



Intérêt et limites du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) dans la surveillance des infections de prothèses orthopédiques

Leslie Grammatico

► To cite this version:

Leslie Grammatico. Intérêt et limites du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) dans la surveillance des infections de prothèses orthopédiques. Santé publique et épidémiologie. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI; Université de Tours, 2014. Français. NNT: 2014PA066092 . tel-01067178

HAL Id: tel-01067178

<https://theses.hal.science/tel-01067178>

Submitted on 23 Sep 2014

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.

**THESE DE DOCTORAT de
L'UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE**

SPÉCIALITÉ : Epidémiologie clinique
ÉCOLE DOCTORALE Pierre Louis de Santé Publique (ED 393)

Santé Publique : Epidémiologie et Sciences de l'Information Biomédicale

Présentée par
M^{me} Leslie GRAMMATICO-GUILLON

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

**Intérêt et Limites du
Programme de Médicalisation des Systèmes d'information (PMSI)
dans la Surveillance des Infections de Prothèses Orthopédiques**

Directeur de recherche : Pascal ASTAGNEAU
Co-directeur de recherche (cotutelle) : Emmanuel RUSCH

Soutenue le : 11 avril 2014

Devant la commission d'examen formée de :

M. Pascal Astagneau	PU-PH	UPMC	Directeur
M. Emmanuel Rusch	PU-PH	CHRU de Tours	Co-directeur
M. Didier Lepelletier	PU-PH	CHU de Nantes	Rapporteur
Mme Catherine Quantin	PU-PH	CHU de Dijon	Rapporteur
M. Gérard Bréart	PU-PH	UPMC	Examineur
M. Pierre Czernichow	PU-PH	CHU de Rouen	Examineur
M. Philippe Rosset	PU-PH	CHRU de Tours	Examineur

Remerciements

Je souhaite adresser ici mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui ont contribué à rendre ce projet possible et qui, d'une manière ou d'une autre, m'ont apporté leur soutien et leurs encouragements, au niveau professionnel ou personnel. Je souhaite remercier particulièrement ici :

M le Professeur Pascal Astagneau, pour avoir dirigé ce travail, avec ses avis éclairés, sa disponibilité, et son soutien durant tout ce travail de thèse marathon, en espérant que cette collaboration ne s'arrête pas ici, déjà !

M le Professeur Emmanuel Rusch, pour cette codirection, les échanges au quotidien, l'accueil chaleureux au sein du laboratoire de santé publique du CHRU de Tours, malgré mon parcours partagé avec les maladies infectieuses, et sans avis préconçu, pour tout cela merci, en espérant que la route commune soit encore longue.

Mme le Professeur Catherine Quantin, pour avoir accepté de rapporter et critiquer ce travail et d'y apporter votre éclairage d'expert en système d'information hospitalier.

M le Professeur Didier Lepelletier, pour avoir accepté de rapporter et critiquer ce travail et d'y apporter votre éclairage d'expert en hygiène hospitalière et microbiologie, et en espérant d'autres projets communs.

M le Professeur Pierre Czernichow, pour avoir accepté de critiquer ce travail, et de me faire l'honneur de participer à ce jury.

M le Professeur Gérard Bréart, pour avoir accepté de critiquer ce travail, et de me faire l'honneur de présider ce jury.

M le Professeur Philippe Rosset, pour avoir accepté de critiquer ce travail et pour le soutien du CRIOGO dans ce grand tour de la région Centre pour la validation des dossiers, pour votre soutien sur ce projet de longue haleine, votre bienveillance et votre à-propos sur les questions de recherche.

M le Pr Pierre Lombrail, pour le soutien à ma démarche d'épidémiologiste, et pour les souvenirs des séminaires inter régionaux de santé publique, avec les échanges à bâtons rompus avec les internes de santé publique dans votre service à Nantes, tout nous semblait réalisable.

M le Docteur Jean Rouvière, par qui tout a commencé, pourrais-je un jour suffisamment vous remercier de m'avoir convaincu de tenter P1? J'en suis là grâce à vous, et mon intérêt pour l'os vient certainement de vous également. Non seulement vous vous êtes occupé de ma santé, cela n'a pas de prix, mais vous m'avez ouvert les yeux sur la richesse de ce beau métier, dans sa diversité et ses paradoxes, m'incitant à rejoindre le nombre de vos collègues, avec une grande humilité et fierté.

A la mémoire du Professeur Jean Marc Besnier, le premier à avoir cru en moi en tant qu'interne de santé publique et maladies infectieuses, qui m'a encouragé sur ce parcours atypique mais si enrichissant et qui m'a permis de faire mes premiers pas en épidémiologie clinique, domaine que je n'ai plus quitté, et dans lequel je me suis épanouie professionnellement.

Mme le Docteur Sabine Baron, pour son encadrement depuis mes premiers pas en épidémiologie avec les spondylodiscites, tu m'as tant appris et tu m'apprends encore chaque jour, c'est en grande partie grâce à toi si je soutiens ce doctorat d'épidémiologie aujourd'hui ; merci de ta confiance, ton amitié et ton soutien sans faille, ta franchise et tes critiques quand nécessaires, ta présence dans les bons comme les mauvais moments.

Mme Anne-Isabelle Lecuyer et M Christophe Gaborit, mes biostatisticiens préférés, qui ont toujours été là pour contrôler mes programmes (mes erreurs de programmation) et m'aider à avancer étape par étape, même celles qui me paraissaient infranchissables, vous êtes mes sauveurs !

M le docteur Jean Claude Desenclos, et l'équipe du DMI, qui m'a dirigé durant le Master II Recherche à l'Institut de Veille Sanitaire, qui m'a appris la rigueur de travail, et m'a conforté dans mon choix de devenir épidémiologiste.

M le Professeur Dominique Perrotin, qui m'a toujours soutenue, en tant que Doyen de la faculté de Médecine de Tours, dans ce parcours mixte clinique et santé publique, en me permettant de prouver que l'on peut parvenir au niveau de compétence exigé, si on s'en donne les moyens et que l'on est soutenu !

Marion, mon double en santé publique et même plus, une amie surtout, que 2014 nous apporte ce statut de docteur en épidémiologie le même jour ENCORE, et la suite bien méritée (*fingers crossed*), et que la vie continue à nous faire travailler et nous amuser ensemble !

Simon et les souvenirs du DU d'antibio, les pérégrinations sur la carrière, puis les maladies infectieuses ensemble comme la santé publique, les locations d'appartement pour participer aux JNI, et Marine...et le partage des joies professionnelles et personnelles.

Mes amis de l'externat, Caroline, Marco, Geneviève, Marie, Violaine, et tous les autres carabins de Montpellier, *Millésime 1998*.

Mes amis du CHRU de Tours, Isabelle, Fabien, Gaëlle, Elodie, Rémi, Natacha, Amandine, Althéa Rodolphe et tous les internes de médecine croisés et appréciés, chacun a enrichi mon propre parcours, et je ne regrette pas une seule garde, ni astreinte.

Mes collègues de santé publique Ken, Agnès, et les plus jeunes, Sandra maintenant et la relève avec Claire et les autres qui nous motivent, nous, médecin enseignant chercheur.

Mes collègues et Maîtres du service de Médecine et Maladies Infectieuses de Tours, Simon encore et Zoha, partager cette seconde année de clinicat (et le bureau) avec vous restera un très bon souvenir, Guillaume et ces 2 années de *staff* côte à côte, ça me manque encore, Frédéric, M le Professeur Louis Bernard et M le Professeur Patrick Choutet, pour leurs enseignements et leur soutien durant le clinicat et l'initiation de ce projet de recherche au sein du service.

Le personnel du Service d'Information Médicale, d'Epidémiologie et d'Economie de la Santé (SIMEES) du CHRU de Tours pour leur bonne humeur, leur patience face au courant d'air que j'ai été pour ce doctorat, et leur soutien dans les mauvais moments comme les meilleurs autour d'un café et souvent d'un gâteau... en vrac : Claudie, Laure, Anne SP, Sandrine, Sandrinette, Isabelle, Hippolyte, Florence, Anne LL, Josette, Ken, Mélanie, Jean Marie, Vincent, Lucille, j'espère n'oublier personne !

Tous les médecins, chirurgiens orthopédistes et d'information médicale, les infectiologues, et les équipes de lutte contre les infections nosocomiales qui permettent aux réseaux de surveillance de progresser, à cause ou grâce à la prise en charge de ces infections.

Le CRIOGO (centre de référence des infections ostéo-articulaires du grand Ouest) et encore les professeurs Philippe Rosset et Louis Bernard pour leur aide dans la construction des algorithmes et la coordination avec les chirurgiens de la région.

Le collège régional de l'Information Médicale (CRIM), pour son aide dans la construction des algorithmes et la coordination avec les services localement.

L'administration des hôpitaux et les professionnels qui ont participé au projet : chirurgiens, médecins, médecins d'information médicale et techniciens d'information médicale. Je remercie vivement les membres du processus de validation : Dr Asquier (PSLV, Tours), Dr Brisset (L'archette, Orléans), le Dr Burgot (Polyclinique de Blois), Dr Chopin, Dr Mankikian, Mme Dumont et Mme Boulineau (Alliance, Tours), Mme Cotillon (St François, Indre), Dr Couzon (CH Châteauroux), Dr Denier (CH Chartres), Mme Drouin (CH Montargis), Dr Durand et Mme Biothy (Clinique de Varye G), le Dr Eynard (CHRO), le Dr Girard, Dr Gouin (CH Amboise), Dr Massot et Dr Guimard (CH de Bourges), Ruxandra et Mme Delas (Les longues Allées, Orléans), le Dr Tilles (CH St Amand Montron), le Dr Vogt (CH Dreux), et tous les collaborateurs.

A ma belle grand-mère, *Polo*, j'espère être le même docteur que Toi à ton âge, pour tes blagues à l'internat, les discussions médicales, et la maison de la *canalette*, remplies de souvenirs heureux, avec ton petit fils, et le reste de la jolie famille.

A ma belle maman et à ma belle famille, qui nous aide tant et qui nous soutient dans notre folle entreprise de thésards, son fils et moi.

A mes amies et sœurs de cœur, les dindes, *Aline et Justine*, pour leur soutien sans faille malgré des études interminables et mes absences lors de moments précieux car à l'autre bout de la France, mes possibles « *fashion faux pas* » et autres décalages par rapport à la vie de sudiste, elles restent présentes, ouvertes et adorables !

A mes neveux, *Justin et Roméo*, et leur *papa*, pour leur bonne humeur, et leurs yeux clairs, Marraine et Tati, un joli rôle pour moi.

A mon frère, *Loic*, qui taille son bonhomme de chemin, et qui nous bluffe par son sens d'aller de l'avant, de faire ce qui lui plaît, sans souci du « qu'en dira-ton », un exemple de garçon entier et sincère avec un cœur gros comme ça !

A ma sœur, *Laetitia*, une petite maman en second, une présence pour tous les moments de la vie, indispensable à mon équilibre pour mes choix et mes errances, et une relectrice assidue de « toutes » mes thèses !

A mes parents, *André et Chatton*, pour tout ce que vous êtes,
Vous avez hissé vos enfants dans l'ascenseur social,
Nous soutenant dans chacune de nos décisions, même les plus audacieuses,
Sans concession et sans demander des comptes,
Avec des sacrifices réguliers jamais évoqués,
Pour nous aider dans nos vies de femme et de mère,
qui aiment leur travail et le revendique (sans parler de la valse des cartons...),
Des parents que beaucoup m'envient, et avec raison, je ne vous le dis pas assez
et je profite de l'écrire ici, car comme dirait Maman :
« Les paroles s'en vont, les écrits restent ! ».

Pour RoCéLesTiToine,

*Ma tribu
Ma source de motivation pour aller toujours
plus loin (pas toujours simple)
et les rendre fiers de moi !*

Résumé : Intérêt et Limites du Programme de Médicalisation des Systèmes D'information (PMSI) dans la Surveillance des Infections de Prothèses Orthopédiques

La surveillance des infections sur prothèses ostéo-articulaires (IPOA) est une cible de la surveillance des infections nosocomiales, calcul d'incidence difficile et peu robuste (données manquantes, pas de suivi à long terme), sur cette chirurgie à faible incidence d'infection du site opératoire (ISO). Le PMSI est une base exhaustive de données médico-administratives, permettant de suivre la trajectoire des patients (chainage). L'objectif de la thèse était d'évaluer la validité du PMSI pour la surveillance des IPOA et d'estimer son utilisation en routine sur une cohorte régionale.

