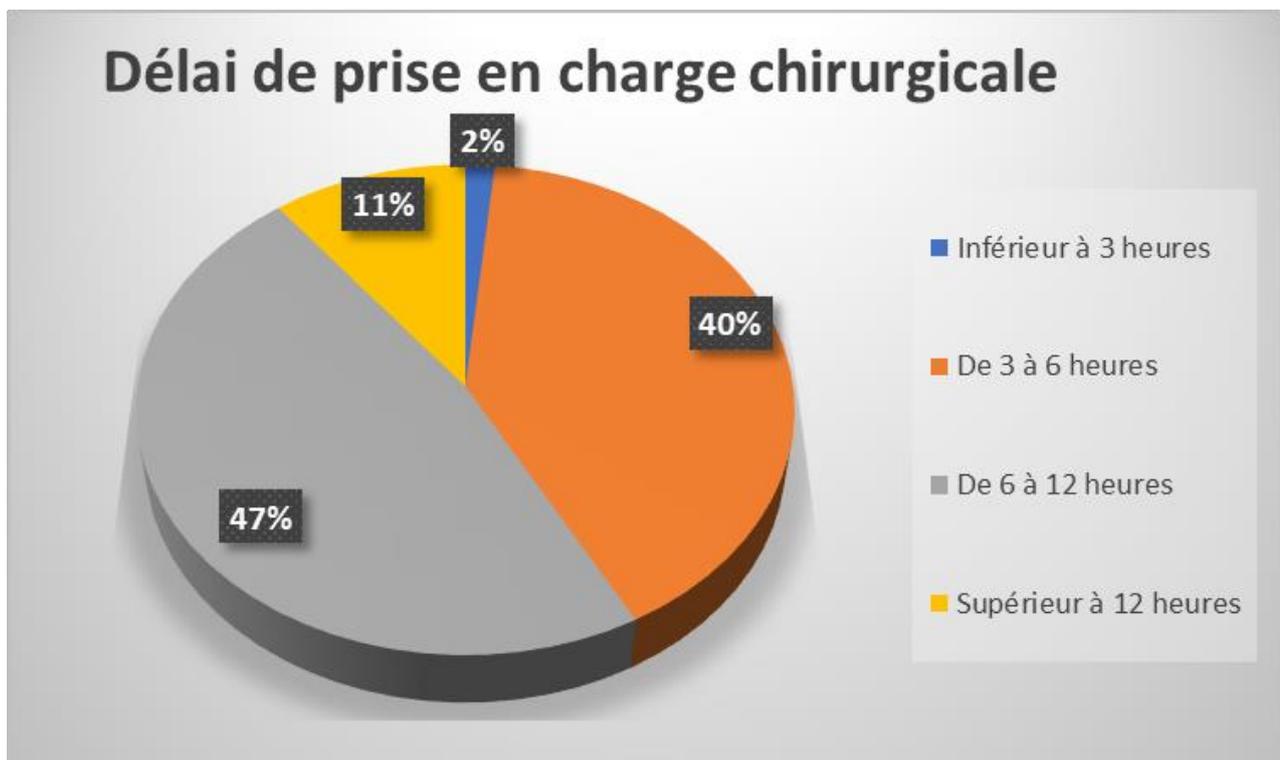
FIGURE 6. REPARTITION DES TECHNIQUES CHIRURGICALES D'OSTEOSYNTHESE



Concernant le délai chirurgical, 42 % des fractures ouvertes bénéficiaient d'une prise en charge au bloc opératoire dans les 6 heures, et 58 % au-delà de 6 heures.

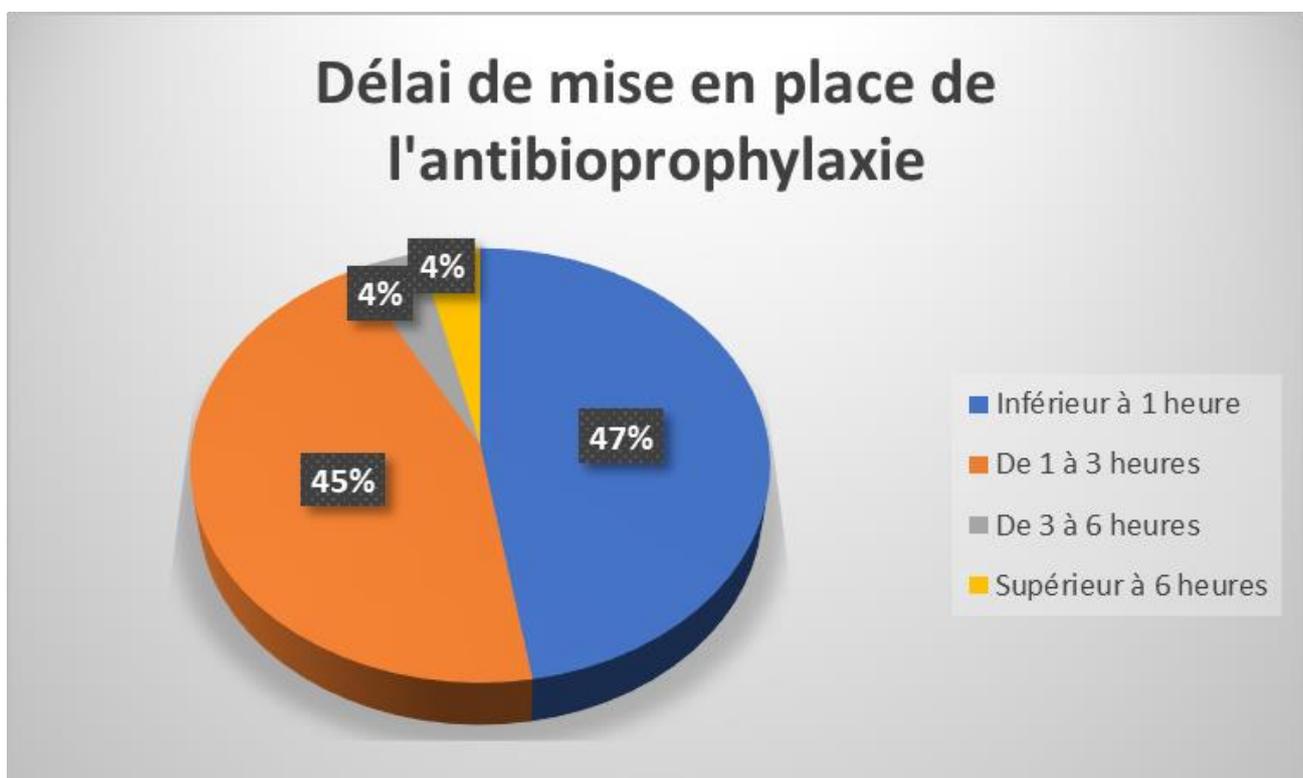
89 % des patients étaient opérés dans les 12 heures.

FIGURE 7. REPARTITION DES DELAIS DE PRISE EN CHARGE CHIRURGICALE



Pour la prise en charge par antibiotique, le taux de mise en place d'une antibioprophylaxie est de 47,3 % dans la première heure et de 92,6 % dans les 3 premières heures.

FIGURE 8. REPARTITION DES DELAIS DE MISE EN PLACE DE L'ANTIBIOPROPHYLAXIE



L'antibiothérapie post-opératoire a pu être recueillie pour 178 fractures ouvertes soit 93,7 % de l'effectif de l'étude.

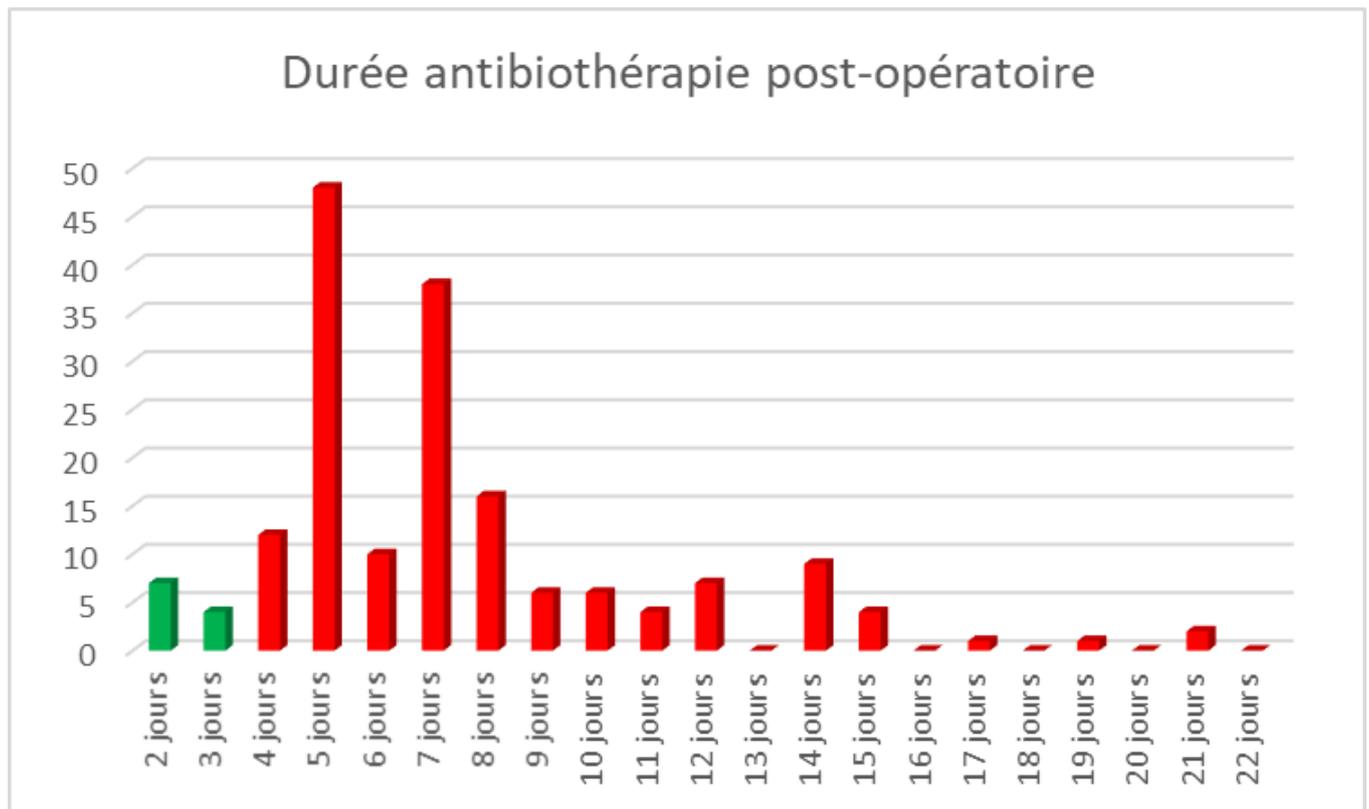
La grande majorité des patients a été placée sous Amoxicilline et A.clavulanique (91%).

Parmi ceux-ci, 44,4 % ont bénéficié d'un traitement per os, 23,5 % d'un traitement intraveineux exclusif et 35,8 % d'un traitement d'abord intra-veineux puis per os.

Les autres antibiothérapies utilisées étaient en monothérapie : Clindamycine, Tazocilline, Dalacine et Cefazoline, et en bi-thérapie : Amoxicilline et A.clavulanique et Clindamycine, Amoxicilline+ A.clavulanique et Gentamycine, Cefazoline et Metronidazole.

La durée de cette antibiothérapie s'étalait de 1 à 45 jours, avec un délai moyen de 7,5 jours \pm 4.4 jours et un délai médian de 7 jours. Les 2 durées de prescription les plus fréquentes étaient 5 et 7 jours

FIGURE 9. DUREE DE L'ANTIBIOTHERAPIE POST-OPERATOIRE



3 Résultats

3.1 Taux d'infection des fractures ouvertes

Sur les 176 patients qui ont été pris en charge pour une fracture ouverte dans ce recueil (190 fractures ouvertes), 42 patients présentaient une infection pour 43 fractures ouvertes infectées, soit un taux de 22,6 % d'infection sur fractures ouvertes.

Le recul moyen de suivi était de 20 mois \pm 7 mois (12 à 59 mois).

La répartition était la suivante : 1 fracture infectée sur les 45 patients Gustilo I, 7 pour les 80 patients Gustilo II et 35 pour les 65 patients Gustilo 3.

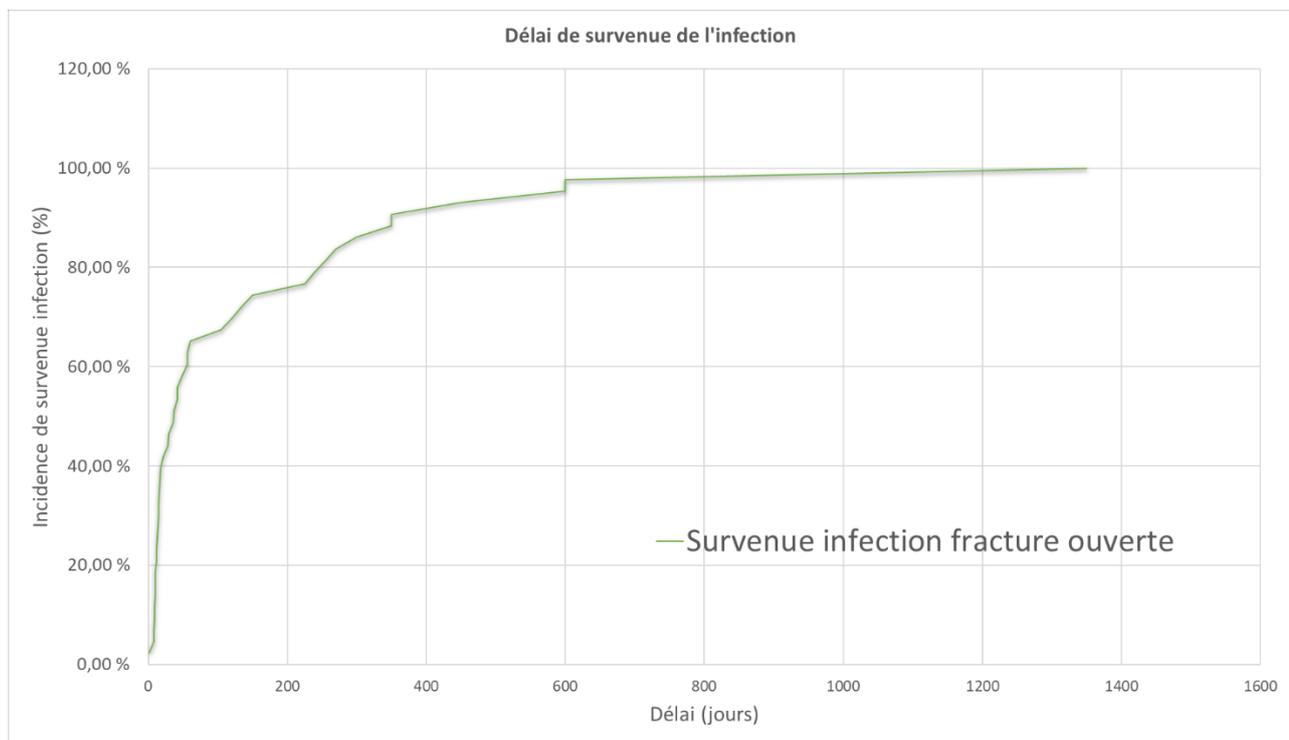
Dans les sous-catégories des fractures Gustilo 3, la répartition était la suivante : 19 fractures infectées pour les 45 fractures IIIA, 6 pour les 7 fractures IIIB et enfin 10 sur les 13 IIIC.

TABLEAU 2. REPARTITION DES TAUX D'INFECTION SELON LA CLASSIFICATION DE GUSTILO

Classification fracture	N population totale	N fractures infectées	% infection
Gustilo I	45	1	<u>2,20 %</u>
Gustilo II	80	7	<u>8,75 %</u>
Gustilo III	65	35	<u>53,80 %</u>
Gustilo III A	45	19	<u>42,20 %</u>
Gustilo III B	7	6	<u>85,70 %</u>
Gustilo III C	13	10	<u>77,00 %</u>
Total	190	43	<u>22.6 %</u>

Le délai médian d'apparition de l'infection était de 37 jours \pm 38 jours (de 1 jour à 3,8 ans).

FIGURE 10. DELAI DE SURVENUE DE L'INFECTION DES FRACTURES OUVERTES

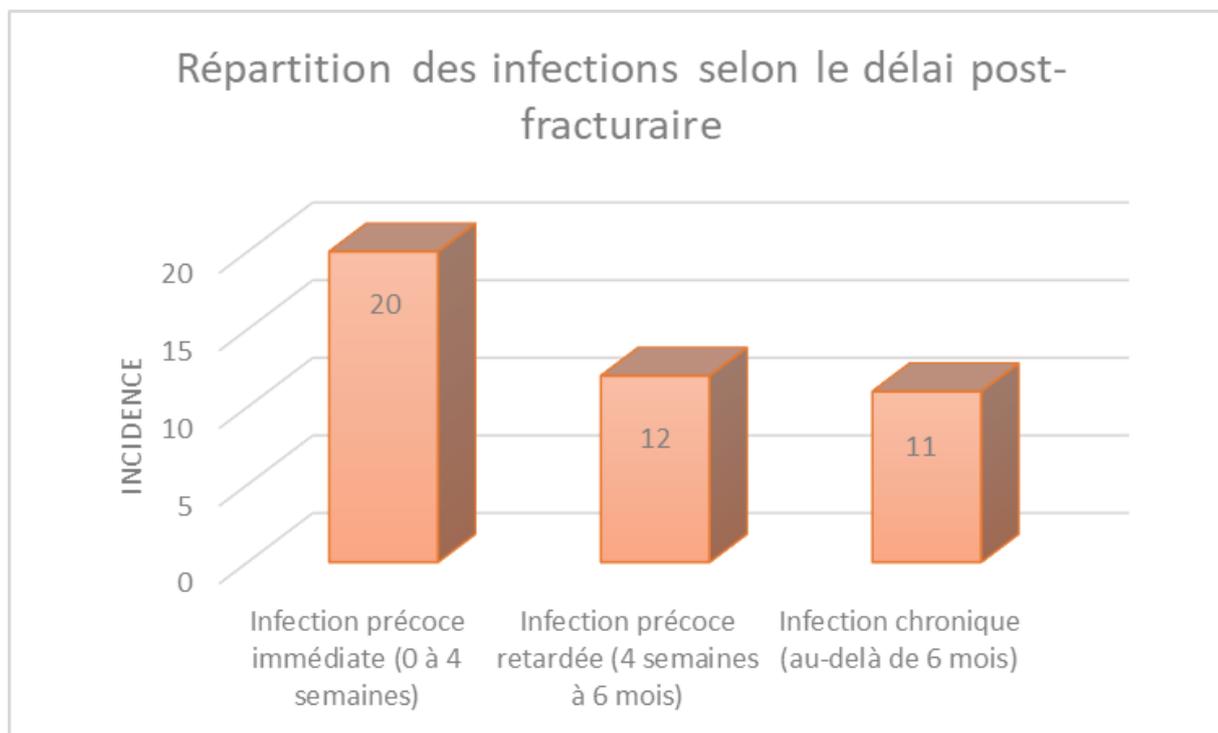


Selon la classification de P.Bonnevial (55), le recueil présentait 32 infections précoces dont 20 immédiates et 12 retardées. Les 11 derniers patients infectés étaient considérés comme relevant d'une infection chronique.

Au total sur ces 42 patients pour 43 fractures infectées, 6 présentaient une consolidation de leur fracture malgré l'infection (4 patients infectés chroniques et 2 avec infections précoces retardées). Les 36 autres patients présentaient une fracture non solide au moment du diagnostic d'infection, soit du fait caractère aigu de l'infection, soit du fait d'une pseudarthrose pour les infections chroniques.

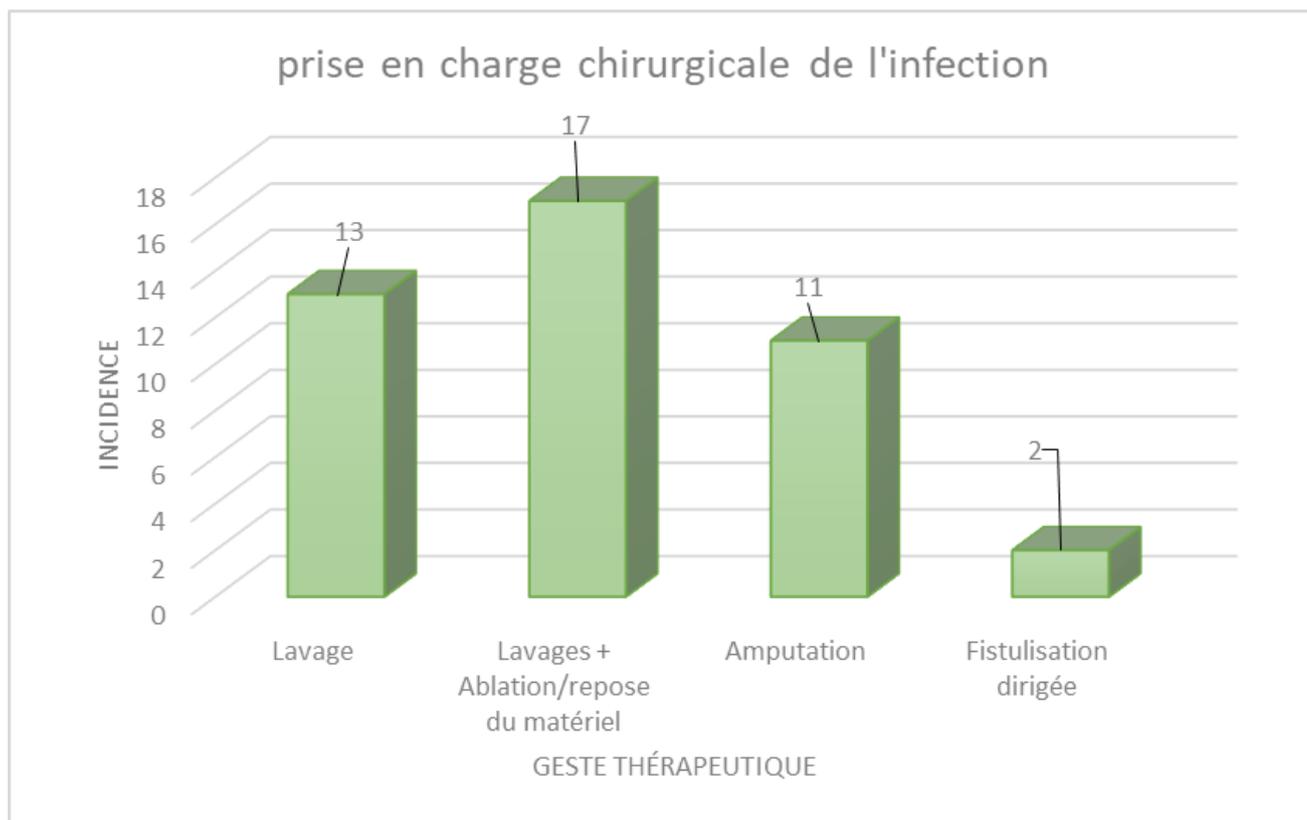
Les 11 patients amputés avaient une fracture non consolidée au moment du geste chirurgical.