Une cohorte rétrospective régionale de patients avec première arthroplastie de hanche ou de genou a été constituée en utilisant la base PMSI. La définition d'IPOA était basée sur un algorithme PMSI utilisant les codes CIM-10 et les actes CCAM. Une étude de sensibilité sur 1 000 dossiers médicaux était réalisée par une enquête cas-témoin nichée dans la cohorte. L'application de la définition validée (Se 97%, Spe 95%, VPP 87%, VPN 98%) dans la cohorte a permis le calcul du taux d'IPOA, 2,2/100 pers-année [IC_{95%} 2,0- 2,6] et d'estimer les facteurs de risque : sexe masculin, dénutrition, obésité, maladies chroniques. La médiane de survenue de l'IPOA était 71 jours (1 à 1 650 j) mais un tiers des IPOA survenait plus d'un an après la pose.

Ce travail a démontré le potentiel de l'outil PMSI (fiabilité, facilité d'utilisation, moindre coût) pour la surveillance des ISO, sous conditions d'un algorithme approprié de sélection des cas.

Les mots clés : recherche épidémiologique, systèmes d'information hospitalier, PMSI, infections du site opératoire, infection de prothèse ostéo-articulaire

Abstract: Surveillance of Prosthetic Joint Infection: Benefits and Limits of hospital discharge databases

One target of surgical site infections (SSI) surveillance is hip or knee arthroplasty infections (HKAI); however, HKAI incidence estimations are considered to be poorly effective, especially regarding data collection and patient follow-up. In France, each hospital discharge must be registered in the National Hospital Discharge Database (HDD), convenient and permanent medico-administrative database that can be mined for epidemiological studies and evaluation. This study aims to assess performance criteria of using the HDD as an additional tool to survey SSI occurring after HKA and to study its use in routine.

A cohort study was conducted using retrospectively collected regional data from the French HDD. Surveillance of HKAI occurrence was performed based on various algorithms using the ICD-10, and the classification of procedures in a case-control study nested in the cohort. The HKAI case definition was validated by checking 1,000 medical charts as the gold standard, giving performance criteria as Se 97%, Spe 95%, PPV 87%, PNV 98%. The HKAI incidence density was 2.2/100 pers-year [CI_{95%} 2.0- 2.6] and risk factors were male gender, undernutrition, obesity, chronic diseases. The median time for HKAI occurrence was 71 days (1-1,650 d), but 1/3 of HKAI occurred more than one year after arthroplasty.

The HDD potential for routine SSI surveillance in low risk surgery was demonstrated, under conditions of having appropriate algorithm for selecting infections.

Key words: clinical research; hospital discharge database; French DRG; surgical site infection; prosthetic joint infection

Laboratoires d'accueil

Sous la direction du Pr Pascal ASTAGNEAU,

**Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP) &
Centre de coordination pour la lutte contre les infections associées aux soins (C-CLIN),**

Site Broussais, Pavillon Leriche

96, rue Didot

75014 Paris, France

Co direction du Pr Emmanuel RUSCH,

**Plateforme recherche au sein de l'unité épidémiologie et évaluation médico-économique
Service d'information médicale d'épidémiologie et d'économie de la santé (SIMEES)**

CHRU de Tours

2 Bd Tonnellé

37 044 Tours cedex, France

TABLE DES MATIÈRES

ARTICLES ENTRANT DANS CE TRAVAIL DE DOCTORAT	18
Articles de thèse.....	18
Publications complémentaires.....	19
CORPS DE THÈSE	21
I. INTRODUCTION	23
I-1 Infections nosocomiales et infections associées aux soins.....	23
I-1.1 Généralités	23
I-1.2 Les infections du site opératoire (ISO).....	28
I-1.3 Les infections de prothèse ostéo-articulaire.....	30
I-2 Les systèmes de surveillance des infections nosocomiales.....	32
I-2.1 Surveillance des infections nosocomiales	32
I-2.2 Surveillance des infections du site opératoire.....	36
I-3 Le système d'information hospitalier (SIH).....	38
I-3.1 Généralités	38
I-3.2 Les bases de données issues du SIH	40
I-3.2 Le Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI).....	41
II. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS	46
II-1 Problématique.....	46
II-2 Objectifs.....	49
III. MATERIEL ET METHODES	50
III-1 Cohorte historique d'arthroplastie, hanche et genou, région Centre, 2008-2010 [article 2, p°99].....	51
III-1.1 Construction de la cohorte régionale, région Centre, 2008-09	51
III-1.2 Définition de cas d'IPOA via un algorithme PMSI [Annexe 4]	51
III-1.3 Enquête cas-témoin nichée dans la cohorte.....	54
III-1.4 Etude de sensibilité.....	55
III-2 Cohorte historique d'arthroplastie, hanche et genou, région Centre, 2008-2012 [Pré-article 3, p°121]	57
III-2.1 Cohorte régionale PMSI, région Centre, 2008-2011	57
III-2.2 Analyses de survie des patients porteurs de prothèse de hanche ou de genou (Modèle de Cox), 2008-2012.....	57
III-3 Analyses statistiques.....	59

IV. RÉSULTATS	60
IV-1 Évaluation de l’outil PMSI pour la surveillance des IPOA [article 2, p°99]	60
IV-1.1 Présentation.....	60
IV-1.2 Conclusion	61
IV-1.3 Perspectives	61
IV-1.4 Valorisation	62
IV-2 Enquête de cohorte PMSI régionale des IPOA [Pré-article 3, p°121].....	63
IV-2.1 Présentation.....	63
IV-2.2 Conclusion	65
IV-2.3 Perspectives	66
IV-2.4 Valorisation	67
V. DISCUSSION.....	68
V-1 Principaux résultats	69
V-2 L’outil PMSI dans la surveillance des IPOA	70
V-2.1 Intérêts.....	70
V-2.2 Limites	72
V-3 Travaux à venir et perspectives à plus long terme	75
VI. CONCLUSION	79
REFERENCES	80
ARTICLES DE THÈSE.....	89
Article 1 - Surveillance of prosthetic joint infections: international overview and new insights for hospital databases	89
Article 2 - Quality assessment of hospital discharge database for routine surveillance of hip and knee arthroplasty-related infections.....	99
Pre-Article 3 – SSI occurrence after hip or knee replacement: a 5-year retrospective cohort study based on the French Hospital database -en cours de relecture coauteurs-	121
ANNEXES	147
Publications complémentaires.....	147
Annexe 1 – Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008 : clinical and economical outcomes	147
Annexe 2– Pediatric Bone and Joint Infections are more Common in Boys and Toddlers : a National Epidemiology Study.....	156
Annexe 3 - Letter in response to the article on bone and joint infection in the United States: French data	162
Définition de cas d’IPOA via le PMSI	163
ANNEXE 4– Appendix	163

LISTE des FIGURES

Figure 1 : Prévalence des patients infectés, par région française, ENP 2012 (p°25)

Figure 2 : Distribution des infections nosocomiales en France, par site infectieux, ENP 2012 (p°26)

Figure 3 : Distribution des principaux micro-organismes isolées (N=2 161) des infections du site opératoire documentées au plan microbiologique (N=1 716). ENP, 2012 (p°29)

Figure 4 : Surveillance des infections du site opératoire en Europe, et surveillance de réanimation (p°36)

Figure 5 : Constitution de la base de données issue des informations médico-administratives pour toute hospitalisation en France (p°43)

Figure 6 : Interactions des systèmes d'information hospitaliers et de la recherche épidémiologique (p°44)

Figure 7 : *Flow chart* de constitution de la cohorte régionale PMSI et identification des cas d'IPOA (p°54)

Figure 8 : Extraction de l'échantillon de validation des PTG/H en utilisant l'algorithme basé sur les codes PMSI : 600 cas et 600 témoins nichés dans la cohorte régionale, 2008-2010 (p°56)

Figure 9 : Distribution des IPOA par établissement de pose, région Centre, 2008-2012 (p°64)

LISTE des TABLEAUX

Encadré 1 : Principes du signalement tels que figurant dans le Code de Santé Publique (p°27)

Tableau I : Résultats nationaux du tableau de bord des infections nosocomiales. ICA-LISO (p°35)

Tableau II : Nombre d'infections du site opératoire selon différentes méthodes et calcul des paramètres de fiabilité de chacune des méthodes (p°40)

Tableau III : Définition de cas PMSI d'infection de prothèse ostéo-articulaire (p°53)

Tableau IV : Variables utilisées pour identifier les facteurs de risque d'infection de prothèse articulaire (p°58)

ABREVIATIONS, SIGLES et ACRONYMES

ANO	Numéro d'anonymisation encrypté patient dans le PMSI
ARS	Agence régionale de santé
ATIH	Agence technique de l'information hospitalière
BMR	Bactérie multi-résistante
C3GR	Céphalosporine de 3 ^{ème} génération résistante
CCAM	Classification commune des actes médicaux
C-CLIN	Centre de coordination de la lutte contre les infections nosocomiales
CDC	<i>Center for disease control</i>
CIM-10	Classification internationale des maladies -10 ^{ème} révision
CLARTE	Consortium Loire-Atlantique-Aquitaine-Rhône-Alpes pour la production d'indicateurs de qualité en sanTE
CLIN	Centre de lutte contre les infections nosocomiales
CNIL	Commission nationale de l'informatique et des libertés
COMPAQH	Coordination pour la Mesure de la Performance et l'Amélioration de la Qualité Hospitalière
CRIM	Collège régional de l'information médicale, région Centre
CRIOGO	Centre de référence des infections ostéo-articulaires du grand Ouest
CTIN	Comité technique national des infections nosocomiales
CTINILS	Comité technique des infections nosocomiales et des infections liées aux soins
DGOS	Direction Générale de l'Offre de Soins
DGS	Direction Générale de la Santé
DMI	Dispositif médical implantable
ENP	Enquête nationale de prévalence des infections nosocomiales et des traitements anti-infectieux
EPP	Evaluation des pratiques professionnelles
ES	Etablissement de santé
GHM	Groupe homogène de malades
IAS	Infection associée aux soins
ICALIN	Indicateur composite des activités de lutte contre les infections nosocomiales
ICA-LISO	Indicateur composite des activités de lutte contre les infections du site opératoire
ICSHA	Indicateur composite de volume de solution hydro-alcoolique consommé
IN	Infection nosocomiale
InVS	Institut de veille sanitaire
IOA	Infection ostéo articulaire
IPOA	Infection de prothèse ostéo-articulaire
ISO	Infection du site opératoire
LIN	Lutte contre les infections nosocomiales
MCO	Médecine Chirurgie Obstétrique
NHSN	<i>National Healthcare Safety Network</i>
NNIS	National Nosocomial Infection Surveillance
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONIAM	Office National d'Indemnisation des Accidents Médicaux, des Affections Iatrogènes et des Infections Nosocomiales

oSIS	Observatoire des systèmes d'information de santé
PMSI	Programme de médicalisation des systèmes d'information
PTG	Prothèse totale de genou
PTH	Prothèse totale de hanche
RAISIN	Réseau national de surveillance des infections nosocomiales
RSA	Résumé de sortie anonymisé
RSS	Résumé standardisé de séjour
RUM	Résumé d'unité médicale
SARM	<i>Staphylococcus aureus</i> résistant à la méticilline
Se	Sensibilité
SIH	Système d'information hospitalier
SIR	<i>Standardized incidence Ratio</i>
SNIIRAM	Système National d'Informations Inter régimes de l'Assurance Maladie
Sp	Spécificité
SSR	Soins de suite et réadaptation
TdeB	Tableau de bord (des infections nosocomiales)
UREH	Unité régionale d'épidémiologie hospitalière
VPP	Valeur prédictive positive
VPN	Valeur prédictive négative

*« La science n'est pas science si elle
n'est ni dialectique ni réfutable »*

K. Popper, *Le réalisme et la science*
Realism and the aim of science. London, Hutchinson ; 1988 : 1-420.

Articles entrant dans ce travail de doctorat

Articles de thèse

1- Panorama des systèmes de surveillance existants pour les infections du site opératoire [Article 1 – p° 89]

Grammatico-Guillon L, Rusch E, Astagneau P, Surveillance of prosthetic joint infections: international overview and new insights for hospital databases, *Journal of Hospital Infection* (2013), doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.016.