FIGURE 11. REPARTITION DES INFECTIONS SELON LA CLASSIFICATION DE P.BONNEVIAL



Sur les 43 fractures infectées, une reprise chirurgicale a été effectuée pour 41 d'entre elles. 30 patients ont bénéficié d'un geste conservateur par lavage simple (13 patients) ou lavage associé à un geste sur le matériel orthopédique (17 patients). 11 patients ont été amputés devant la gravité du tableau clinique et l'absence de perspective d'une récupération fonctionnelle au niveau du membre atteint. 2 patients en infection chronique présentaient une bonne tolérance clinique. Après discussion avec leur chirurgien, le projet thérapeutique a retenu l'abstention chirurgicale qui consistait en une fistulisation dirigée.

FIGURE 12. REPARTITION DES PRISES EN CHARGE CHIRURGICALES DE L'INFECTION



3.2 Analyse des facteurs de risque

Concernant l'étude des facteurs de risque, 15 critères ont été retenus après analyse de la littérature. **Annexe 5**

Sur ces 15 critères après analyse uni variée, il apparaît des différences significatives pour 3 d'entre eux : **Tableau 3**

- la classification de Gustilo des fractures
 - Les fractures Gustilo I et II apparaissent comme des facteurs protecteurs. Gustilo I (OR=0.05 [0.00 ; 0.34], $p < 0.001$), Gustilo II (OR=0.23[0.09 ; 0.56], $p < 0.001$)
 - Les fractures Gustilo III apparaissent comme des facteurs de risque. Gustillo IIIA (OR=3,5 [1,6 ; 7,7], $p = 0,001$), IIIB (OR=22 [2,6 ; 1 047], $p < 0,001$) ou IIIC (OR=14 [3,3 ; 81], $p < 0,001$),
- la durée opératoire ($\mu = 1.1$ [0.53 ; 1.7] $p = 0.011$)
- les fractures par traumatisme balistique (OR=10 [0.81 ; 555], $p < 0.040$)

Les autres facteurs étudiés ne retrouvaient pas de différence significative.

Il n'était notamment pas de retrouvé de différence pour les fractures prises en charge avant et après un délai de 6 heures post-traumatisme.

Les variables significatives en analyse uni variée (**Tableau 3**) ont été reprises ici pour une analyse multivariée afin de neutraliser de possibles biais (**Tableau 4**). Ainsi, les résultats formulés le sont indépendamment les uns des autres.

En analyse multivariée, seule la classification Gustilo demeure significative, avec un risque plus élevé pour les stades IIIA (OR=29,8 [4,76 ; 593], p=0,003), IIIB (OR=264 [18,1 ; 11 728], p<0,001) et IIIC (OR=209 [18,2 ; 5 868], p<0,001).

TABLEAU 3. FACTEURS DE RISQUE D'INFECTION EN ANALYSE UNIVARIEE

Caractéristique	Total, N = 190	Non infecté, N = 146 ¹	Infecté, N = 44 ¹	Taille d'effet ²	P value
Sexe					
Homme	128	94 (64%)	34 (77%)	Référence	
Femme	62	52 (36%)	10 (23%)	OR=0,53 [0,22 ; 1,2]	p=0,14
Age	49 (23)	49 (22)	49 (24)	$\mu=0,05$ [-8,0 ; 8,1]	p>0,99
Diabète	12	9 (6,2%)	3 (6,8%)	OR=1,1 [0,19 ; 4,7]	p>0,99
Tabac	70	51 (35%)	19 (43%)	OR=1,4 [0,67 ; 3,0]	p=0,37
Intoxication	37	26 (18%)	11 (25%)	OR=1,5 [0,62 ; 3,6]	p=0,29
Antécédent psychiatrique	33	24 (16%)	9 (20%)	OR=1,3 [0,49 ; 3,2]	p=0,51
Gustilo					
I	45	44 (30%)	1 (2,3%)	OR=0,05 [0,00 ; 0,34]	p<0,001
II	79	71 (49%)	8 (18%)	OR=0,23 [0,09 ; 0,56]	p<0,001
IIIA	45	26 (18%)	19 (43%)	OR=3,5 [1,6 ; 7,7]	p=0,001
IIIB	7	1 (0,7%)	6 (14%)	OR=22 [2,6 ; 1 047]	p<0,001
IIIC	12	3 (2,1%)	10 (23%)	OR=14 [3,3 ; 81]	p<0,001
Polytraumatisme /					
Fracture isolée					
Polytraumatisme	97	73 (50%)	24 (55%)	Référence	
Fracture isolée	93	73 (50%)	20 (45%)	OR=0,83 [0,40 ; 1,7]	p=0,61
Membre					
Inférieur	110	80 (55%)	30 (68%)	Référence	
Supérieur	80	66 (45%)	14 (32%)	OR=0,57 [0,26 ; 1,2]	p=0,12
Fracture diaphysaire ou articulaire					
Articulaire	100	80 (55%)	20 (45%)	OR=0,68 [0,32 ; 1,4]	p=0,30
Diaphysaire	90	66 (45%)	24 (52%)	OR=1,3 [0,65 ; 2,8]	p=0,39
Localisation de la fracture					
Avant-bras	57	49 (34%)	8 (18%)	OR=0,44 [0,16 ; 1,1]	p=0,061

Clavicule	3	2 (1,4%)	1 (2,3%)	OR=1,7 [0,03 ; 33]	p=0,55
Fémur	23	15 (10%)	8 (18%)	OR=1,9 [0,66 ; 5,3]	p=0,19
Humérus	20	15 (10%)	5 (11%)	OR=1,1 [0,30 ; 3,5]	p=0,78
Tibia	87	65 (45%)	22 (50%)	OR=1,2 [0,60 ; 2,6]	p=0,61
Circonstance					
Accident domestique	14	9 (6,2%)	5 (11%)	OR=1,9 [0,48 ; 6,9]	p=0,32
Accident du travail	8	4 (2,8%)	4 (9,1%)	OR=3,5 [0,62 ; 20]	p=0,087
AVP	102	81 (56%)	21 (48%)	OR=0,72 [0,35 ; 1,5]	p=0,39
Chute mécanique de sa hauteur	47	41 (28%)	6 (14%)	OR=0,40 [0,13 ; 1,1]	p=0,072
Défenestration	14	9 (6,2%)	5 (11%)	OR=1,9 [0,48 ; 6,9]	p=0,32
Traumatisme balistique	4	1 (0,7%)	3 (6,8%)	OR=10 [0,81 ; 555]	p=0,040
Temps opératoire (heures)	2,34 (1,78)	2,07 (1,78)	3,21 (1,78)	$\mu=1,1$ [0,53 ; 1,7]	p<0,001
Délai de chirurgie supérieur à 6h	110	90 (62%)	20 (45%)	OR=0,52 [0,25 ; 1,1]	p=0,081
Délai de l'antibiothérapie supérieur à 3h	12	10 (7,0%)	2 (4,5%)	OR=0,63 [0,06 ; 3,1]	p=0,73
Durée de l'antibiothérapie (jours)	7,5 (4,2)	6,9 (3,3)	8,9 (6,9)	$\mu=2,0$ [-0,22 ; 4,2]	p=0,077
¹ n (%); Moyenne (ET)					
² OR : Odd Ratio ; μ : différence moyenne					

TABLEAU 4. FACTEURS DE RISQUE D'INFECTION EN ANALYSE MULTIVARIEE

Caractéristique	OR ¹	95% CI ¹	p-value
Gustilo			
I	—	—	
II	5,13	0,86 – 98,5	0,14
IIIA	29,8	4,76 – 593	0,003
IIIB	264	18,1 – 11 728	<0,001
IIIC	209	18,2 – 5 868	<0,001
Temps opératoire (heures)	0,89	0,66 – 1,16	0,4
¹ OR = rapport de cotes, CI = intervalle de confiance			

3.3 Epidémiologie bactérienne

43 fractures ouvertes pour 42 patients ont été retenues comme infectées.

Sur ces 43 fractures infectées, des prélèvements bactériologiques, au moment de la reprise chirurgicale, ont été réalisés à 40 reprises.

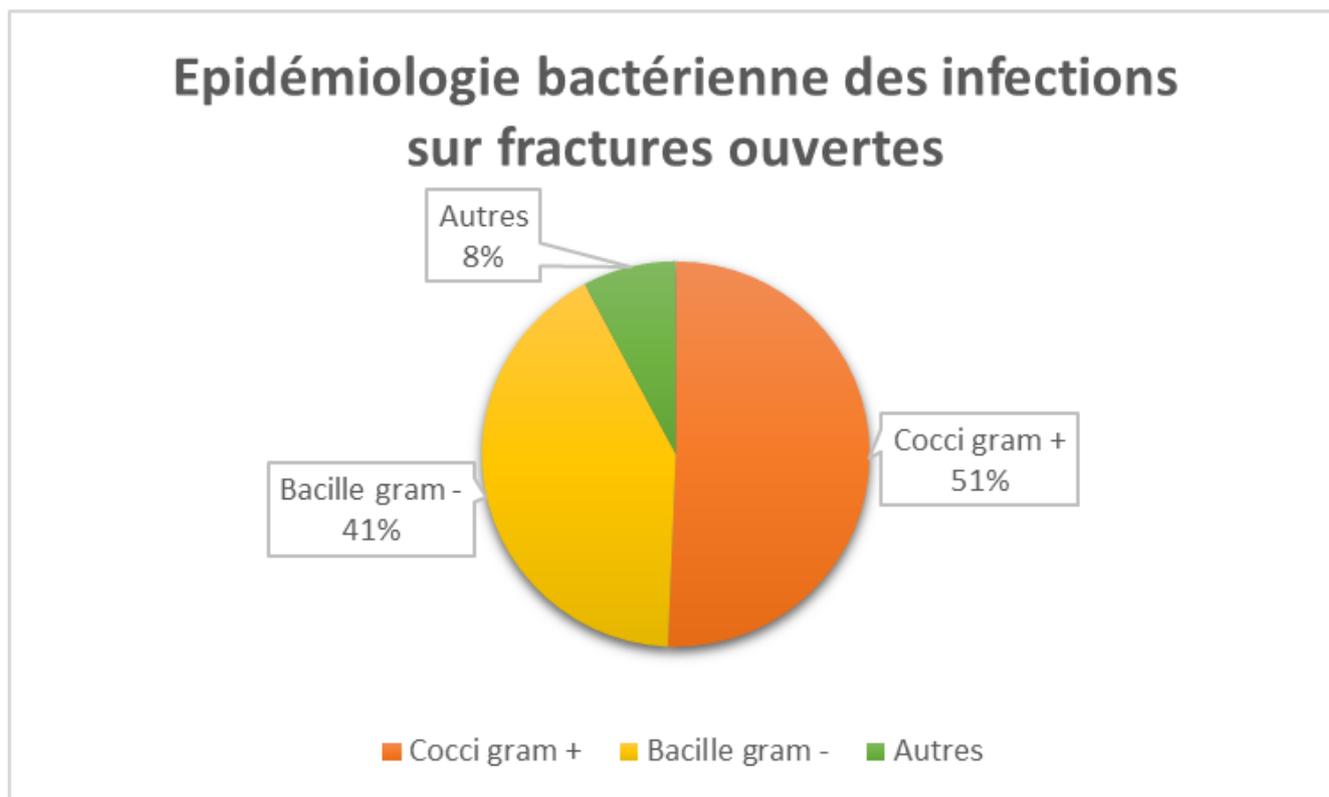
Sur ces 40 prélèvements per opératoires, 38 étaient positifs à des agents contaminants et 2 sont revenus stériles. 17 prélèvements (40%) étaient uni microbiens et 21 (49%) étaient pluri

microbiens (de 2 à 5 germes pour une même fracture).

Dans cette étude, 79 germes au total, dont 28 différents ont été retrouvés comme cause d'infection de fractures ouvertes. **Tableau 5**

Les bactéries cocci gram positif représentaient la majorité des germes (51%), les bacilles gram négatif représentaient eux 41% des germes retrouvés. Les 8% restant représentaient essentiellement des germes anaérobies.

FIGURE 13. EPIDEMIOLOGIE BACTERIENNE DES INFECTIONS SUR FRACTURES OUVERTES



Les germes les plus fréquemment retrouvés étaient : le SASM (Staphylocoque Aureus Sensible à la Méthicilline) (42%), Enterobacter cloacae complex (40%), Staphylocoque epidermidis (15%), Pseudomonas aeruginosa (12%).

TABLEAU 5. EPIDEMIOLOGIE MICROBIENNE DES INFECTIONS SUR FRACTURE OUVERTE

Caractéristique	N	N (%)
Uni/polymicrobien		
Unimicrobien	40	17 (42,5%)
Polymicrobien	40	21 (52,5%)
Stérile	40	2 (5%)
Germes		
SASM	40	17 (42%)
E.Cloacae complex	40	16 (40%)
S.epidermidis	40	6 (15%)

P. Aeuruginosa	40	5 (12%)
E.faecalis	40	3 (7,5%)
Klebsiella pneumoniae	40	3 (7,5%)
Enterococcus casseliflavus	40	3 (7,5%)
Stenotrophomonas maltophilia	40	2 (5,0%)
E.Coli	40	2 (5,0%)
Morganella moganii	40	2 (5,0%)
SARM	40	1 (2,5%)
corynebacterium accolens	40	1 (2,5%)
S. lugdunensis	40	1 (2,5%)
S.hominis	40	1 (2,5%)
S.capitis	40	1 (2,5%)
S.agalactiae	40	1 (2,5%)
B.cereus	40	1 (2,5%)
Pseudomonas mandocina	40	1 (2,5%)
Aeromonas caviae	40	1 (2,5%)
Citrobacter koseri	40	1 (2,5%)
Clostridium difficile	40	1 (2,5%)
Clostridium indolis	40	1 (2,5%)
Serratia marcescens	40	1 (2,5%)
Clostridium bifermentans	40	1 (2,5%)
Enterococcus faecium	40	1 (2,5%)
Enterococcus mundtii	40	1 (2,5%)
Enterococcus gallinarum	40	1 (2,5%)
Acinetobacter baumannii	40	1 (2,5%)
¹ n (%)		

4 Discussion

4.1 Taux d'infection des fractures ouvertes

Le principal résultat de cette étude est une incidence de 22.6 % d'infections consécutives à une fracture ouverte.

Au CHU de Caen, le taux d'infection des fractures ouvertes Gustilo I est comparable aux données de la littérature, avec un taux d'infection de 2,2%.

Par contre, les taux d'infection des fractures Gustilo II et III sont globalement supérieurs aux pourcentages retrouvés dans la littérature, avec un taux de 8,8 % pour les Gustilo II et 53,8 % pour les Gustilo III, dont 40 % pour les III A, IIIB 85 % et IIIC 77 %.

Ces taux élevés d'infection pour les fractures ouvertes les plus graves posent la question d'une amélioration des pratiques au CHU de Caen pour les fractures Gustilo II et III. Il n'est pas retrouvé de défaut de prise en charge majeur dans la chaîne de soin en préhospitalier. 89 % des patients sont opérés dans les 12 heures et 92 % des patients bénéficient d'une antibioprophylaxie dans les 3 heures. Ces chiffres sont comparables à la littérature (57–59).

Se discute alors la question du geste chirurgical en lui-même, en proposant des gestes de parage plus agressifs lors de la prise en charge initiale, et d'un lavage plus abondant.

Rapportée aux résultats de cette étude en analyse univariée, la question de la diminution de la durée du geste opératoire initial se pose également. Il peut être discuté un recours plus fréquent à une stratégie chirurgicale en 2 temps, avec un premier temps de damage control et une stabilisation rapide de la fracture et une reprise chirurgicale à distance de l'épisode aigu pour l'ostéosynthèse définitive.

Le suivi des patients de ce recueil était en moyenne plus long que dans la plupart des études, faisant apparaître les sepsis chroniques à bas bruits qui se déclarent parfois de longs mois voire des années après le traumatisme initial. Ces patients n'apparaissent donc pas dans les études avec un recul de seulement quelques mois.

Par exemple Dellinger en 1988 avait un délai moyen de 6 mois (54), Carsenti-Etesse en 1999 présente un suivi de 3 mois (60), ou Fernandes en 2015 étudie les infections sur fractures ouvertes jusqu'à 6 semaines post-opératoires (61).

La définition d'infection liée à une fracture est récente. Un consensus autour de sa définition a été établi seulement en 2018 (51). Ce recueil reprenait cette définition pour établir le critère principal.

Les critères établis pour le diagnostic d'infection dans les études antérieures étaient donc variables. Metsemakers en 2018 après avoir étudié les essais randomisés sur les ostéosynthèses de fracture ne retrouve que 2 % d'articles avec une définition claire du terme « infection » (62). Cela diminue donc la reproductibilité inter-étude et les possibilités de comparaison.

Enfin, plusieurs études montrent que l'administration locale d'antibiotiques pourrait avoir une influence positive sur la prévention des infections (55,63,64). En cas de fractures ouvertes complexes, les tissus et vaisseaux sanguins environnants, par lesquels les antibiotiques systémiques atteignent le site fracturaire, peuvent être endommagés. Cela diminuerait la biodisponibilité des antibiotiques sur le site contaminé.

Cette administration locale d'antibiotique n'est pas réalisée au CHU de Caen.

TABEAU 6. INCIDENCE DE L'INFECTION DES FRACTURES OUVERTES DANS LA LITTÉRATURE

Étude	Population totale	Infection sur fracture	Pourcentage infection total	Pourcentage infection Gustilo I	Pourcentage infection Gustilo II	Pourcentage infection Gustilo III
1961 – 1968 <i>Gustilo 1969(12)</i>	458	25	5,4	2,1	2,1	44
1969 – 1975 <i>Gustilo 1976(15)</i>	520	12	2,3	0	1,2	10,2
1976 – 1979 <i>Gustilo 1984(24)</i>	207	22	10,6	0	3,6	24,4
1980 – 1984 <i>Gustilo 1987(53)</i>	303	14	4,6	0	2,5	13,7
1979 – 1981 <i>Patzakis 1989(16)</i>	1104	77	6,97	1,4	3,6	22,7
1983 – 1986 <i>Dellinger 1988(54)</i>	263	42	16,0	7	11	18-58
1983 – 1992 <i>Ostermann 1994(55)</i>	381	23	16,6	0	2,6	8,4
1991 – 2002 <i>Yokoyama 2009(56)</i>	394	32	8,12	0	2,2	20,1
2016-2018 CHU Caen	190	43	22,6	2,2	8,75	53,8

4.2 Analyse des facteurs de risque

En accord avec la littérature, la classification de Gustilo reste le facteur pronostic majeur d'infection des fractures ouvertes.

Dans la littérature sont également retrouvés : le sexe masculin, le tabac, le diabète, les patients polytraumatisés et les fractures du membre inférieur (54,65,66).

Il n'était pas retrouvé de différence significative pour ces facteurs dans cette étude, possiblement du fait d'un manque de puissance.

Concernant la durée de prise en charge d'une fracture ouverte, une notion très répandue est que cette dernière doit avoir lieu dans les 6 heures pour diminuer le risque infectieux.

Ce dogme date des années 1898 avec les travaux de Friedrich (67). L'étude était menée sur des cochons d'Inde sur lesquels étaient pratiquées des fractures ouvertes volontairement contaminées. Cette notion a depuis perduré jusque récemment sans être véritablement remise en cause ou réévaluée scientifiquement.

Or, la littérature récente remet ce dogme en cause en ne retrouvant pas de sur risque infectieux pour les patients opérés à plus de 6 heures du traumatisme, et ce quel que soit le stade de Gustilo de la fracture. Crowley dans sa revue systématique de 2007 retrouve sur les 30 dernières années 1 étude avec une différence significative pour les patients opérés à plus de 5 heures du traumatisme (18) pour 10 études ne retrouvant pas de différence significative à plus de 6 heures (16,59,61,68–70).

Cette étude est en accord avec les derniers articles de littérature qui ne retrouvent pas de différence significative entre les patients opérés avant et après 6h de la survenue du traumatisme.

L'attitude majoritaire aujourd'hui dans le service est d'opérer les fractures ouvertes quelle que soit l'heure d'arrivée du patient à l'hôpital.

Si les résultats de ces dernières études se confirment, se posera alors la question de reporter de quelques heures la prise en charge des fractures ouvertes arrivant au milieu de la nuit. Elles seraient alors prises en charge par l'équipe de garde du jour le matin même.

Il est prouvé que la fatigue et le manque de sommeil diminuent les capacités du chirurgien au bloc opératoire (75). Cela améliorerait ainsi la prise en charge chirurgicale sans majorer le risque infectieux.

La mise en place d'une antibioprofylaxie est bien établie et efficace au CHU de Caen avec 100 % de patients qui ont bénéficié d'une antibiothérapie préopératoire et 92,6 % des patients sous antibiotiques dans les 3 heures.

Les chiffres concernant la mise en place d'une antibiothérapie en post-opératoire sont également satisfaisants avec un taux de 98 % en post-opératoire.

L'une des questions encore débattue est le délai imparti dans lequel doit être mise en place cette prise en charge médicamenteuse. Certaines études retrouvent une différence significative du taux d'infections entre une mise en place de l'antibioprofylaxie soit la plus

précoce possible (72), soit dans les 3 premières heures (16). Au contraire d'autres études ne retrouvent pas de différence, c'est notamment la conclusion d'une revue systématique de la littérature en 2017 (73). Ce recueil s'inscrit dans cette lignée et ne retrouve pas de différence significative entre les patients bénéficiant d'une antibiothérapie précoce ou retardée.

En l'absence de preuve scientifique évidente, l'attitude du CHU de Caen semble être juste, avec une mise en place la plus précoce possible de l'antibioprophylaxie.

La durée de prise en charge antibiotique n'est par contre pas débattue. Il est bien démontré que quelle que soit la fracture et son taux de contamination, une prolongation de l'antibiothérapie au-delà de 72h n'apporte pas de diminution du taux d'infection (36,73–75).

Certaines études récentes n'ont d'ailleurs pas retrouvé de différence entre des antibiothérapies de 24 heures comparées à celle de 72 heures (76).

Dans ce travail une durée moyenne d'antibiothérapie de 7,5 jours était retrouvée, soit une durée bien plus longue que les recommandations actuelles.

Seulement 12 patients ont bénéficié d'une antibiothérapie inférieure ou égale à 3 jours, soit seulement 6,3 % de la population traitée. **Figure 9**

Il s'agit d'un point facile à améliorer dans les pratiques futures, cela limitera notamment le risque d'émergence de souches bactériennes résistantes.