2- Évaluation de l'outil PMSI pour la surveillance des IPOA [Article 2 – p° 99]

Grammatico-Guillon L, Baron S, Gaborit C, Rusch E, Astagneau P. Quality assessment of hospital discharge database for routine surveillance of hip and knee arthroplasty-related infections. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, in press

3- Surveillance des IPOA après première pose de prothèse de hanche ou de genou : cohorte rétrospective de 5 ans basée sur les données PMSI [Pré-Article 3 – p° 121]

Grammatico-Guillon L, Baron S, Gaborit C, Bernard L, Rusch E, Astagneau P. SSI occurrence after hip or knee replacement: a 5-year retrospective cohort study based on the French Hospital database.
(en cours de relecture par les coauteurs)

Publications complémentaires

1- Surveillance hospitalière des infections ostéo-articulaires en France : analyse des données médico-administratives, PMSI 2008 [Annexe 1, p°147]

Grammatico-Guillon L, Baron S, Gettner S, Lecuyer AI, Gaborit C, Rosset P, Rusch E, Bernard L. Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008: clinical and economic outcomes. J Hosp Infect. 2012 Sep;82(1):40-8. doi: 10.1016/j.jhin.2012.04.025. Epub 2012 Jun 26.

Ce travail a été présenté en communication orale (CO) et affiché (CA) aux congrès

- 2012: **L. Grammatico-Guillon**, S. Baron, A.I. Lecuyer, S. Gettner, L. Bernard, E. Rusch. « Epidémiologie et impact économique des infections ostéo-articulaires chez les adultes hospitalisés en France ». ADEL-EMOIS, Dijon France (CA)
- 2011 : **L. Grammatico-Guillon**, S. Baron, S. Gettner, A. Lecuyer, C. Gaborit, P. Rosset, E. Rusch, L. Bernard. « French Retrospective Study of 28,453 Adult Patients with Bone and Joint Infections in 2008 » ICAAC (Interscience conference on antibacterial agents and chemotherapy), Chicago USA (CO)

2- Enquête épidémiologique nationale des infections ostéo-articulaires pédiatriques, PMSI 2008[Annexe 2, p°156]

Grammatico-Guillon L, Maakaroun Vermesse Z, Baron S, Gettner S, Rusch E, Bernard L. Paediatric bone and joint infections are more common in boys and toddlers: a national epidemiology study. Acta Paediatr 2013;102:e120-5.

Ce travail a été présenté en communication orale (CO) et affiché (CA) aux congrès

- 2012 : **L. Grammatico-Guillon**, Z. Maakaroun Vermesse, S. Baron, S. Gettner, A.I. Lecuyer, E. Rusch, L. Bernard. « Epidémiologie des infections ostéo-articulaires de l'enfant en France : analyses des données médico-administratives ». Journées nationales d'infectiologie (JNI), Tours France (CA)
- 2011 : **L. Grammatico-Guillon**, Z. Maakaroun Vermesse, A.I. Lecuyer, S. Baron, S. Gettner, C. Bonnard, E. Rusch, L. Bernard. « Epidemiology of Pediatric Bone and Joint Infections in France: Analysis of 2008 National Hospital Discharge Data » ICAAC, Chicago USA (CA)

3- Lettre à l'éditeur, données épidémiologiques françaises sur les infections ostéo-articulaires [Annexe 3, p°162]

Grammatico-Guillon L, Baron S, Gaborit C, Rosset P, Rusch E, Bernard L. Letter in response to the article on bone and joint infection in the United States: French data. J Arthroplasty 2013;28:1055.

*« Le savant n'est pas l'homme qui
fournit les vraies réponses, c'est celui
qui pose les vraies questions. »*

Claude Lévi-Strauss, *Le Cru et le cuit*

Corps de Thèse

Intérêt et Limites du PMSI
dans la Surveillance des
Infections de Prothèses
Orthopédiques

I. INTRODUCTION

I-1 Infections nosocomiales et infections associées aux soins

I-1.1 Généralités

La définition actuelle admise d'une infection nosocomiale (IN) est une infection liée aux soins survenant lors de l'hospitalisation. Le mot nosocomial dérive du grec *nosokomeone*, qui signifie "hôpital". En France, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique en a donné une définition précise : *"Une infection est dite nosocomiale si elle était absente à l'admission à l'hôpital. Ce critère est applicable à toutes les infections. Lorsque la situation précise à l'admission n'est pas connue, un délai d'au moins 48 heures après l'admission (ou un délai supérieur à la période d'incubation lorsque celle-ci est connue) est communément accepté pour séparer une infection d'acquisition communautaire d'une infection nosocomiale. Toutefois, il est recommandé d'apprécier dans chaque cas douteux la plausibilité du lien causal entre hospitalisation et infection. Pour les infections de plaie opératoire, on accepte comme nosocomiales les infections survenues dans les 30 jours suivant l'intervention, ou - s'il y a mise en place d'une prothèse ou d'un implant - dans l'année qui suit l'intervention"* [1].

L'histoire des IN est ancienne et si nous voulons trouver un point de départ de l'intérêt du monde médical pour ce type d'infection, nous pouvons parler de Pasteur, et de sa description des « microbes » au début du XXème siècle. Mais avant lui, un étudiant en médecine hongrois, Semmelweis, au XIXème siècle avait fait un lien entre la prise en charge médicale et la survenue de certaines maladies au moment de l'accouchement. Le point de départ de l'hygiène hospitalière et de l'antisepsie est hérité de ce docteur hongrois en avance sur son temps [2]. Face à des épidémies de fièvres puerpérales dans les maternités de la capitale

autrichienne, Semmelweis décrit pour la première fois le rôle de la transmission manportée du "processus pathogène". Il constata que les femmes prises en charge par les élèves sages-femmes étaient moins souvent atteintes par la fièvre puerpérale que celles gérées par les étudiants en médecine qui examinaient les femmes en travail sans s'être lavés les mains, après avoir disséqué des cadavres. Semmelweis engagea un combat pour que les accoucheurs se lavent les mains avec une solution de chlorure de chaux avant d'examiner les patientes. Il eut immédiatement des résultats spectaculaires sur la mortalité ! Ce fut ensuite un véritable défi (plusieurs décennies avant la découverte des microorganismes par Pasteur) de faire accepter ce portage de pathogènes par les soignants ainsi responsables de la survenue de maladie chez leurs patients.

De nos jours, à travers le monde, la surveillance des IN et la mise en place des moyens d'une hygiène hospitalière efficace sont incontournables dans les établissements de santé (ES) pour prévenir ce type d'infections liées aux soins. En 2008, en effet, les IN sont intégrées dans les infections associées aux soins (IAS) par le *National Healthcare Safety Network* (NHSN) [3–5] : ensemble des infections contractées lors d'un soin, quel que soit le moment de la prise en charge. Une infection correspond à une IAS si elle survient au cours ou au décours d'une prise en charge (diagnostique, thérapeutique, palliative, préventive ou éducative) d'un patient, et si elle n'était ni présente, ni en incubation au début de la prise en charge [6]. Le terme "infection nosocomiale" a été conservé pour les infections contractées dans un établissement de santé.

À l'échelle mondiale, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime en 2008 que 1,4 million de personnes souffrent d'une infection contractée à l'hôpital [7,8]. Les IN représentent un problème de santé publique planétaire, en lien avec une augmentation de la démographie mondiale, des déficits immunitaires (âge, maladies primaires, traitements immunodépresseurs), de la résistance des bactéries aux antibiotiques, et du développement insuffisant des systèmes de santé dans les pays en développement. Selon des enquêtes européennes récentes, 5 à 10 % des patients hospitalisés ont une ou plusieurs infections acquises lors de l'hospitalisation (5 % en France en 2006), avec une morbi-mortalité significative (2,8 % des décès hospitaliers -soit 4 200 décès par an-), et des dépenses de santé conséquentes [9–14]. Au-delà de leur impact sur la morbi-mortalité, les IN altèrent la qualité de vie des patients avec un retentissement psychosocial et économique croissant [15]. En France, les enquêtes nationales de prévalence des IN et des traitements anti-infectieux (ENP) mesurent qu'un patient hospitalisé sur 20 est concerné par une IN [16–18]. La dernière ENP a

eu lieu en 2012, il s'agissait de la 5^{ème} enquête de ce type réalisée en France depuis 1990 (cf infra.). Cette surveillance basée sur des ENP quinquennales est dédiée aux grandes priorités du programme national et le signalement des IN. De 1990 à 2012, ces ENP ont permis de produire des estimations régulières de la fréquence des IN dans les hôpitaux français [16,17,19].

En France, en mai et juin 2012, 1 938 ES ont participé à l'ENP avec 300 330 patients inclus; 15 180 (5,1 %) avaient une ou plusieurs infections actives, 16 024 avaient une IN (5,3%) (Figure 1) et 49 857 (16,6 %) étaient traités par au moins un antibiotique [18].

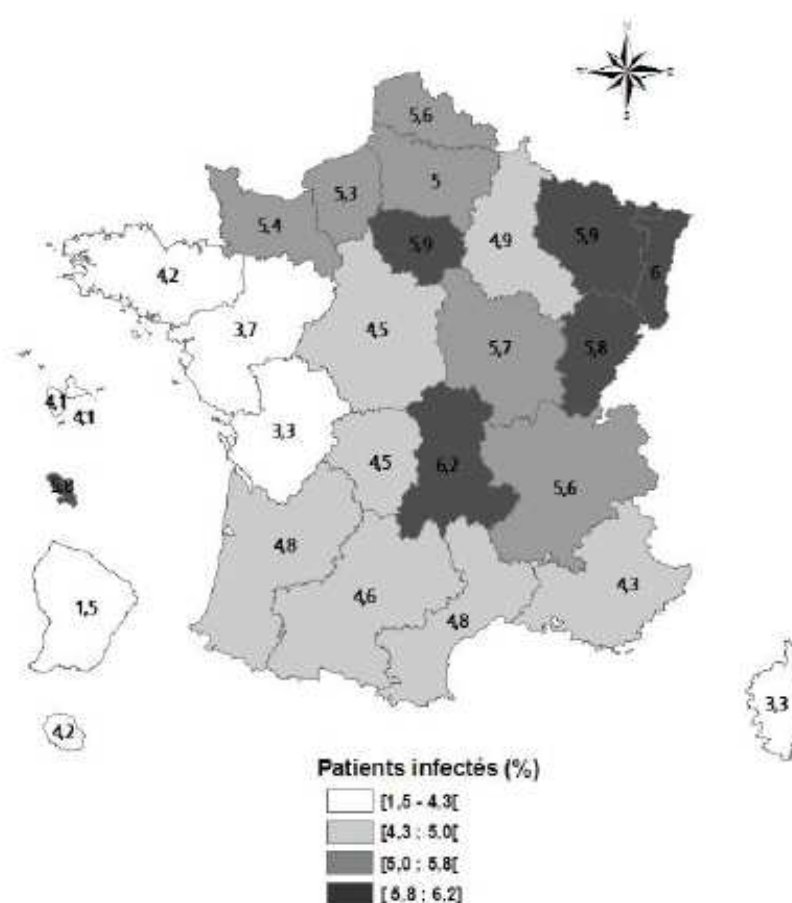


Figure 1 – Prévalence des patients infectés, par région française, ENP 2012¹

¹ Figure 1 : ENP 2012 – Chiffres clefs-30/04/2013-InVS/Raisin

Quatre sites infectieux représentaient plus de deux infections sur trois : infection urinaire, pneumonie, infection du site opératoire et bactériémie (Figure 2). Les trois micro-organismes les plus fréquents étaient *Escherichia coli* (17,6 % résistants aux céphalosporines de 3^{ème} génération, C3GR), *Staphylococcus aureus* (38,1 % résistants à la méticilline, SARM) et *Pseudomonas aeruginosa*.

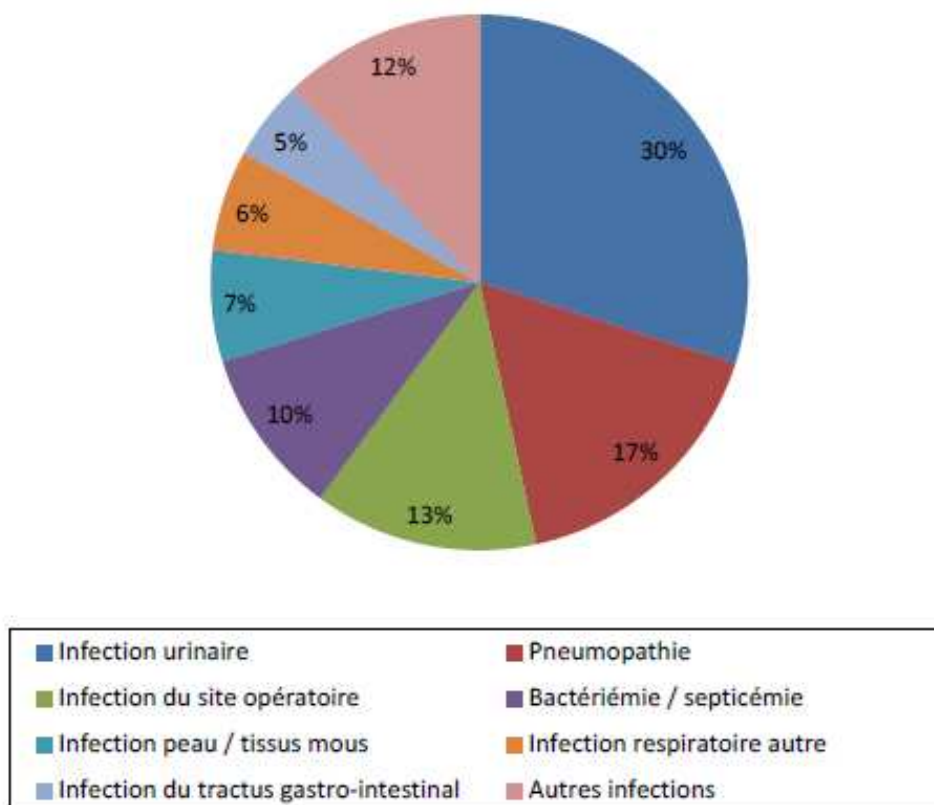


Figure 2 – Distribution des infections nosocomiales en France, par site infectieux, ENP 2012¹

La fréquence des IN, mesurée par les ENP en France, a globalement baissé de façon significative depuis 30 ans. Les cibles spécifiques des programmes, que sont les infections à SARM et les infections du site opératoire (ISO), ont été atteintes grâce à un système de surveillance s'appuyant sur des équipes opérationnelles d'hygiène insérées de façon efficace au cœur du dispositif de soins.

¹Figure 2 :ENP 2012 – Chiffres clefs-30/04/2013-InVS/Raisin

Dans le cadre de sa politique de lutte contre les infections nosocomiales (LIN), la France s'est dotée en 2001 d'un dispositif de signalement des IN réglementaire auquel doit participer tout établissement de santé (ES), public ou privé [20] et dont les principes sont rappelés dans le code de la Santé Publique (Encadré 1). La mise en place d'un tableau de bord des infections nosocomiales et d'un affichage public de la performance (*Benchmarking*), associés à des objectifs quantifiés, ont contribué à ces bons résultats [21].

Encadré 1- Principes du signalement¹

Encadré 1 Principes du signalement tels que figurant dans le Code de la santé publique

« Tout médecin, pharmacien, chirurgien-dentiste, sage-femme ou membre du personnel paramédical qui, dans l'exercice de ses missions au sein d'un des établissements mentionnés à l'article R. 6111-12, constate un ou plusieurs cas d'infections nosocomiales, en informe, d'une part, le praticien responsable du pôle d'activité dans lequel le ou les cas sont apparus dans les établissements publics autres que les hôpitaux locaux ou le médecin responsable du ou des patients dans les autres établissements de santé, les syndicats inter hospitaliers et les groupements de coopération sanitaire et, d'autre part, le praticien de l'équipe opérationnelle d'hygiène hospitalière mentionnée à l'article R. 6111-7. Le praticien de l'équipe opérationnelle d'hygiène hospitalière apprécie si le ou les cas dont il a été avisé correspondent aux critères de signalement énoncés à l'article R. 6111-13. Lorsque ce ou ces cas correspondent à l'un de ces critères, ce praticien, lorsqu'il n'est pas le professionnel de santé désigné à l'article R. 6111-15, informe ce dernier de la nécessité d'un signalement aux autorités sanitaires. » (Article R.6111-16).

Mais actuellement, 20 à 30 % des IN seraient évitables par la mise en œuvre en routine des mesures de prévention connues [15]. Les patients opérés ont 2 fois plus de risque d'acquérir une infection nosocomiale que les autres patients (que l'infection soit du site opératoire ou d'un autre site) [C-CLIN Paris Nord]. Parmi les indicateurs du tableau de bord des IN, les ISO constituent une cible spécifique pour la surveillance en France, pour le Réseau d'Alerte, d'Investigation et de Surveillance des Infections Nosocomiales (Raisin) et les équipes d'hygiène, reflet de la LIN et indicateur clé.

¹ Quélier et al. Facteurs de bonnes pratiques du signalement externe des infections nosocomiales : une enquête qualitative, France, 2009 BEH 15-16-17 / 26 avril 2011, p°198

I-1.2 Les infections du site opératoire (ISO)

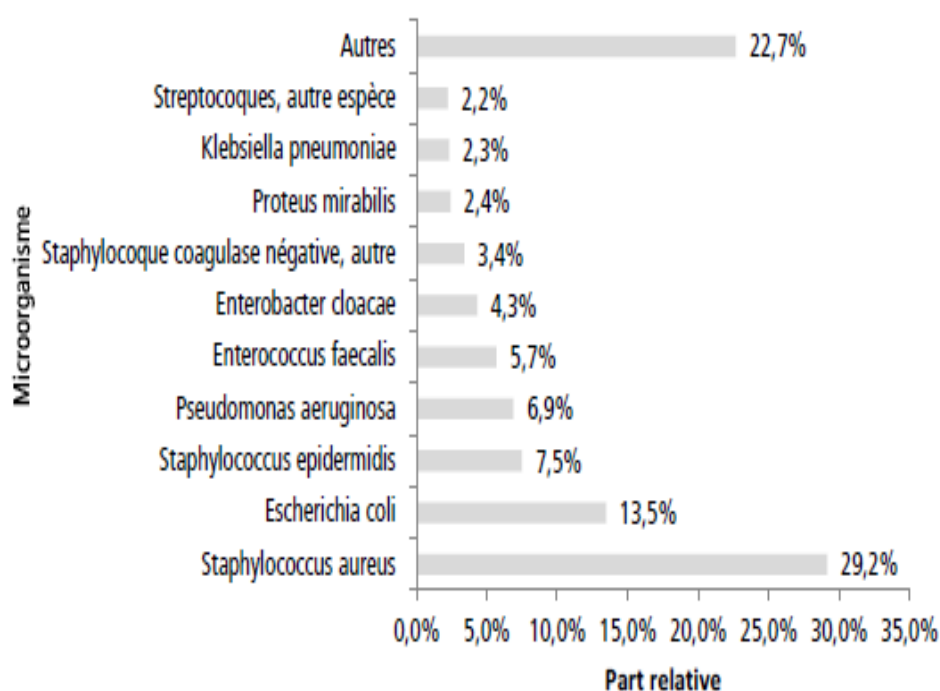
Une infection du site opératoire est une infection survenant dans les 30 jours suivant l'intervention, ou dans l'année s'il y a eu pose d'une prothèse (implant définitif tel que : valve cardiaque, prothèse articulaire, ...).

En France, environ sept millions d'interventions chirurgicales sont réalisées chaque année, pouvant potentiellement entraîner 140 000 à 200 000 ISO, selon les estimations d'incidence brutes des ISO = 2-3 % des opérés [13]. Ce taux d'ISO est confirmé par des résultats provenant de la base de données commune des cinq centres de coordination de la lutte contre les infections nosocomiales (C-CLIN). Ce taux est comparable dans de nombreux pays européens, et superposable aux estimations du *Center of disease control* (CDC) nord-américain, qui font référence depuis les années 90.

Les ISO représentent en France la 3^{ème} cause d'IN (environ 10 % des IN) derrière les bactériémies et les infections urinaires (Figures 2 et 3). Les ISO peuvent allonger la durée du séjour hospitalier, retarder la reprise de l'activité professionnelle, entraîner des séquelles transitoires ou permanentes, un préjudice moral ou financier, voire le décès du patient. La réduction des ISO est un des objectifs prioritaires du programme national de lutte contre les IN, avec organisation d'un système de surveillance à l'échelle des ES et mise en place de mesures préventives [15]. L'ISO représente probablement l'indicateur de résultats le plus attendu par les autorités sanitaires et les usagers, pour la sécurité et la qualité des soins associées aux risques infectieux [17,20]. Le réseau de surveillance des ISO créé en France (ISO-Raisin, cf. après) a permis de collecter de 1999 à 2004 les données concernant 620 176 procédures chirurgicales. Durant cette période, une baisse significative de l'incidence des ISO de 1 % à 0,5 % ($p=0,05$) a été mise en évidence pour les opérés à faible risque (index de risque = 0, âge < à 60 ans, acte programmé, séjour préopératoire < 24 heures) [C-CLIN Sud Est].

Les microorganismes les plus fréquemment retrouvés par ISO-Raisin étaient les mêmes que l'ensemble des IN : *Staphylococcus aureus* (31%), *Pseudomonas aeruginosa* (14%) et *Escherichia coli* (8%) [18,22] (Figure 3). Une part importante des *S. aureus* étaient résistants à la méticiline (30 % des souches) et une large proportion des microorganismes isolés était des

cocci gram positifs (*S. aureus* mais aussi *Staphylococcus epidermidis* et) *Staphylococci* à coagulase négative).



Note : 453 (20,9%) des 2 169 infections du site opératoire sans micro-organisme identifié

Figure 3 - Distribution des principaux micro-organismes isolées (N=2 161) des infections du site opératoire documentées au plan microbiologique (N=1 716). ENP, 2012¹

Parmi les ISO, les infections sur prothèse ostéo-articulaire (IPOA) représentent un défi majeur pour la communauté médicale. En effet, face au vieillissement de la population, une augmentation des poses de prothèses articulaires (chirurgie très courante) est constatée parmi les opérations réalisées en routine quotidienne [23,24]; 290 000 nouvelles prothèses de hanche (PTH) et de genou (PTG) sont ainsi posées chaque année en France [13]. Ces poses sont réalisées chez des personnes de plus en plus âgées au terrain fragile, entraînant potentiellement un risque d'ISO plus grand et une surveillance nécessairement d'autant plus importante [12,21,25,26].

¹ Rapport ENP 2012 -InVS

I-1.3 Les infections de prothèse ostéo-articulaire

Les IPOA, peu fréquentes [27], mais pourvoyeuses de complications sévères [13,28,29], représentent un des plus fréquents mécanismes d'échec des poses de prothèse, avec des conséquences lourdes en termes de morbidité, handicap, réhospitalisation, augmentation des durées d'hospitalisation et des coûts [9,30–35]. L'IPOA de hanche ou genou est un des indicateurs clé de la surveillance ISO, requérant d'avoir une définition précise pour comparer les tendances évolutives en termes d'incidence et d'impact des surveillances mises en œuvre [13,36–38]. Une classification issue d'une recommandation commune internationale ou nationale n'a pas encore été établie pour l'ISO orthopédique, mais plusieurs experts en infections ostéo-articulaires (IOA) ont fourni des définitions de l'IOA et de l'IPOA, acceptées au niveau international [11,12,39–42].

Les microorganismes des IPOA les plus fréquemment retrouvés dans les ENP sont similaires à ceux des études internationales : large prédominance de *S. aureus* (31%) avec environ 30% des cas, parmi lesquels 20 à 30% sont des SARM, *P. aeruginosa* (14%) et *E. coli* (8%) [9,12,18,22,43]. Les cocci gram positifs sont les plus fréquents : *Staphylococci* coagulase négative (*S. epidermidis* 11%)[44]. Suivent *E. coli* et les autres bacilles gram négatifs, comme pour les autres ISO. Une étude sur les IOA à partir des bases médico-administratives retrouvait *S. aureus* et les *Staphylococci* à coagulase négative majoritairement codés, respectivement 43 % et 28 % des cas [9].

Cette analyse épidémiologique des IOA en France a été réalisée en étude préliminaire à cette thèse afin d'évaluer l'impact médical et économique des infections articulaires en France à partir des bases médico-administratives hospitalières (PMSI : programme de médicalisation des systèmes d'information). Une comparaison épidémiologique des IOA natives versus sur matériel prothétique a été menée [Annexe 1]. Cette enquête représente l'une des plus importantes études françaises exhaustives sur les IOA. Elle a permis de confirmer leur poids médico-économique : 0,2 % des séjours, 1 % des journées et 0,5 % de la mortalité hospitalière. L'impact économique était associé à une morbidité importante avec des hospitalisations longues aux soins complexes. Les IPOA avaient un coût financier plus important que les infections natives avec des durées moyennes de séjour plus longues et une prise en charge chirurgicale plus fréquente. Peu d'études ont estimé l'incidence globale des IOA : les taux estimés sont limités à des enquêtes focalisées sur quelques hôpitaux d'un pays

ou d'une région [14,45]. Nous avons évalué le poids des IOA de l'adulte [Annexe 1] et celui de l'enfant en France [Annexe 2]. Une comparaison avec les résultats d'une enquête américaine a été rédigée sous forme de lettre à la rédaction [Annexe 3].