4.3 Épidémiologie des fractures ouvertes

TABLEAU 7. TABLEAU COMPARATIF SUR LA REPARTITION DES SITES FRACTURAIRES

	Court-Brown	CHU Caen
Tibia	56 %	44,2 %
Avant-bras	23 %	29,5 %
Fémur	14 %	11,6 %
Humérus	7 %	10 %

Les données épidémiologiques transversales sont rares dans la littérature concernant les fractures ouvertes des os longs. Ces données reposent principalement sur les travaux de Court-Brown au CHU d'Édimbourg (29,33–35).

Les similitudes épidémiologiques sont nombreuses entre le CHU de Caen et le CHU écossais : l'âge moyen autour de 45 ans, la distribution des sites fracturaires avec le tibia puis l'avant-bras en termes de fréquence, les circonstances de survenue avec dans près de la moitié des cas un accident de la voie publique.

Les données collectées au CHU de Caen retrouvent, comme dans la littérature, une distribution bimodale dans la population de patients, soit 2 profils types bien distincts : l'homme de 20-30 ans dans un contexte d'AVP, et la patiente de 80-90 ans victime d'une chute de sa hauteur.

Cette distribution bimodale est importante pour optimiser la prise en charge et le suivi multidisciplinaire de ces patients car elle établit 2 profils de patients « types ».

Les patients jeunes, de sexe masculin, victimes de traumatismes à haute cinétique répondent à des objectifs de rééducation fonctionnelle, de reprofessionnalisation avec les équipes de médecine physique et de réadaptation. Les équipes de psychiatrie peuvent également intervenir en cas de conduites addictives ou de troubles psychotiques ou dépressifs.

Les patients plus âgés, en grande majorité des femmes, seront encadrés par l'équipe de gériatrie pour la gestion des comorbidités et leur ré-autonomisation la plus précoce possible.

La sur-représentation générale masculine est bien établie avec une incidence doublée chez l'homme par rapport à la femme.

Malgré la baisse importante des accidents de la voie publique (AVP) en France ces dernières années, notamment des accidents mortels (77), cela reste la première cause de fractures ouvertes avec près de la moitié des cas.

Les motards, bien que ne représentant que 2 % du trafic routier (78), sont victimes de 25 % de toutes les fractures ouvertes.

Le tibia est le premier site fracturaire (44,2%) en termes de fréquence, facilement expliqué par ses caractéristiques anatomiques présentant très peu de tissu mou à la face antérieure de l'os.

Une population importante de patients présentait un mésusage d'alcool ou de drogues (20%) conduisant à des conduites à risques ; ainsi que de nombreux patients présentant des antécédents psychiatriques (17%) conduisant également à des fractures ouvertes lors de tentatives de suicide par défenestration.

4.4 Épidémiologie bactérienne

Il n'existe pas de consensus sur les modalités de l'antibiothérapie à appliquer dans le cadre des fractures ouvertes mais de nombreuses recommandations, différentes en fonction des pays.

Les discussions actuelles concernent les indications de couverture exclusivement des cocci gram positif et celles, au contraire, requérant une couverture supplémentaire des bacilles gram moins.

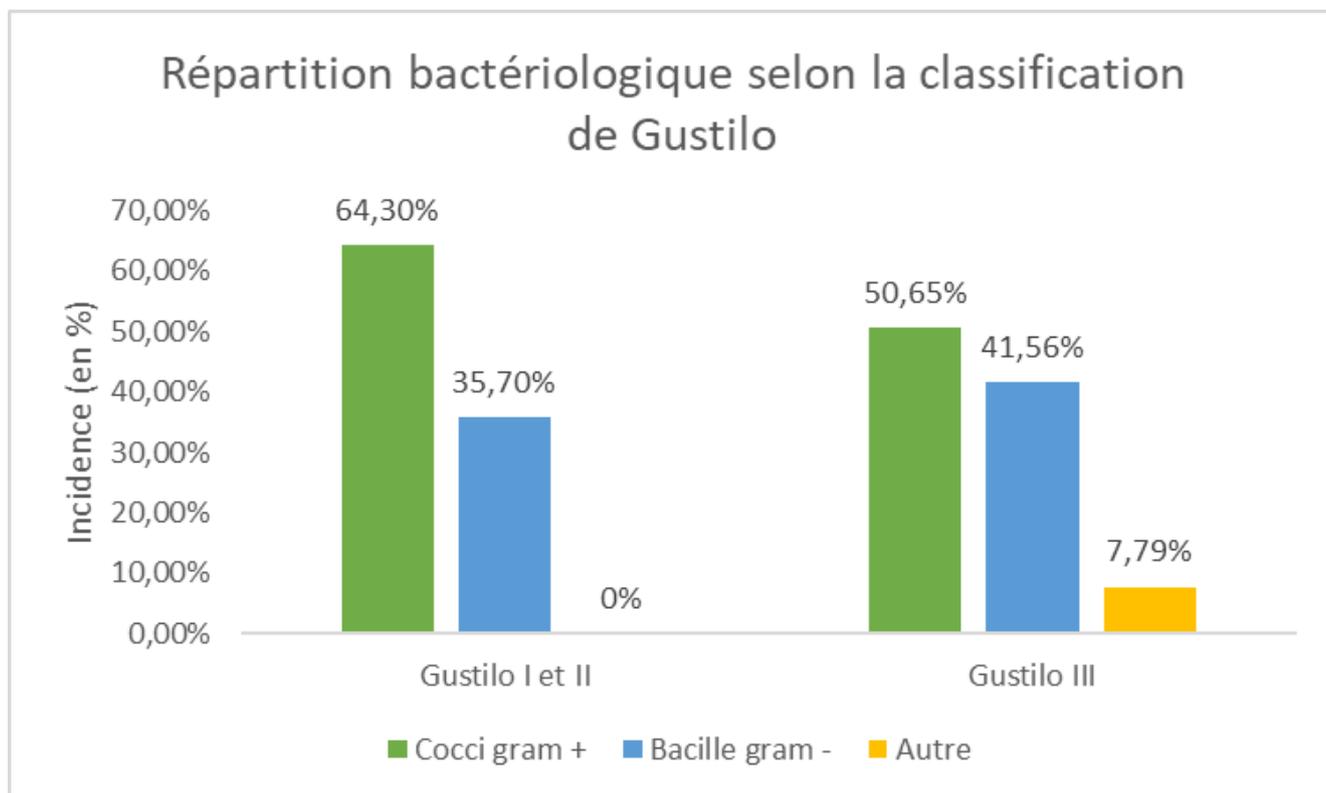
Pour citer le cas des Etats-Unis, la société savante EAST (Eastern Association for the Surgery of Trauma) recommande une couverture par une céphalosporine de 1ère génération (Cefazoline) pour les fractures Gustilo 1 et 2. Cette antibiothérapie assure la couverture du Staphylocoque aureus et quelques bacilles gramm moins. Pour les fractures Gustilo III, un traitement par bi-antibiothérapie (Cefazoline et Gentamycine) est conseillé, couvrant ainsi de façon plus large les germes gram négatif (74).

Cette proposition d'antibiothérapie a été reprise par l'AO (79).

Cette recommandation est basée sur les études retrouvant une majorité d'infections par cocci gram positif dans les fractures Gustilo I et II notamment S.aureus, et par bacilles gram négatif dans les fractures Gustilo III (15,54).

Dans ce recueil il était retrouvé une incidence plus élevée de bactéries bacille gram négatif dans les fractures Gustilo III par rapport aux fractures Gustilo I et II (respectivement 41.5% et 35.7%). Mais dans les 2 cas la majorité des infections étaient dues à des bactéries cocci gram positif.

FIGURE 14. EPIDEMIOLOGIE BACTERIENNE SELON LA CLASSIFICATION DE GUSTILO



En France, les seules recommandations officielles viennent de la SFAR en 2018 (23).

Annexe 8

Dans ce travail, les recommandations françaises concernant les fractures Cauchoix 1 ne sont pas suivies, avec l'usage quasi-systématique d'une antibiothérapie par Amoxicilline et A.clavulanique. Concernant les fractures Cauchoix 2 et 3, le choix de la molécule est en accord avec la SFAR.

Cette étude retrouvait une répartition approximativement égale entre les bactéries cocci gram positif et les bacilles gram négatif, avec 2 germes majoritairement représentés : le staphylocoque Aureus et l'Enterobacter cloacae complex.

L'Enterobacter cloacae complex appartient au groupe 3 des entérobactéries, il est résistant naturellement à l'association Amoxicilline et A.clavulanique. L'antibioprophylaxie initiale était donc mise en défaut pour 40 % des infections sur fractures ouvertes.

Au vu de cette épidémiologie bactérienne, il apparaît justifié de discuter d'un changement d'antibioprophylaxie initiale. C'est également la conclusion d'une étude française en 2017 sur 201 patients avec une majorité de fractures ouvertes infectées à Enterobacter cloacae après une antibioprophylaxie par Amoxicilline et A.clavulanique (80).

Il est à noter que l'antibioprophylaxie américaine par Cefazoline et Gentamicine pour les fractures Gustilo III offre une couverture bien plus efficace contre les infections par *Enterobacter cloacae*. La résistance naturelle de ce germe à la Gentamicine est de l'ordre de 10 à 20 %.

4.5 Avantages et limites de l'étude

Les avantages de cette étude étaient son caractère global de l'approche des infections sur fracture ouverte comprenant tous les os longs et tous les grades de Gustilo. Cela est rare dans les données actuelles de la littérature qui se concentrent soit sur un site fracturaire, principalement les fractures de tibia, soit sur un niveau de gravité avec, par exemple, uniquement les fractures Gustilo III.

Le suivi moyen des patients (24 mois) était supérieur aux durées moyennes de suivi retrouvées dans la littérature, ce qui permettait notamment d'inclure les cas de sepsis chroniques à bas bruits qui peuvent rester de longs mois asymptomatiques avant de se révéler.

Enfin, à notre connaissance, c'est la première étude avec une analyse de pratique sur ce domaine de prise en charge réalisée au CHU de Caen, pouvant ainsi réaliser un bilan objectif et chiffré de nos différentes prises en charge, et discuter d'une possible amélioration des pratiques.

Pour ce qui est des limites de cette étude, il s'agit de limites méthodologiques du fait des caractères rétrospectif et monocentrique.

D'autres part, ce travail présente un nombre moins important de sujets que la plupart des articles publiés dans ce domaine. Certains critères étudiés sont donc possiblement altérés par un manque de puissance de l'étude.

5 Conclusion

Le taux de complications infectieuses des fractures ouvertes reste majeur avec 22 % de patients infectés retrouvés dans cette étude. Le risque septique est important pour les fractures Gustilo II et III, avec respectivement 9 et 54% d'infections. Ces chiffres sont supérieurs aux données actuelles de la littérature.

Le facteur pronostic majeur pour les infections est la classification de Gustilo.

L'antibioprophylaxie par Amoxicilline et A.clavulanique ne couvrait pas 40% des fractures infectées, et la durée d'antibiothérapie dépassait les recommandations dans 94% des cas.

Des voies d'amélioration sont possibles pour la prise en charge de ces fractures en agissant sur le type et la durée du geste chirurgical, ainsi que sur les modalités et la durée de l'antibioprophylaxie.

6 Bibliographie

1. Skeletal Trauma: Basic Science, Management, and Reconstruction, 2-Volume Set, 5th Edition
2. Lister BJ. The classic: On the antiseptic principle in the practice of surgery. 1867. *Clin Orthop*. août 2010;468(8):2012-6.
3. Thakore RV, Greenberg SE, Shi H, Foxx AM, Francois EL, Prablek MA, et al. Surgical site infection in orthopedic trauma: A case-control study evaluating risk factors and cost. *J Clin Orthop Trauma*. déc 2015;6(4):220-6.
4. Zalavras CG, Patzakis MJ. Open fractures: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg*. juin 2003;11(3):212-9.
5. Buckwalter JA. Advancing the science and art of orthopaedics. Lessons from history. *J Bone Joint Surg Am*. déc 2000;82(12):1782-803.
6. Hak DJ, Fitzpatrick D, Bishop JA, Marsh JL, Tilp S, Schnettler R, et al. Delayed union and nonunions: epidemiology, clinical issues, and financial aspects. *Injury*. juin 2014;45 Suppl 2:S3-7.
7. Klevens RM, Edwards JR, Richards CL, Horan TC, Gaynes RP, Pollock DA, et al. Estimating health care-associated infections and deaths in U.S. hospitals, 2002. *Public Health Rep Wash DC* 1974. avr 2007;122(2):160-6.
8. Olesen UK, Pedersen NJ, Eckardt H, Lykke-Meyer L, Bonde CT, Singh UM, et al. The cost of infection in severe open tibial fractures treated with a free flap. *Int Orthop*. mai 2017;41(5):1049-55.
9. Chung KC, Saddawi-Konefka D, Haase SC, Kaul G. A cost-utility analysis of amputation versus salvage for Gustilo type IIIB and IIIC open tibial fractures. *Plast Reconstr Surg*. déc 2009;124(6):1965-73.
10. MacKenzie EJ, Jones AS, Bosse MJ, Castillo RC, Pollak AN, Webb LX, et al. Health-care costs associated with amputation or reconstruction of a limb-threatening injury. *J Bone Joint Surg Am*. août 2007;89(8):1685-92.
11. Olson SA, Schemitsch EH. Open fractures of the tibial shaft: an update. *Instr Course Lect*. 2003;52:623-31.
12. Gustilo RB, Simpson L, Nixon R, Ruiz A, Indeck W. Analysis of 511 open fractures. *Clin Orthop*. oct 1969;66:148-54.
13. Patzakis MJ. The use of antibiotics in open fractures. *Surg Clin North Am*. déc 1975;55(6):1439-44.
14. Trampuz A, Zimmerli W. Diagnosis and treatment of infections associated with fracture-fixation devices. *Injury*. mai 2006;37 Suppl 2:S59-66.
15. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am*. juin 1976;58(4):453-8.
16. Patzakis MJ, Wilkins J. Factors influencing infection rate in open fracture wounds. *Clin*

Orthop. juin 1989;(243):36-40.

17. A E, G M, C J. [Infected pseudarthrosis]. Unfallchirurg. 1 déc 1996;99(12):914-24.
18. Kindsfater K, Jonassen EA. Osteomyelitis in grade II and III open tibia fractures with late debridement. J Orthop Trauma. avr 1995;9(2):121-7.
19. Border JR. Death from Severe Trauma: Open Fractures to Multiple Organ Dysfunction Syndrome. J Trauma Acute Care Surg. juill 1995;39(1):12-22.
20. Oestern H-J, Tscherne H. Pathophysiology and Classification of Soft Tissue Injuries Associated with Fractures. In: Tscherne H, Gotzen L, éditeurs. Fractures with Soft Tissue Injuries
21. Orthopaedic Trauma Association: Open Fracture Study Group. A new classification scheme for open fractures. J Orthop Trauma. août 2010;24(8):457-64.
22. Cauchoix J, Duparc J, Boulez P. [Treatment of open fractures of the leg]. Memoires Acad Chir Fr. 6 nov 1957;83(25-26):811-22.
23. Antibioprophylaxie-version-2017-CRC_CA_MODIF.pdf [Internet]. [cité 11 mai 2021]. Disponible sur: https://sfar.org/wp-content/uploads/2018/08/Antibioprophylaxie-version-2017-CRC_CA_MODIF.pdf
24. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. J Trauma. août 1984;24(8):742-6.
25. Gustilo RB, Merkow RL, Templeman D. The management of open fractures. J Bone Joint Surg Am. févr 1990;72(2):299-304.
26. Kim PH, Leopold SS. Gustilo-Anderson Classification. Clin Orthop. nov 2012;470(11):3270-4.
27. Brumback RJ, Jones AL. Interobserver agreement in the classification of open fractures of the tibia. The results of a survey of two hundred and forty-five orthopaedic surgeons. JBJS. août 1994;76(8):1162-6.
28. Horn BD, Rettig ME. Interobserver reliability in the Gustilo and Anderson classification of open fractures. J Orthop Trauma. 1993;7(4):357-60.
29. court-Brown C, Bugler K, Clement N, Duckworth A, McQueen M. The epidemiology of open fractures in adults. A 15-year review. Injury. 26 déc 2011;43:891-7.
30. Tulipan JE, Ilyas AM. Open Fractures of the Hand: Review of Pathogenesis and Introduction of a New Classification System. Orthop Clin North Am. janv 2016;47(1):245-51.
31. Chow SP, Pun WK, So YC, Luk KD, Chiu KY, Ng KH, et al. A prospective study of 245 open digital fractures of the hand. J Hand Surg Edinb Scotl. mai 1991;16(2):137-40.
32. Reasoner K, Desai MJ, Lee DH. Factors Influencing Infection Rates after Open Hand Fractures. J Hand Microsurg. avr 2020;12(1):56-61.
33. Court-Brown CM, Rimmer S, Prakash U, McQueen MM. The epidemiology of open long bone fractures. Injury. sept 1998;29(7):529-34.

34. Howard M, Court-Brown CM. Epidemiology and management of open fractures of the lower limb. *Br J Hosp Med.* 4 juin 1997;57(11):582-7.
35. Court-Brown CM, Bugler KE, Clement ND, Duckworth AD, McQueen MM. The epidemiology of open fractures in adults. A 15-year review. *Injury.* juin 2012;43(6):891-7.
36. Chang Y, Bhandari M, Zhu KL, Mirza RD, Ren M, Kennedy SA, et al. Antibiotic Prophylaxis in the Management of Open Fractures: A Systematic Survey of Current Practice and Recommendations. *JBJ Rev.* févr 2019;7(2):e1.
37. Valenziano CP, Chattar-Cora D, O'Neill A, Hubli EH, Cudjoe EA. Efficacy of primary wound cultures in long bone open extremity fractures: are they of any value? *Arch Orthop Trauma Surg.* juin 2002;122(5):259-61.
38. Lee J. Efficacy of cultures in the management of open fractures. *Clin Orthop.* juin 1997;(339):71-5.
39. Tetsworth K, Cierny G. Osteomyelitis debridement techniques. *Clin Orthop.* mars 1999;(360):87-96.
40. Swiontkowski MF. Criteria for bone debridement in massive lower limb trauma. *Clin Orthop.* juin 1989;(243):41-7.
41. Zalavras CG. Prevention of Infection in Open Fractures. *Infect Dis Clin North Am.* juin 2017;31(2):339-52.
42. Worlock P, Slack R, Harvey L, Mawhinney R. The prevention of infection in open fractures: an experimental study of the effect of fracture stability. *Injury.* janv 1994;25(1):31-8.
43. Goris RJ, Gimbrère JS, van Niekerk JL, Schoots FJ, Booy LH. Early osteosynthesis and prophylactic mechanical ventilation in the multitrauma patient. *J Trauma.* nov 1982;22(11):895-903.
44. Vallier HA, Super DM, Moore TA, Wilber JH. Do patients with multiple system injury benefit from early fixation of unstable axial fractures? The effects of timing of surgery on initial hospital course. *J Orthop Trauma.* juill 2013;27(7):405-12.
45. Pinney SJ, Keating JF, Meek RN. Fat embolism syndrome in isolated femoral fractures: does timing of nailing influence incidence? *Injury.* mars 1998;29(2):131-3.
46. Zalavras CG, Marcus RE, Levin LS, Patzakis MJ. Management of open fractures and subsequent complications. *Instr Course Lect.* 2008;57:51-63.
47. [Infections_of_the_musculoskeletal_system_FR.pdf](https://www.heraeus.com/media/media/hme/doc_hme/infection_book/Infections_of_the_musculoskeletal_system_FR.pdf) [Internet]. [cité 25 avr 2021]. Disponible sur: https://www.heraeus.com/media/media/hme/doc_hme/infection_book/Infections_of_the_musculoskeletal_system_FR.pdf
48. O'Toole G, Kaplan HB, Kolter R. Biofilm formation as microbial development. *Annu Rev Microbiol.* 2000;54:49-79.
49. Bilan démographique 2019 : la population normande poursuit sa baisse - Insee Analyses Normandie - 82 [Internet].
50. Dossier complet – Commune de Caen (14118) | Insee [Internet]. [cité 25 avr 2021].

51. Metsemakers WJ, Morgenstern M, McNally MA, Moriarty TF, McFadyen I, Scarborough M, et al. Fracture-related infection: A consensus on definition from an international expert group. *Injury*. 1 mars 2018;49(3):505-10.
52. Bonnevalle P, Bonnomet F, Philippe R, Loubignac F, Rubens-Duval B, Talbi A, et al. Infection précoce du site opératoire en traumatologie des membres de l'adulte : enquête prospective multicentrique. *Rev Chir Orthopédique Traumatol*. 1 oct 2012;98(6):605-11.
53. Gustilo RB, Gruninger RP, Davis T. Classification of type III (severe) open fractures relative to treatment and results. *Orthopedics*. déc 1987;10(12):1781-8.
54. Dellinger EP, Miller SD, Wertz MJ, Grypma M, Droppert B, Anderson PA. Risk of infection after open fracture of the arm or leg. *Arch Surg Chic Ill 1960*. nov 1988;123(11):1320-7.
55. Ostermann PA, Seligson D, Henry SL. Local antibiotic therapy for severe open fractures. A review of 1085 consecutive cases. *J Bone Joint Surg Br*. janv 1995;77(1):93-7.
56. Yokoyama K, Itoman M, Nakamura K, Uchino M, Nitta H, Kojima Y. New scoring system predicting the occurrence of deep infection in open upper and lower extremity fractures: efficacy in retrospective re-scoring. *Arch Orthop Trauma Surg*. avr 2009;129(4):469-74.
57. Werner CML, Pierpont Y, Pollak AN. The Urgency of Surgical Débridement in the Management of Open Fractures: *J Am Acad Orthop Surg*. juill 2008;16(7):369-75.
58. Obremskey W, Molina C, Collinge C, Nana A, Tornetta P, Sagi C, et al. Current Practice in the Management of Open Fractures Among Orthopaedic Trauma Surgeons. Part A: Initial Management. A Survey of Orthopaedic Trauma Surgeons. *J Orthop Trauma*. août 2014;28(8):e198-202.
59. Spencer J, Smith A, Woods D. The effect of time delay on infection in open long-bone fractures: a 5-year prospective audit from a district general hospital. *Ann R Coll Surg Engl*. mars 2004;86(2):108-12.
60. Carsenti-Etesse H, Doyon F, Desplaces N, Gagey O, Tancrède C, Pradier C, et al. Epidemiology of Bacterial Infection During Management of Open Leg Fractures. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 1 juin 1999;18(5):315-23.
61. Fernandes M de C, Peres LR, Turíbio FM, Matsumoto MH. Open fractures and the incidence of infection in the surgical debridement 6 hours after trauma *Acta Ortop Bras*. 2015;5.
62. McNally M, Govaert G, Dudareva M, Morgenstern M, Metsemakers W-J. Definition and diagnosis of fracture-related infection. *EFORT Open Rev*. oct 2020;5(10):614-9.
63. Singh K, Bauer JM, LaChaud GY, Bible JE, Mir HR. Surgical site infection in high-energy peri-articular tibia fractures with intra-wound vancomycin powder: a retrospective pilot study. *J Orthop Traumatol Off J Ital Soc Orthop Traumatol*. déc 2015;16(4):287-91.
64. Metsemakers W-J, Moriarty TF, Nijs S, Pape HC, Richards RG. Influence of implant properties and local delivery systems on the outcome in operative fracture care. *Injury*. mars 2016;47(3):595-604.
65. Kortram K, Bezstarosti H, Metsemakers W-J, Raschke MJ, Van Lieshout EMM, Verhofstad MHJ. Risk factors for infectious complications after open fractures; a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop*. oct 2017;41(10):1965-82.