Ces travaux préliminaires de portée plus générale ont été portés en publications complémentaires de ce travail [Publications complémentaires – Annexes 1 à 3]. Ces travaux ont conforté la poursuite de notre projet d'évaluation de la performance d'un indicateur IPOA construit à partir des bases médico-administratives des résumés des séjours d'hospitalisation, comme outil complémentaire de surveillance des ISO.

I-2 Les systèmes de surveillance des infections nosocomiales

I-2.1 Surveillance des infections nosocomiales

L'impact positif de la surveillance dans la prévention des IN a été démontré, suite à l'expérience du *National Nosocomial Infection Surveillance System* (NNIS) du CDC aux États-Unis notamment ou le courant anglo-saxon du *new public management* [46,47]. L'objectif principal de ce type de réseau est de proposer des méthodes standardisées de mesure des IN aux hôpitaux volontaires pour la collecte des données. Cela permet d'estimer des taux d'IN standardisés et de faire des comparaisons ajustées de taux mesurés localement, utilisées comme reflet de la performance. Des indicateurs de qualité des soins des ES sont ainsi rendus publics par plusieurs pays, notamment les États-Unis, la Grande Bretagne et la Belgique [3,47–49], soulevant la question de la comparabilité entre pays de ces indicateurs, et du choix des protocoles.

La France a créé, dans les années 1990, son réseau national de surveillance des IN, le Raisin. Le Raisin coordonne, avec l'InVS et en étroite coordination avec la Direction Générale de la Santé et la DGOS (Direction Générale De l'Offre de Soins), la politique de LIN, en interaction avec les structures régionales et les professionnels de santé. Ces réseaux ne couvrent toutefois qu'une partie des ES (volontaires) et des infections nosocomiales (celles jugées prioritaires). Depuis 2003, le Ministère de la Santé avec le Raisin a mis en place un tableau de bord (TdeB) pour la lutte contre les IN en ciblant des indicateurs dits de moyen (résultats disponibles sur <http://www.invs.sante.fr/raisin>) [17,18,22], décrivant essentiellement des processus, sans mesure directe du risque d'infections associées aux soins chez les patients. Ces indicateurs du TdeB sont, pour certains, à diffusion publique mais difficilement interprétables en l'état par les usagers. La Loi du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé renforce la participation des usagers dans les ES, notamment dans la LIN [50], pour plus de transparence en s'appuyant notamment sur la diffusion des indicateurs évaluant le système de soins. Cette démarche de TdeB traduit une volonté de transparence des pouvoirs publics vis-à-vis des usagers du système de soins. Au sein des Comités de Lutte contre les Infections Nosocomiales (CLIN), par exemple, la participation à titre consultatif d'un représentant des usagers est recommandée au moins à la séance concernant le bilan de l'année écoulée et la présentation du programme d'actions.

En écho à cette réglementation autour du rôle des usagers, le Ministère en charge de la Santé, à l'initiative du Comité technique des infections nosocomiales et des infections liées aux soins (CTINILS), a constitué un groupe de travail pour élaborer un document de réponse aux questions formulées par les usagers sur les IN, face à la vigilance ou à la pression croissante des représentants de patients sur ce sujet, et face aux conséquences médico-légales professionnelles. Un questionnaire a été élaboré pour identifier les demandes d'informations les plus fréquemment formulées par le grand public sur les IN. Parallèlement, le questionnaire a été envoyé à une centaine d'adhérents de l'association Le Lien (association de défense des patients et des usagers de la santé dont la mission principale est d'informer et de défendre les victimes d'accidents médicaux, notamment pour promouvoir la sécurité des soins et la qualité de la prise en charge [51]). L'information et l'intégration des usagers dans la lutte contre les infections nosocomiales veulent permettre une médiation entre les professionnels et les patients. Depuis le 5 septembre 2001, si un patient estime avoir été victime d'une infection nosocomiale et souhaite obtenir l'indemnisation des dommages consécutifs à cet accident médical, un recours à l'ONIAM (Office National d'Indemnisation des Accidents Médicaux, des Affections Iatrogènes et des Infections Nosocomiales : établissement public administratif placé sous tutelle du Ministère chargé de la Santé) est possible, en cas d'accident non fautif ou d'infection nosocomiale.

Les indicateurs de qualité des soins ont été développés en France pour s'intégrer dans la politique globale de prévention des IN et de maîtrise de la résistance aux antibiotiques. Ils sont d'ailleurs pris en compte dans les référentiels de certification des ES [18,22,52]. Comme défini par *Astagneau et Ancelle*, un indicateur correspond à un outil de lecture agrégée de données, conduisant à exprimer un ratio ou un taux [47]. La question la plus complexe est en est son champ d'application : indicateurs de qualité, sécurité, efficience ou performance ? Les premiers indicateurs du TdB des infections nosocomiales publiés en France correspondent à des indicateurs dits de processus. Le choix d'un indicateur de qualité des soins doit tenir compte des priorités des ES et de critères scientifiques, notamment la *validité métrologique*, c'est-à-dire la mesure non biaisée du phénomène surveillé par l'indicateur (paramètre de performance mesurés = sensibilité Se, spécificité Sp, valeurs prédictives, reproductibilité)[47,53]. D'autres critères peuvent être pertinents et prioritaires : *faisabilité* ou encore *pouvoir discriminant*.

La surveillance nationale des IN repose sur ce type d'indicateurs de qualité des soins. Cette démarche qualité s'inscrit dans une perspective de résultats qui fait l'hypothèse que les ES ayant les moins bons scores en comparaison des autres investiront dans la meilleure qualité des soins (*Benchmarking*). Ces indicateurs permettent le suivi des ES dans le temps et leur comparaison. Ceci incite tous les établissements à mesurer leurs indicateurs et suivre, en transparence vis-à-vis des usagers, leurs actions de LIN [49,54]. En effet, il est admis que la surveillance par des indicateurs de qualité des soins permet, par la comparaison des pratiques, une amélioration des soins [15,20,54–56]. La définition de la démarche qualité par l'OMS est la suivante : « *La qualité est une démarche qui doit permettre de garantir à chaque patient l'assortiment d'actes diagnostiques et thérapeutiques qui lui assurera le meilleur résultat en terme de santé, conformément à l'état actuel de la science médicale, au meilleur coût pour un même résultat, au moindre risque iatrogène et pour sa plus grande satisfaction en terme de procédures, de résultats et de contacts humains à l'intérieur du système de soins* » (OMS, 1982).

Depuis le 1er janvier 2011, les établissements de santé français doivent ainsi, de façon réglementaire [57], mettre à disposition des pouvoirs publics et des usagers, les résultats annuels des indicateurs du TdB des IN. La publication, en 2005, du premier indicateur ICALIN (Indicateur Composite des Activités de Lutte contre les Infections Nosocomiales), issu des rapports d'activité des CLIN, a marqué le début de l'affichage public [58]. L'ICALIN objective l'organisation de la lutte contre les infections nosocomiales dans l'établissement, les moyens qu'il a mobilisés et les actions qu'il a mises en œuvre. L'ICALIN est un indicateur composite dans lequel on retrouve l'ICA-LISO (Tableau I). Le second indicateur de moyen était l'Indicateur de Consommation des Solutions Hydro-Alcooliques (ICSHA), publié l'année suivante.

Tableau I –Résultats nationaux du tableau de bord des infections nosocomiales.
ICA-LISO¹

Résultats nationaux 2011					
Tableau de bord des infections nosocomiales					
ICA-LISO					
L'indicateur composite de lutte contre les infections du site opératoire est calculé sur 100.					
	A	B	C	D	E
Nombre d'établissements	530	169	118	103	69
Pourcentage	53,6%	17,1%	11,9%	10,4%	7,0%

Total établissements répondants* concernés
989

* 1 établissement non répondant (classe F) pour cet indicateur

Dès la 1^{ère} année de diffusion publique, pour ICA-LISO, 70,7 % des établissements de santé ayant une activité de chirurgie, ou d'obstétrique sont en classe A ou B (meilleures classes de résultats). Ces résultats reflètent l'investissement important des établissements de santé ayant une activité de chirurgie, ou d'obstétrique dans la nécessité de s'organiser, de se donner les moyens et de mettre en œuvre des actions de prévention et d'évaluation du risque infectieux en chirurgie.

Le signalement réglementaire des IN, spécificité française, montre aussi, via plusieurs épisodes épidémiques, sa grande utilité dans la détection, la gestion et le contrôle des IN avec une baisse de leur prévalence encourageante (notamment les infections à SARM), suggérant un impact positif des programmes de lutte contre les bactéries multirésistantes (BMR) [16,17].

Cependant, sur le terrain, le signalement ne va pas nécessairement de soi pour les professionnels de santé. Ces systèmes incluent plusieurs faiblesses en termes de collection des données, des équipes de professionnels de terrain devant être volontaires pour l'identification des cas, volontariat variant selon la charge de travail, notamment pour le suivi post hospitalisation, non couramment intégré dans les systèmes de surveillance [13,59–61]. Afin d'améliorer la déclaration des IN, une enquête sociologique a été menée par Quélier *et al* suggère des pistes d'amélioration en termes de lisibilité, de clarté des objectifs et du signalement, et de prise en compte des conditions de travail auxquelles font face les professionnels de santé [15]. Les promoteurs des réseaux de surveillance et d'alerte doivent donc être attentifs aux bénéfices que ces réseaux de surveillance peuvent apporter aux ES. La

¹ http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_national_Tableau_de_Bord_Infections_Nosocomiales_2012.pdf

surveillance a pour première priorité des objectifs de santé publique et doit avant tout y être utile [62]. Surveillance, contrôle et prévention sont les maillons d'une même chaîne, et il importe d'optimiser les interfaces entre ces différents maillons [15,63].

I-2.2 Surveillance des infections du site opératoire

La mesure du taux d'IN chez les patients opérés est une nécessité pour maîtriser le risque infectieux postopératoire [46]. L'indicateur de mesure des ISO s'intègre typiquement dans une démarche qualité en santé, puisque des mesures de prévention existent [63,64]. Une réduction de 14 % du taux d'ISO a été observée après la mise en place d'une politique de LIN dans les hôpitaux participant à ces programmes à travers le monde (*SENIC project* est l'exemple américain précepte)[13,30,52,61]. Cet indicateur ISO-Raisin inclut les composantes d'un index de risque, un suivi à 30 jours après l'acte et des définitions standardisées des ISO. En France, cette démarche de surveillance des ISO est inscrite depuis 1992 dans les propositions du programme minimum de surveillance défini par le Comité Technique National des IN (CTIN) (Figure 4).

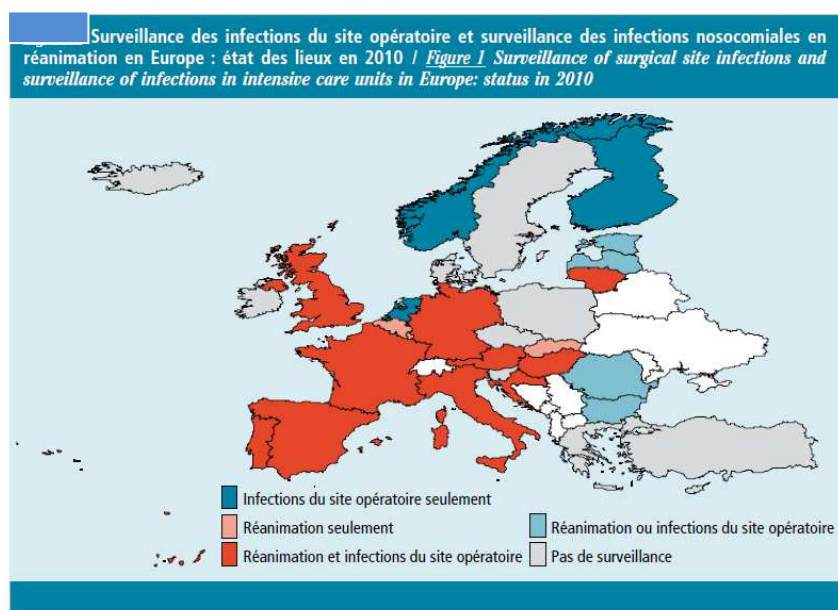


Figure 4 – Surveillance des infections du site opératoire en Europe, et surveillance de réanimation¹

¹ BEH 2007 ; (51-52) :432-437

Depuis 1993, le Raisin a défini une méthode nationale standardisée de surveillance commune des ISO (ISO-Raisin : taux d'incidence des ISO pour 100 actes, pour des interventions ciblées à faible risque d'infection), permettant des comparaisons temporelles et inter-services au sein des ES. Une base nationale a ainsi pu être constituée avec les données issues des cinq C-Clin. L'analyse des données françaises montre comme aux USA la réduction des taux d'ISO après la mise en place d'une politique de LIN (38% globalement et 33% pour les interventions à faible risque infectieux entre 1999 et 2006)[13,30,31,33].