66. Carver DC, Kuehn SB, Weinlein JC. Role of Systemic and Local Antibiotics in the Treatment of Open Fractures. *Orthop Clin North Am.* avr 2017;48(2):137-53.
67. Friedrich, P.L. (1898) Die Aseptische Versorgung Frischer Wunden. *Archiv für Klinische Chirurgie*, 57, 288-310. - References - Scientific Research Publishing [Internet].
68. Schenker ML, Yannascoli S, Baldwin KD, Ahn J, Mehta S. Does timing to operative debridement affect infectious complications in open long-bone fractures? A systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 20 juin 2012;94(12):1057-64.
69. Ashford RU, Mehta JA, Cripps R. Delayed presentation is no barrier to satisfactory outcome in the management of open tibial fractures. *Injury.* avr 2004;35(4):411-6.
70. Crowley DJ, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Debridement and wound closure of open fractures: the impact of the time factor on infection rates. *Injury.* août 2007;38(8):879-89.
71. Williamson AM, Feyer AM. Moderate sleep deprivation produces impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication. *Occup Environ Med.* oct 2000;57(10):649-55.
72. Lack WD, Karunakar MA, Angerame MR, Seymour RB, Sims S, Kellam JF, et al. Type III open tibia fractures: immediate antibiotic prophylaxis minimizes infection. *J Orthop Trauma.* janv 2015;29(1):1-6.
73. Messner J, Papakostidis C, Giannoudis PV, Kanakaris NK. Duration of Administration of Antibiotic Agents for Open Fractures: Meta-Analysis of the Existing Evidence. *Surg Infect.* déc 2017;18(8):854-67.
74. Hoff WS, Bonadies JA, Cachecho R, Dorlac WC. East Practice Management Guidelines Work Group: update to practice management guidelines for prophylactic antibiotic use in open fractures. *J Trauma.* mars 2011;70(3):751-4.
75. Hauser CJ, Adams CA, Eachempati SR, Council of the Surgical Infection Society. Surgical Infection Society guideline: prophylactic antibiotic use in open fractures: an evidence-based guideline. *Surg Infect.* août 2006;7(4):379-405.
76. Chang Y, Kennedy SA, Bhandari M, Lopes LC, Bergamaschi C de C, Carolina de Oliveira e Silva M, et al. Effects of Antibiotic Prophylaxis in Patients with Open Fracture of the Extremities: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *JBJS Rev.* 9 juin 2015;3(6):e2.
77. La sécurité routière en chiffres : l'Observatoire national interministériel | Sécurité Routière [Internet].
78. Darne F. Le nombre de moto en France et l'accidentologie - LegiPermis [Internet]. 2014
79. Principles of management of open fractures [Internet]. site name. [cité 26 mai 2021]. Disponible sur: <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/adult-trauma/femoral-shaft/further-reading/principles-of-management-of-open-fractures>
80. de Pontfarcy A, Jidar K, Chakvetadze C, Tebano G, Vignier N, Abbadi A, et al. Épidémiologie des infections de site opératoire secondaire à une fracture ouverte des membres. *Médecine Mal Infect.* 1 juin 2017;47(4, Supplement):S83-4.

7 Annexes

Annexe 1 - Classification de Cauchoix et Duparc

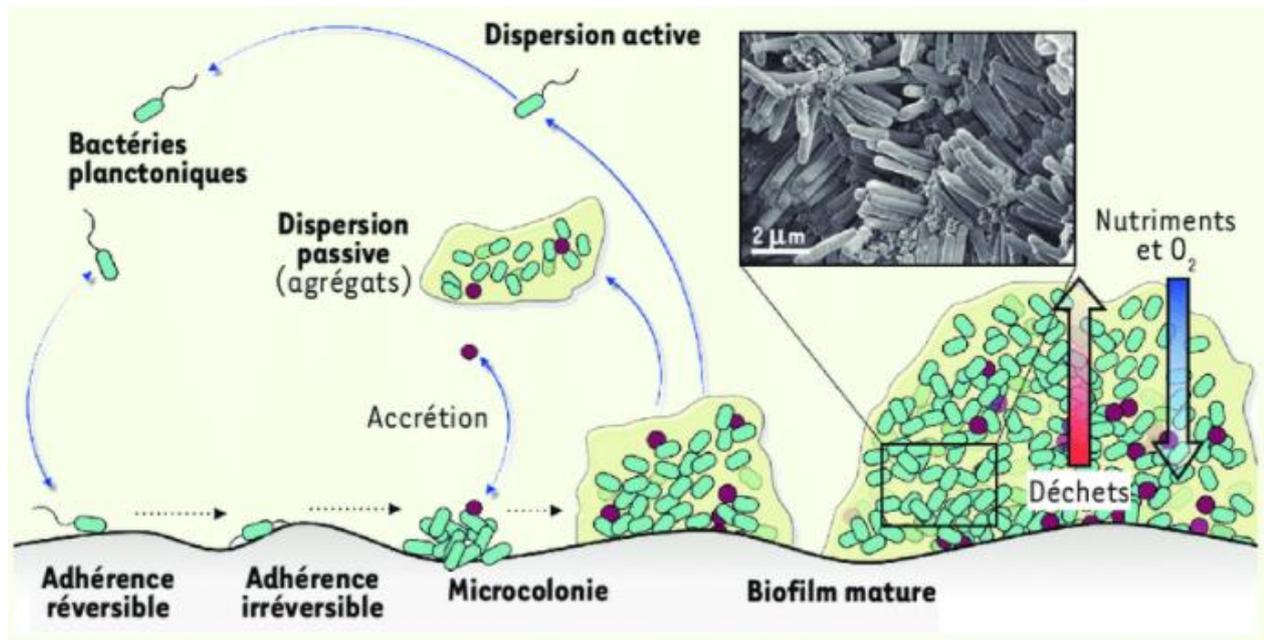
	CLASSIFICATION DE CAUCHOIX ET DUPARC		
	I	II	III
Définition	Ouverte punctiforme, souvent de « dedans en dehors » Absence de contusion associée	Plaie contuse ou associée à un décollement supra-fascial (sus-aponévrotique)	Perte de substance cutanée traumatique ou faisant suite au parage chirurgical (stade définitif défini en per opératoire)
Pronostic	Risque infectieux minime Pronostic proche de celui des fractures fermées	Suture possible sans tension Risque de nécrose secondaire	Suture sans tension impossible Discussion d'une couverture du foyer fracturaire par lambeau

Annexe 2 - Classification de Gustilo et Anderson

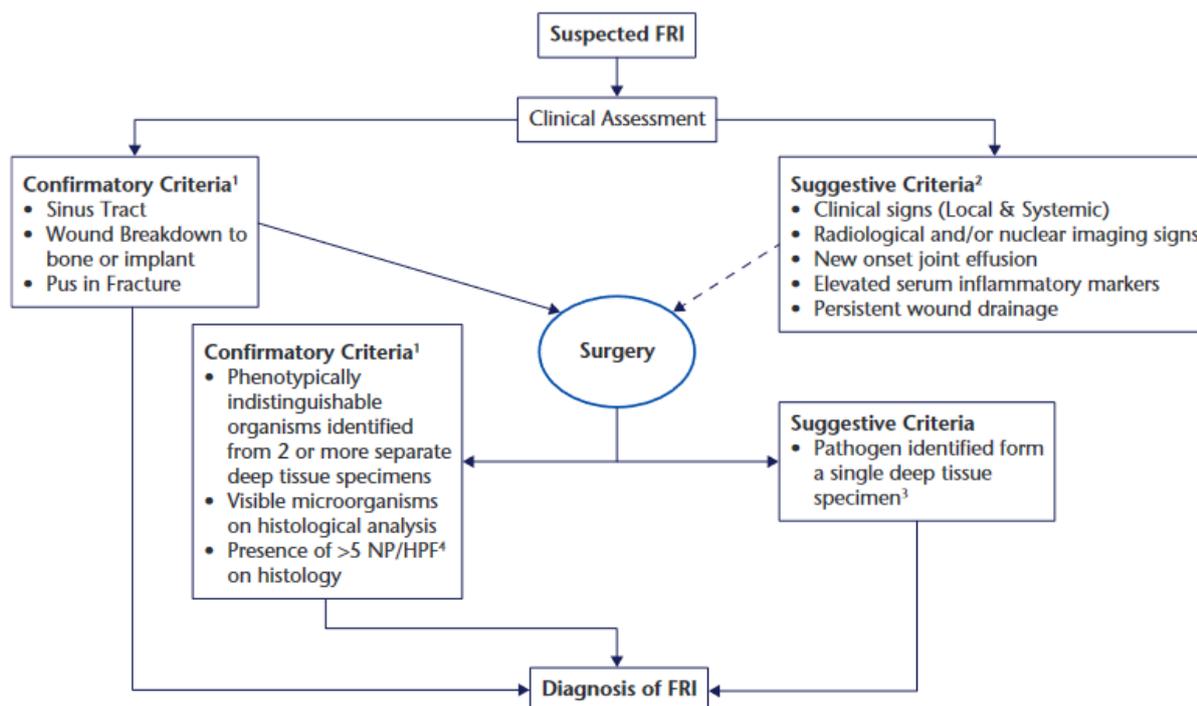
Classification de Gustilo

Item	I	II	IIIA	IIIB	IIIC
Taille de la plaie	< 1cm	> 1 cm	> 1 cm	> 1 cm	> 1 cm
Comminution	Minime	Modérée	Sévère (segmentaire)	Sévère (segmentaire)	Sévère (segmentaire)
Energie	Basse	Modérée	Haute	Haute	Haute
Contamination	Minime	Modérée	Sévère	Sévère	Sévère
Traumatisme tissulaire	Minime	Modérée	Sévère	Sévère	Sévère
Dépèriostage	Non	Non	Oui	Oui	Oui
Couverture locale	Correcte	Correcte	Correcte	Inadéquate	Correcte
Traumatisme neuro-vasculaire	No,	Non	Non	Non	Oui
Taux d'infection	0-2%	2-7%	7%	10-50%	25-50%