Basée sur des protocoles *NNIS-like* (*National Nosocomial Infection Surveillance*)[65], la surveillance des ISO est lourde, basée sur des réseaux volontaires locaux ayant peu de temps dédié [59,61,66]. De plus, les systèmes de surveillance existants sous-estiment le vrai taux d'ISO du fait des données manquantes [59,60,67,68], notamment dans les interventions chirurgicales à faible taux d'incidence d'ISO, comme les arthroplasties. L'indicateur ISO-Raisin montre des difficultés pour l'exhaustivité de l'analyse, le recueil des données à 30 jours après la sortie du patient, et le problème des faibles effectifs d'actes et a fortiori d'ISO par acte [69]. Par construction, on se heurte à cette difficulté d'analyse statistique de faibles effectifs (taux d'ISO < 1 % pour un acte surveillé, le résultat obtenu par un ES donné peut changer complètement seulement par le passage de 0 à 1 événement d'une année sur l'autre). L'indicateur ISO-Raisin ne comptabilise ainsi que le taux d'ISO pour les interventions à risque d'ISO afin d'éviter des redressements complexes dans les calculs (faible prévalence).

Les outils d'informatisation issus du système d'information hospitalier (SIH) pourraient permettre de compléter et enrichir les bases des réseaux de surveillance existants. Notamment, la base de données du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) pourrait représenter une source de données pour la surveillance des IN en milieu hospitalier, notamment en apportant ses capacités de « dédoublonnage » régional et national grâce au chaînage et d'estimer des densités d'incidence dans des établissements non participants à la surveillance, comme l'a montré une étude française sur le SARM en 2013 [70].

L'utilisation du SIH avec construction d'un outil informatisé, notamment à partir des données médico-administratives, pourrait être intéressante pour la construction d'outils de surveillance coût efficace, à l'heure de l'informatisation indispensable des ES, dans le contexte économique défavorable.

I-3 Le système d'information hospitalier (SIH)

I-3.1 Généralités

Le Système d'Information Hospitalier (SIH) est un système d'information appliqué au domaine de la santé. Il correspond à l'ensemble des informations utilisées dans un établissement de soins hospitaliers, quel qu'il soit (public ou privé, universitaire ou local). L'hôpital génère et détient des informations complexes, lourdes à gérer et coûteuses à exploiter. À l'heure actuelle, le SIH est indispensable à toute structure de soins. Il correspond à la façon dont l'établissement de soins reçoit, traite et stocke l'ensemble des informations nécessaires à la réalisation et à l'analyse de son activité. Les informations contenues sont variées, de la gestion des plannings à la facturation en passant par les relevés d'activités médicales et le dossier patient informatisé. Le but du SIH est d'obtenir la meilleure qualité des soins et la meilleure performance médico-économique des ES. Il offre les avantages d'une diminution du temps de collecte et de classement de l'information par l'utilisation d'un support autre que le support papier. La tendance actuelle est l'ouverture vers l'ambulatoire : dossier médical personnel et télémedecine. Le SIH est conçu pour faciliter l'intégration en temps réel des informations entre l'opérationnel et le décisionnel. La DGOS développe depuis 2012 un nouveau plan stratégique pour favoriser la modernisation des systèmes d'information des hôpitaux. Ce plan est appelé "stratégie hôpital numérique" [71].

L'Observatoire des systèmes d'information en santé (oSIS, version 2 mise en place en 2012 par la DGOS pour l'analyse de la qualité et de l'évolution des informations issues du SIH [72]) réalise un suivi des 112 activités qui sont ou pourraient être informatisées dans les ES : informatisation du dossier patient est achevée dans plus de 75% des établissements renseignant l'oSIS alors que l'informatisation de la prescription du médicament reste plus contrasté avec un projet d'informatisation en cours pour environ 30% des ES [73]. Pour les autres fonctions de la production de soins (dossier de spécialités, prescriptions autres que le médicament, etc.), l'informatisation est entamée mais avec des variations importantes entre les établissements.

Au-delà des finalités budgétaires, l'exploitation des données de l'information médicale est croissante pour la surveillance épidémiologique des maladies [62,63,74–79]. Dans plusieurs travaux publiés, notamment en France, l'utilisation du SIH comme outil épidémiologique se

développe. L'exemple de l'identification par analyse textuelle (*text-mining*) d'une base de courriers médicaux est présentée comme rapide, fiable et peu coûteuse pour les travaux épidémiologiques, notamment pour la surveillance des IN [76]. Cela permet la détection d'infections survenues après la sortie de l'hôpital mais également les infections documentées sur des critères cliniques et non microbiologiques. Ces résultats suggèrent que l'exploitation d'une base de courriers médicaux peut constituer une méthode intéressante, sur le plan de l'investissement informatique, tout en réduisant la charge de travail dédiée à la surveillance des ISO [76]. Ces travaux préliminaires incitent à développer la recherche dans le domaine de l'analyse en *text-mining* [76,80] (Tableau II). De la même manière, le PMSI, bases de codage des résumés de sortie utilisées pour la tarification à l'activité (T2A), est aussi de plus en plus utilisée pour la surveillance épidémiologique [9,15,70,79–81].

Cependant, la performance d'un système d'information dépend de multiples facteurs. Un de ceux-ci est le facteur humain. Celui-ci va percevoir plus ou moins les enjeux d'une mise en commun d'informations adaptées à la demande de soins de la population dans un contexte économique tournée dorénavant vers l'efficacité. Nous y reviendrons plus avant, notamment dans la discussion (Chapitre V, p°68).

Tableau II – Nombre d’infections du site opératoire selon différentes méthodes et calcul des paramètres de fiabilité de chacune des méthodes¹

Nombre d’infections du site opératoire (ISO) détectées selon les différentes méthodes à partir d’un échantillon de 300 Interventions chirurgicales réalisées au Centre hospitalier de Cornouaille, France, 2010 / <i>Table 1 Number of surgical site infections (SSI) detected by the different methods, based on a sample of 300 surgical interventions at the Quimper-Cornouaille hospital in 2010, France</i>			
	ISO Appendicectomie	ISO Césarienne	ISO Prothèse totale de hanche
Détection microbiologique	0/100	0/100	1/100
Détection IDE hygiène/services	0/100	0/100	1/100
Détection dans courriers	1/100	3/100	1/100
Signalement interne	0/100	2/100	0/100
Revue de dossiers par un expert	2/100	3/100	1/100

Sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et négative des méthodes de détection des Infections du site opératoire (ISO) à partir d’un échantillon de 300 Interventions chirurgicales réalisées au Centre hospitalier de Cornouaille, France, 2010 / <i>Table 2 Sensitivity, specificity, positive and negative predictive value of surgical site infection (SSI) detection methods, based on a sample of 300 surgical interventions at the Quimper-Cornouaille hospital in 2010, France</i>				
Mode de détection	Sensibilité % [IC95%] Interventions avec ISO=6	Spécificité % [IC95%] Interventions sans ISO=294	Valeur prédictive positive (N=défectés positifs)	Valeur prédictive négative (N=défectés négatifs)
Détection microbiologique	17 [0-46]	98 [97-100]	17 (1)	98 (289)
Détection IDE hygiène/services	17 [0-46]	99 [98-100]	33 (1)	98 (292)
Signalement interne	33 [0-71]	100 [100-100]	100 (2)	99 (294)
Détection dans courriers	83 [54-100]	99 [98-100]	62,5 (5)	100 (291)

IC95% : intervalle de confiance à 95%.

I-3.2 Les bases de données issues du SIH

Le SIH représente une approche globale des données des patients et des établissements de santé. Il permet d’avoir accès à de nombreuses bases de données (dossier patient, médicaments, guide de prescriptions, guide d'interprétation, microbiologie...) [76–78]. Leur exploitation est actuellement reconnue dans le domaine de la recherche clinique, notamment en épidémiologie clinique [40,79,82,83].

¹ Rolland-Jacob et al. Apport du système d’information hospitalier dans la surveillance des infections du site opératoire. BEH (2011) ; 15-17 :188-90

De nombreux travaux de recherche basés sur les bases de données issues du SIH ont vu le jour au cours des dernières années. A partir de l'exploitation des dossiers médicaux informatisés par exemple, la constitution de bases de données médicales structurées et statistiquement exploitables est possible avec des données utiles à l'évaluation des pratiques professionnelles (EPP) et à la recherche clinique [77,80]. La recherche par mot clé au sein des bases de texte informatisées (fiche de réunion de concertation pluridisciplinaire, dossier patient, registre ...) va permettre de réutiliser efficacement les documents cliniques pour la recherche de cas dans un but épidémiologique : méthode de « *datamining* » ou « *full text retrieval system* » [62,63,76,77,84–86]. De même, l'utilisation des bases de pharmacovigilance ou de signalement d'événements indésirables vont pouvoir être exploitées, notamment pour le traitement des événements rares. Ces outils d'informatisation peuvent participer à la surveillance des infections nosocomiales à partir du SIH, à l'heure de l'informatisation indispensable des hôpitaux. Du fait de la T2A, les ES sont obligatoirement dotés du PMSI. Les données médico-administratives du PMSI constituent en France une base de données pérenne exhaustive, facilement exploitable pour la surveillance épidémiologique au niveau local et national [9,45,78–80,87].

I-3.2 Le Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI)

En France, chaque séjour hospitalier, en établissement de santé public ou privé, doit être enregistré au sein du PMSI. Il s'agit d'un système de mesure de la production hospitalière française, mis en place dans le milieu des années 80, et généralisé à l'ensemble des ES depuis 1997. En effet, depuis la Loi n°91-748 du 31 juillet 1991 portant sur la réforme hospitalière, les ES publics et privés doivent procéder à l'analyse de leur activité médicale et transmettre aux services de l'État et à l'Assurance Maladie « les informations relatives à leurs moyens de fonctionnement et à leur activité » [articles L. 6113-7 et L. 6113-8 du Code de la Santé Publique]. À cette fin, ils doivent « mettre en œuvre des systèmes d'information qui tiennent compte notamment des pathologies et des modes de prise en charge » : c'est la définition même du PMSI.

Le PMSI génère une base nationale de données, permanente et médicalisée. Chaque séjour hospitalier en médecine, chirurgie ou obstétrique (MCO) fait l'objet d'un Résumé de Sortie Standardisé (RSS), constitué d'un ou plusieurs Résumé(s) d'Unité Médicale (RUM). Les

informations contenues dans le RSS sont d'ordre administratif et médical. La 10^{ème} révision de la Classification Internationale des Maladies (CIM-10) est utilisée depuis 1996 pour le codage des diagnostics. La classification commune des actes médicaux (CCAM) est utilisée pour le codage des actes depuis 2002, et a été généralisée en 2005 [88]. Les données collectées font ensuite l'objet d'un classement en un nombre volontairement limité de groupes de séjours présentant une similitude médicale et un coût voisin = le Groupe Homogène de Malades (GHM). Le GHM a une double homogénéité en termes de caractéristiques médicales et de durée de séjour (fortement corrélée au coût du séjour). On obtient ainsi un classement exhaustif et unique de tous les séjours hospitaliers (Figure 5)[75]. Depuis 2001, une procédure de chaînage des résumés de séjour a été mise en œuvre, un numéro d'anonymisation unique patient (ANO) permet de relier les séjours d'un même patient, sans avoir à découvrir son identité. Le principe du chaînage anonyme consiste en la création d'un numéro anonyme commun à toutes les hospitalisations d'un même patient, quel que soit le secteur d'hospitalisation : public ou privé, MCO, soins de suite ou de réadaptation (SSR) ou psychiatrie.

Ces données médico-économiques sont transmises à l'Agence Régionale de l'Hospitalisation (ARS) puis à l'Agence Technique de l'Information Hospitalière (ATIH) sous forme de données anonymisées, ou Résumé de sortie Anonyme (RSA) (Figure 5). Il est donc impossible de revenir au patient à partir de la base régionale ou nationale, ce qui assure la confidentialité et le secret médical [89].

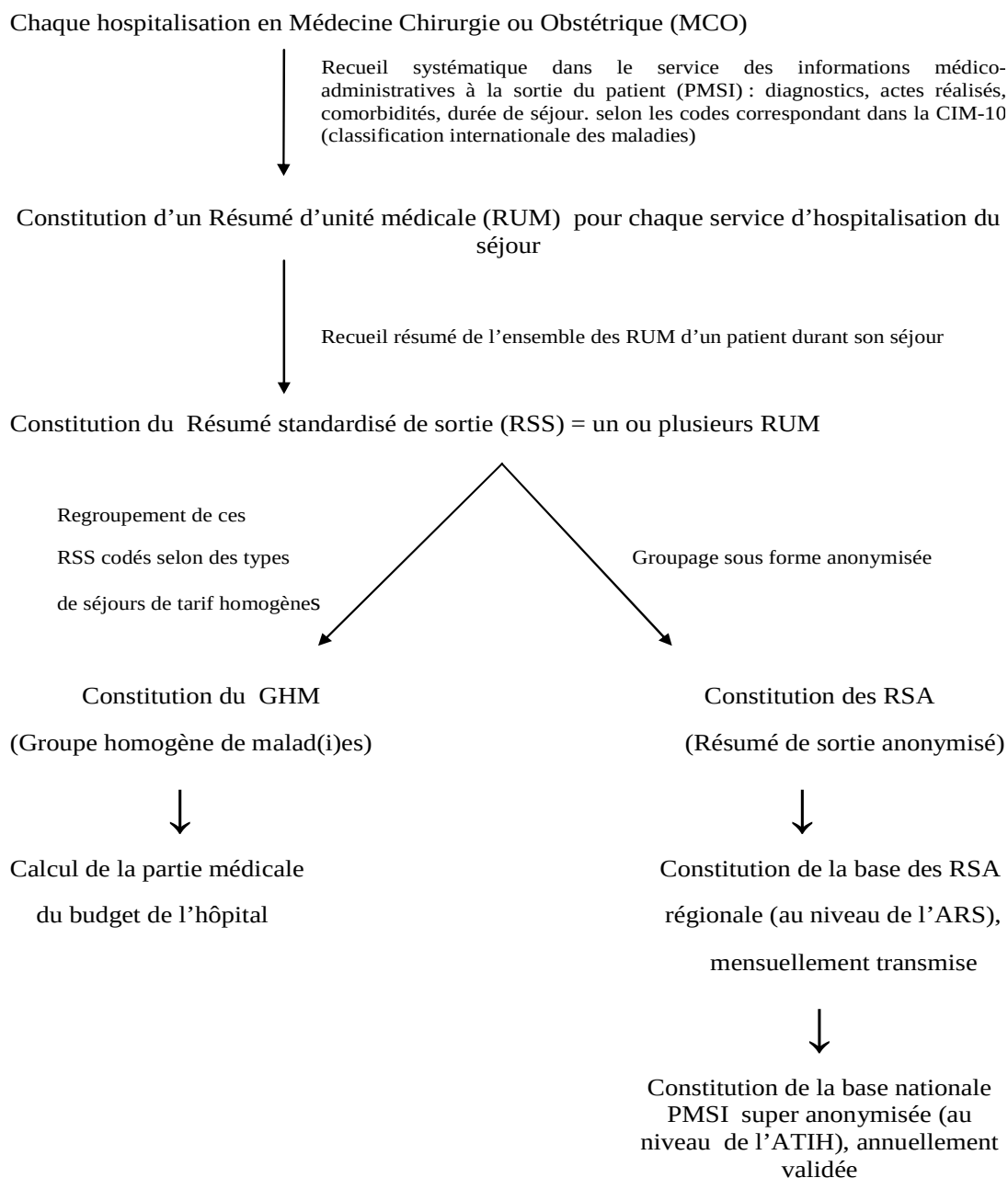


Figure 5 – Constitution de la base de données issue des informations médico-administratives pour toute hospitalisation en France

ARS : Agence régionale de santé ; ATIH : agence technique de l'information sur l'hospitalisation

La médicalisation de l'information hospitalière ne doit cependant pas se réduire à des objectifs uniquement économiques. Des objectifs médicaux sont à envisager, ils concernent une gestion optimisée des dossiers médicaux et soignants, une aide à la recherche clinique et à l'optimisation des stratégies de diagnostics et de soins, une promotion de la recherche

épidémiologique, une évaluation de la qualité des soins et de l'activité médicale (Figure 6). Le PMSI doit donc être considéré comme un outil médico-économique, les objectifs économiques et médicaux étant intimement liés.

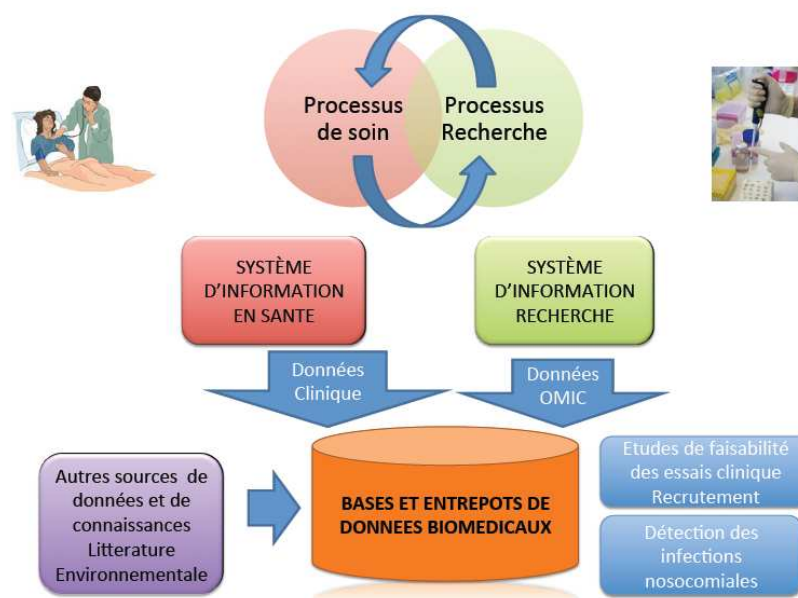


Figure 6– Interactions des systèmes d'information hospitaliers et de la recherche épidémiologique (diapo M. Cuggia – CHU de Rennes)

Grâce au numéro d'anonymisation ANO, la trajectoire de chaque patient peut être reconstituée. Il est en effet possible de passer de la base des séjours à la base des patients. Ces bases PMSI représentent un patrimoine indiscutable en France et peuvent présenter une solution face aux difficultés actuelles de mener des études épidémiologiques robustes, malgré des difficultés inhérentes au fait qu'elles sont construites pour la mesure de la production hospitalière française [90]. Le PMSI constitue une base de données médico-administratives permanentes, pouvant être utilisées comme outil épidémiologique et d'évaluation, notamment pour les IOA pour lesquelles l'outil a déjà fait ses preuves [9,81,91,92]. De plus, utiliser le PMSI pourrait aider à surveiller et estimer les facteurs de risque d'ISO après chirurgie, sur le moyen ou long terme, et d'évaluer les coûts directs liés aux séjours hospitaliers facturés à l'Assurance Maladie [9,92].

La détection des ISO, basée sur une combinaison de systèmes différents de surveillance avec des données extraites du SIH pourrait représenter une solution pour diminuer les données

manquantes ainsi que la charge de travail des professionnels et le défaut de sensibilité des définitions de cas utilisées [76,85,93]. Ces outils d'informatisation de la surveillance des infections nosocomiales à partir du SIH, notamment les données médico-administratives, pourraient être généralisables aux ES, obligatoirement dotés du PMSI à l'heure de l'informatisation indispensable des hôpitaux.

II. Problématique et objectifs

II-1 Problématique

La surveillance joue un rôle essentiel dans la réduction des ISO dans les programmes de contrôle des IN bien construits [37]. Depuis les années 90, aux USA et en Europe, différentes stratégies de surveillance ont été développées pour améliorer la connaissance des IN et guider les efforts de prévention. L’affichage public de ces données est pratiqué par certains réseaux, affichage comparatif entre les hôpitaux (*Benchmarking*), favorisant l'amélioration et le renforcement de la sécurité des patients [49,54,94,95]. De même, les retours d’informations (*Feedback*) vers les établissements participants aux programmes de surveillance des IN se sont révélés efficaces dans la réduction des taux d’IN [7,65,85]. Cette diffusion publique devient maintenant une nécessité pour certains indicateurs de LIN.

De nos jours, les réseaux de surveillance existants se renforcent à travers le monde et recherchent des indicateurs plus performants, notamment pour les ISO [Article 1, p°89]. Le poids actuel du système de surveillance et ses imperfections amènent les pouvoirs publics et les acteurs de la surveillance à rechercher de nouvelles pistes de travail pour répondre aux problèmes liés à la charge de travail impliquée par la méthodologie actuelle (données manquantes, faiblesses statistiques face à des ISO à faible ou très faible incidence, coûts engendrés dans une période économiquement compliquée et questions de comparabilité entre établissements d’un pays ou au niveau international [Article 1, p°89]). Ces questions se posent pour la France comme pour les autres pays. La détermination des problèmes persistants dans la mise en œuvre des surveillances se développent pour améliorer la surveillance et la qualité des soins. En effet, malgré l’utilisation de définitions et de protocoles

communs, les comparaisons nationales ou internationales sont limitées par un manque de standardisation de la surveillance, notamment post hospitalisation et les coûts élevés qu'engendrerait la création de nouveaux indicateurs.

Dans le premier article [Article 1, p°89], différents réseaux de surveillance des ISO ont été décrits en utilisant des critères spécifiques afin de réaliser un panorama des systèmes de surveillance des ISO, contenant une cible IPOA et discutant les nouvelles pistes de surveillance envisageables. Une recherche a été menée dans la littérature internationale, incluant toutes les études pertinentes sur les données recueillies par des réseaux nationaux de surveillance des IN, qui utilisent un indicateur ISO orthopédique (Janvier 2001-Janvier 2013). L'analyse a exclu les études ne reposant pas sur des données de surveillance nationale, ainsi que celles basées sur des réseaux locaux. Nous avons également exclu les commentaires, les éditoriaux et les lettres à l'éditeur concernant les ISO. Les données ainsi extraites incluaient : les méthodes de surveillance utilisées, la définition de l'ISO, la localisation de l'infection, les données épidémiologiques (données ISO globales et IPOA). Les forces et faiblesses des systèmes ont ainsi été considérées à la lecture des résumés et par la lecture des articles retenus comme pertinents, selon les critères principaux suivants :

- 1- Schéma de l'organisation nationale du réseau de surveillance des ISO (incluant notamment la surveillance post hospitalisation)
- 2- Impact épidémiologique de la surveillance sur la réduction des ISO
- 3- Nouvelles perspectives de suivi, notamment selon le SIH

L'analyse des études publiées sur les systèmes existants montre que la surveillance est une stratégie efficace pour réduire les ISO, mais peu coût-efficace. L'étude des points forts et des points faibles de ces systèmes nationaux décrit les nouveaux enjeux dus aux difficultés actuelles, notamment la lourde charge de travail de ces recueils et le manque d'efficacité. Ce panorama des systèmes de surveillance des IN expose la nécessité de développer de nouveaux outils pour une surveillance plus efficace dans une conjoncture économique défavorable.

La prochaine étape dans la surveillance des ISO, avancée par la plupart des réseaux de surveillance nationaux revus, sera l'homogénéisation des protocoles incluant la surveillance post hospitalisation et les ratios standardisés d'incidence (*standardized incidence ratio* (SIR)), en utilisant certainement plus systématiquement les bases de données du SIH. S'appuyer sur

les bases d'information hospitalière pourrait présenter un outil potentiellement pertinent, reproductible et utilisable par les ES [25]. Les bases médico-administratives qui commencent à être utilisées en recherche clinique de façon fiable, pourraient constituer une clé de surveillance en complément des réseaux de surveillance existants.

En France, la réflexion nationale est désormais orientée vers le développement d'indicateurs de risque infectieux pertinents et reproductibles par les ES de façon simple et moins coûteuse pour les équipes de professionnels de terrain [71,79,90]. L'intérêt pour le SIH est dorénavant notable, compte tenu de sa performance en France. Il pourrait à terme permettre de faire le lien entre les différentes bases de données existantes, et avec les patients (utilisation du SNII-RAM - Système National d'informations Inter Régions d'Assurance Maladie- qui progresse en épidémiologie clinique)[48,90]. La combinaison de l'utilisation des systèmes de surveillance actuels et les bases médico-administratives du PMSI, pourrait constituer une clé d'amélioration du réseau de surveillance des ISO en France [79].

Les IPOA gagneraient à être surveillées par des méthodes coût-efficaces basées sur des bases de données hospitalières, relevées en routine. L'utilisation du SIH pourrait éviter la construction d'indicateurs complémentaires nécessitant des ressources humaines et financières non disponibles actuellement, en constituant un outil intéressant pour compléter les réseaux de surveillance des ISO déjà en place.

II-2 Objectifs

L'objectif principal de la thèse était d'évaluer la performance d'un outil issu du SIH pour la surveillance des ISO en routine hospitalière, en utilisant les données médico-administratives du PMSI comme nouvel outil de mesure des infections sur prothèses orthopédiques.