Annexe 3 - Développement et structure d'un biofilm bactérien



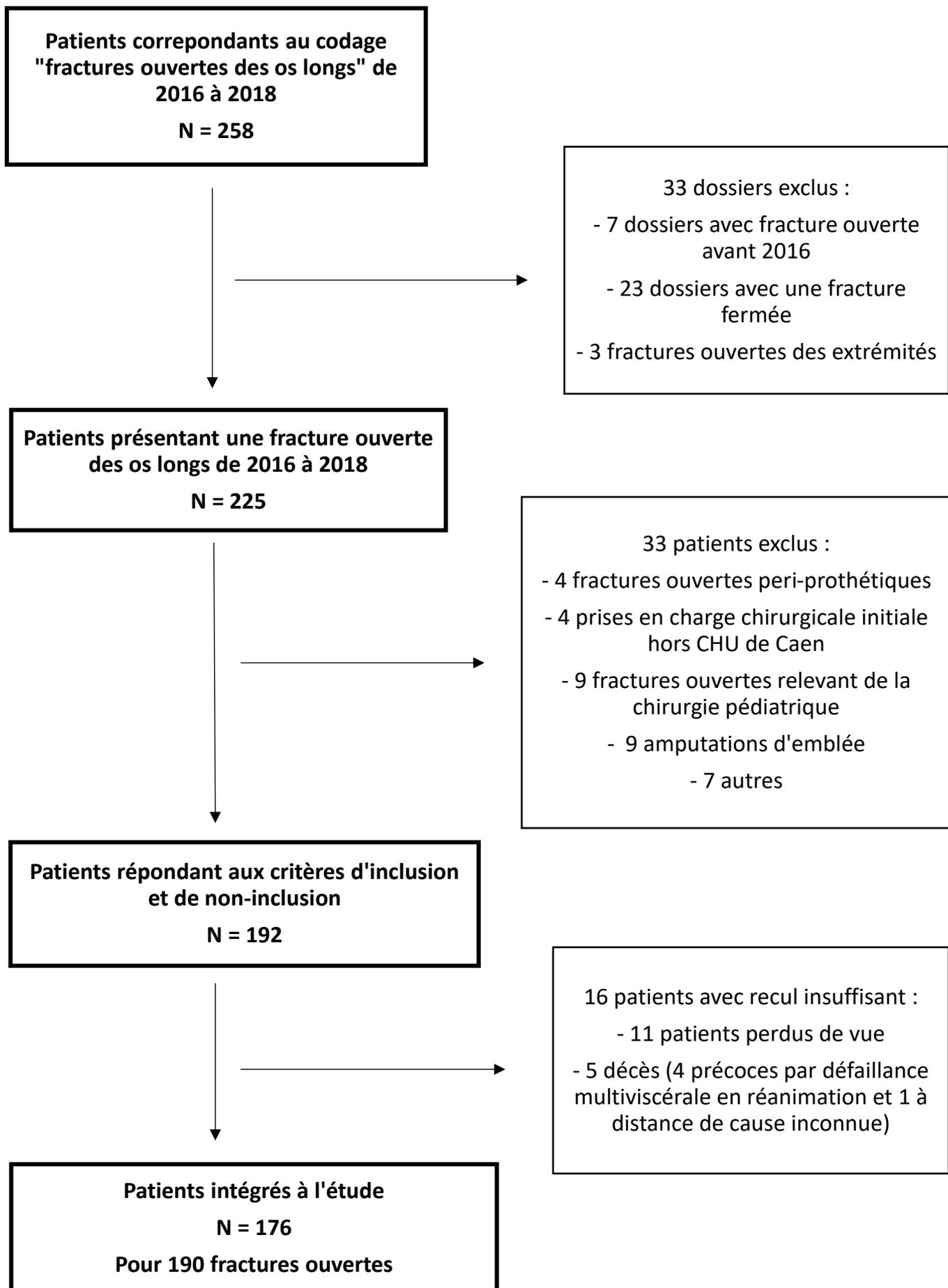
Annexe 4 - Algorithme diagnostique d'infection sur fracture (EBJIS, 2019)



Annexe 5 – Facteurs de risque étudiés

Patients dépendants	1	Sexe patient
	2	Age
	3	Diabète
	4	Tabac
	5	Intoxications : OH et/ou drogue
	6	Antécédents psychiatriques
Fracture dépendant	7	Classification de Gustilo (1=I;2=II,3=IIIA ; 4=IIIB; 5=IIIC)
	8	Fracture articulaire vs non articulaire
	9	Localisation fracturaire tibia/fémur/humérus/avant-bras/clavicule ou membre supérieur vs inférieur
	10	Caractère isolé fracture vs polytraumatisé
	11	Circonstances : AVP/défenestration/a.domestique/a.travail/Balistique/Chute mécanique
Chirurgie dépendant	12	Temps opératoire
	13	Délai chirurgie : > ou < 6h
Antibiothérapie dépendant	14	Délai antibiothérapie : > ou <3h
	15	Durée antibiothérapie

Annexe 6 - Diagramme de flux



Annexe 7 - Paramètres épidémiologiques des patients victimes de fracture ouverte

Caractéristique	N = 190 ¹
Sexe	
Homme	128 (67%)
Femme	62 (33%)
Age	49 (23)
Diabète	12 (6,3%)
Tabac	70 (37%)
Intoxication	37 (19%)
Antécédent psychiatrique	33 (17%)
Gustilo	
I	45 (23,7%)
II	79 (41,6%)
III	66 (34,7%)
dont IIIA	46 (24,2%)
dont IIIB	7 (3,7%)
dont IIIC	13 (6,8%)
Polytraumatisme / Fracture isolée	
Polytraumatisme	97 (51%)
Fracture ouverte isolée	93 (49%)
Membre	
Inférieur	102 (54%)
Supérieur	88 (46%)
Fracture diaphysaire ou articulaire	
Articulaire	100 (53%)
Diaphysaire	88 (47%)
Localisation de la fracture	
Avant-bras	57 (30%)
Clavicule	3 (1,6%)
Fémur	23 (12%)
Humérus	20 (11%)
Tibia	87 (46%)
Circonstance	
Accident domestique	14 (7,4%)
Accident du travail	9 (4,7%)
AVP	102 (54%)
Chute mécanique de sa hauteur	47 (25%)
Défenestration	14 (7,4%)
Traumatisme balistique	4 (2,1%)
Type de prise en charge	
Broches/vis/hauban	20 (11%)
Clou centro-médullaire	36 (19%)
Fixateur externe	52 (27%)
Ostéosynthèse mixte	36 (19%)

Ostéosynthèse plaque	31 (16%)
Traitement orthopédique	15 (7,9%)
Temps opératoire (heures)	2,34 (1,84)
Délai de chirurgie supérieur à 6h	110 (58%)
Délai de l'antibiothérapie supérieur à 3h	12 (6,3%)
Durée de l'antibiothérapie (jours)	7,4 (4,4)
¹ n (%); Moyenne (ET)	

Annexe 8 – Recommandations antibiothérapie SFAR 2018

Acte Chirurgical	Produit	Posologie	Réinjection et Durée
Fracture fermée nécessitant une ostéosynthèse extrafocale isolée	Pas d'ABP		
Fracture fermée nécessitant une ostéosynthèse intrafocale quel que soit le matériel mis en place	céfazoline	2g IV lente	1g si durée > 4h Limitée à la période opératoire (24h max)
Fracture ouverte de stade I de Cauchoix quel que soit le matériel mis en place	Céfamandole	1,5g IV lente	0,75g si durée > 2h Limitée à la période opératoire (24h max)
Plaie des parties molles non contuse et non souillée, avec ou sans atteinte de structures nobles (artère, nerf, tendon).	Céfuroxime	1,5g IV lente	0,75g si durée > 2h Limitée à la période opératoire (24h max)
Plaie articulaire	Allergie : clindamycine + gentamicine	900 mg IV lente 5 mg/kg/j	600mg si durée > 4h
Fracture ouverte stade II et III de Cauchoix, quel que soit le matériel mis en place.	Péni A + IB *	2g IV lente	1g si durée > 2h 48h maximum
Large plaie des parties molles contuse et souillée avec ou sans atteinte des structures nobles	Allergie : clindamycine + gentamicine	900mg IV lente 5 mg/kg/j	600mg si durée > 4h 48h maximum 48h maximum

« Par délibération de son Conseil en date du 10 Novembre 1972, l'Université n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ou mémoires. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs ».

VU, le Président de Thèse



VU, le Doyen de la Faculté

VU et permis d'imprimer
en référence à la délibération
du Conseil d'Université
en date du 14 Décembre 1973

Pour le Président
de l'Université de CAEN et P.O

Le Doyen

ANNEE DE SOUTENANCE : 2020/2021

NOM ET PRENOM DE L'AUTEUR : RIFFAULT Louis

TITRE DE LA THESE : Incidence des infections sur fractures ouvertes des os longs au CHU de Caen de 2016 à 2018 : Étude épidémiologique, facteurs de risque et analyse de pratique

RESUME DE LA THESE EN FRANÇAIS :

Les fractures ouvertes sont un des défis majeurs de la chirurgie traumatologique. La complication principale en est l'infection. Le but de cette étude était d'observer l'incidence des infections sur fractures ouvertes, les facteurs de risque d'infection, l'épidémiologie des fractures ouvertes et l'épidémiologie bactérienne des infections.

179 patients présentant au moins une fracture ouverte des os longs pris en charge au CHU de Caen ont été inclus rétrospectivement entre Janvier 2016 et Décembre 2018. Le critère principal de l'étude était l'incidence des infections. L'étude des facteurs de risques d'infections a fait l'objet de tests exacts de Fisher et de tests t de Student.

Le taux d'infection était de 22,6 % (de 2,2 à 53,8 % selon le stade de Gustilo). Le facteur de risque majeur d'infection était la classification Gustilo de la fracture.

La distribution épidémiologique des patients était bimodale avec des incidences maximales pour des hommes jeunes (20-30 ans) et des femmes âgées (80-90ans).

Les AVP représentaient la première circonstances fracturaires (53%). Le tibia représentait le premier site fracturaire (44%).

Les deux germes principaux retrouvés étaient Staphylocoque aureus (42%) et Enterobacter cloacae complex (40%).

L'antibioprophylaxie initiale était en grande majorité l'amoxicilline et l'A.clavulanique.(94%).

L'infection sur fracture ouverte présente une incidence importante. Des voies d'amélioration sont possibles pour la prise en charge de ces fractures en agissant sur le type et la durée du geste chirurgical, ainsi que sur les modalités et la durée de l'antibioprophylaxie

MOTS CLES : FRACTURE OUVERTE / OS LONGS / INFECTIONS / FACTEURS DE RISQUE / EPIDE-
MIOLOGIE / BACTERIOLOGIE

TITRE DE LA THESE EN ANGLAIS : Incidence of long bones open fractures infection in CHU of Caen between 2016 and 2018 : Epidemiological study, risk factors and practice analysis

RESUME DE LA THESE EN ANGLAIS :

Open fractures are one of the major challenges of trauma surgery. The main complication is infection. The aim of our study was to observe the incidence of infections in open fractures, risk factors for infection, epidemiology of open fractures and bacterial epidemiology of infections.

179 patients with at least one open long bone fracture treated at the Caen University Hospital were retrospectively included between January 2016 and December 2018. The primary endpoint of the study was the incidence of infections. The study of risk factors for infections was subjected to Fisher's exact tests and Student's t tests.

The infection rate was 22.6% (2.2 to 53.8% depending on Gustilo's stage). The major risk factor for infection was the Gustilo classification of the fracture.

The epidemiological distribution of patients was bimodal with maximum incidences for young men (20-30 years) and elderly women (80-90 years).

AVP represented the first fracture circumstance (53%). The tibia represented the first fracture site (44%).

The two main germs found were Staphylococcus aureus (42%) and Enterobacter cloacae complex (40%).

The initial antibiotic prophylaxis was overwhelmingly amoxicillin and A.clavulanic acid (94%).

The open fracture infection has a high incidence in CHU of Caen.

Improvements are possible for the management of these fractures by acting on the type and duration of the surgical procedure, as well as on the modalities and duration of the antibiotic prophylaxis

KEY WORDS : OPEN FRACTURE / LONG BONE / INFECTION / RISK FACTORS / EPIDEMIOLOGY /
BACTERIOLOGY