Les objectifs spécifiques étaient :

- 1- l'évaluation de la performance de l'outil PMSI comme instrument de mesure complémentaire des ISO après PTG ou PTH (article n° 2 – p°99)
- 2- l'application de l'algorithme PMSI validé pour estimer l'incidence des IPOA sur une cohorte régionale PMSI (article n°3, p°121).

Ce travail épidémiologique a pour ambition de montrer l'intérêt et l'impact de l'utilisation du PMSI comme outil complémentaire, reproductible, peu coûteux et allégeant la charge de travail des professionnels de terrain, tout en fournissant des résultats satisfaisants par rapport au système classique.

III. MATERIEL ET METHODES

Comme cité précédemment, ce doctorat a été encadré par les Prs Astagneau Pascal et Rusch Emmanuel. Une analyse épidémiologique préliminaire avait été menée afin d'évaluer l'utilisation du PMSI pour les infections ostéo-articulaires, travaux de recherche encadrés par les Pr Bernard Louis et Rusch Emmanuel, avec le soutien méthodologique du Pr Astagneau Pascal [Annexe 1 et 2], durant mon clinicat de maladies infectieuses entre 2009 et 2011. Cette enquête exploratoire a montré l'apport des données du SIH pour la surveillance des infections osseuses, grâce à la construction d'algorithmes PMSI par un travail collaboratif, notamment avec le Centre de Référence des Infections Ostéo-articulaires du Grand Ouest (CRIOGO) et les acteurs des ISO sur matériel orthopédique : chirurgiens orthopédiques, hygiénistes, microbiologistes, infectiologues en association avec les médecins d'information médicale de la région Centre (Collège Régional d'Information Médicale –CRIM).

A partir de ce constat, le travail a débuté par une première année de doctorat d'épidémiologie en 2011-12, entre l'Université Pierre et Marie Curie sous la direction de Pascal Astagneau (encadrement méthodologique et statistique) et le CHRU de Tours avec l'Unité Régionale d'Épidémiologie Hospitalière (UREH) d'Emmanuel Rusch (apport des bases de données régionales), pendant que je poursuivais mon clinicat, en santé publique et épidémiologie.

Plusieurs étapes ont été nécessaires, avec des démarches méthodologiques utilisées successivement pour mener à bien ce travail. Nous citons ici ces différentes approches et renvoyons le lecteur, pour plus de détails, au niveau de chaque partie où le volet du travail est développé ainsi qu'aux articles publiés.

III-1 Cohorte historique d'arthroplastie, hanche et genou, région Centre, 2008-2010 [article 2, p°99]

III-1.1 Construction de la cohorte régionale, région Centre, 2008-09

Une cohorte historique de patients porteurs d'une première prothèse de hanche ou de genou, posée en 2008-2009, a été construite en utilisant les données PMSI collectées rétrospectivement au sein de la région Centre. L'extraction des séjours avec au moins un code en lien avec une pose de première prothèse de hanche ou genou a été réalisée sur la base PMSI régionale de l'ARS, après accord CNIL préalable [Commission nationale de l'informatique et des libertés, Paris, France, 15 mars 2013 (n°131024)].

L'identification des séjours hospitaliers pour chirurgie de PTG ou PTH a été réalisée sur la présence de codes diagnostiques spécifiques de la CIM-10, associés à la pratique d'un acte de procédure chirurgicale orthopédique de la CCAM, et associée au code de dispositif médical implantable (DMI) correspondant pour les PTH ou PTG dans la période 2008-2009 [Annexe 4]. Chaque patient a été suivi, grâce au chainage des séjours, pour une durée minimale de 12 mois, soit jusqu'au 31 décembre 2010. La survenue d'une IPOA après une première pose de prothèse a été recherchée dans cette cohorte historique régionale, 2008-10.

III-1.2 Définition de cas d'IPOA via un algorithme PMSI [Annexe 4]

Le diagnostic d'IPOA était fait selon un algorithme PMSI développé par différents experts en IPOA : chirurgien orthopédiste, infectiologue, équipe d'hygiène hospitalière, médecin d'information médicale. La définition de cas dépendait des codes diagnostiques et d'actes chirurgicaux utilisés dans le résumé de séjour, de leur position dans ce résumé et de leur association ou pas (cf. chapitre IV-1 p°60 et article 2, p°99).

L'algorithme initial pour la validation de la définition de cas était construit pour relier trois types de codes diagnostiques (codes d'IOA ou codes d'infection précise de matériel

orthopédique ou encore codes imprécis de complication d'implant orthopédique de toute sorte) avec des codes CCAM d'actes chirurgicaux réalisés dans le cadre de la prise en charge d'une IPOA (notamment débridement, dépose de prothèse, lavage, changement de prothèse), permettant de proposer différentes combinaisons et définitions. Basées sur les opinions d'experts, les différentes combinaisons ont permis la construction de trois catégories de définitions de cas (Tableau III) :

- Algorithme A, créé en utilisant une association de codes précis parmi : les codes d'infection de matériel orthopédique précise (infection et inflammation due à une prothèse orthopédique interne -T84-) et/ou codes d'infection articulaire (arthrite septique ou ostéomyélite, code d'infection précisée - A ou B-) et/ou code CCAM d'acte chirurgical.
- Algorithme B correspondait à la combinaison de code imprécis en T (complication non précise de matériel orthopédique interne) avec un code d'infection articulaire ou code CCAM d'acte chirurgical.
- Algorithme C, relié à la présence d'un seul code diagnostique parmi tous ceux recherchés dans le résumé de séjour.

En utilisant l'algorithme A seulement, la définition de cas A était la plus restreinte. La combinaison des algorithmes A+B était la définition intermédiaire et l'association des algorithmes A+B+C permettait de créer la définition de cas la plus large.

Tableau III – Définition de cas d'IPOA

Niveau de preuve	DP	DAS	Acte CCAM
A	Sepsis/IOA	Code T précis d'infection sur matériel	-
	Sepsis/IOA	-	Procédure chirurgicale spécifique d'IPOA
	-	Code T précis d'infection sur matériel + Sepsis/IOA	-
	-	Code T précis d'infection sur matériel	Procédure chirurgicale spécifique d'IPOA
	-	Sepsis/IOA	Procédure chirurgicale spécifique d'IPOA
	Code T précis d'infection sur matériel	Sepsis/IOA	-
	Code T précis d'infection sur matériel	-	Procédure chirurgicale spécifique d'IPOA
B	-	Code T imprécis de complication sur matériel + Sepsis/IOA	-
	Sepsis/IOA	Code T imprécis de complication sur matériel	-
	-	Code T imprécis de complication sur matériel	Procédure chirurgicale spécifique d'IPOA
C	-	Code T précis d'infection sur matériel	-
	Code T précis d'infection sur matériel	-	-
	-	-	Procédure chirurgicale spécifique d'IPOA
	-	Code T imprécis de complication sur matériel	-
	Code T imprécis de complication sur matériel	-	-

IOA : infection ostéo-articulaire; **CCAM** : Classification commune des actes médicaux; **Code T précis d'infection sur matériel** : code spécifique de réaction inflammatoire ou infection due à une prothèse articulaire – codes T84 -; **Sepsis/IOA** : Sepsis associé avec une IOA (arthrite septique, ostéomyélite, codes spécifique d'infection – codes en A ou B); **Code T imprécis de complication sur matériel** : complication sur une prothèse articulaire; **Procédure chirurgicale spécifique d'IPOA** : débridement, ablation de prothèse, changement, lavage et ou révision de prothèse.

Ainsi, toutes les hospitalisations de secteur public ou privé, répondant à nos critères de sélection, étaient extraites de la base PMSI des établissements participants à la chirurgie orthopédique en région Centre, entre janvier 2008 et décembre 2009 et suivi à travers leurs séjours hospitaliers consécutifs à la pose jusqu'à fin 2010, pour la détection d'une IPOA (Figure 7).

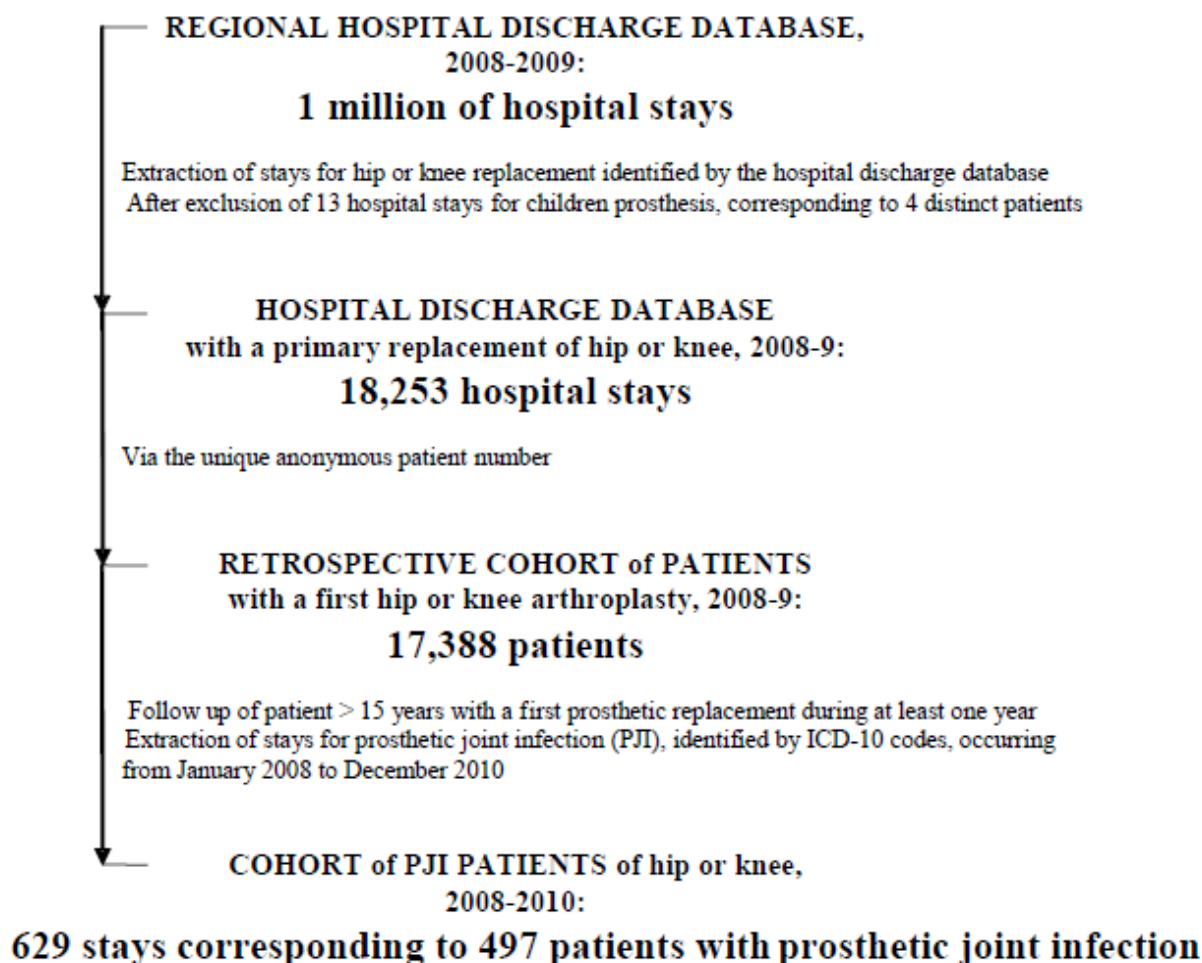


Figure 7 – Flow chart de constitution de la cohorte régionale PMSI et identification des cas d'IPOA

III-1.3 Enquête cas-témoin nichée dans la cohorte

La définition de cas basée sur les algorithmes PMSI a été validée par une enquête cas-témoin nichée dans la cohorte. Les dossiers médicaux étaient considérés comme la référence (*gold standard*) pour confirmer l'IPOA. Un échantillon de validation de la définition de cas a été sélectionné en deux étapes.

La première étape a été de valider l'ensemble des dossiers médicaux étiquetés cas d'IPOA par l'algorithme décisionnel PMSI, soit les 629 dossiers de la région Centre sur la période 2008-2010 (Figure 7). La seconde étape a été le tirage au sort aléatoire de 629 autres dossiers de patients dans la cohorte régionale des porteurs de PTG ou PTH = les témoins.

Un médecin infectiologue associé localement dans les ES à un orthopédiste ou un médecin d'information médicale ou un hygiéniste ont lu les dossiers médicaux sélectionnés (cas et témoins) complets, avec les données cliniques, les résultats microbiologiques, les comptes rendus d'imagerie médicale ainsi que les images elles-mêmes. Dans ces dossiers médicaux, ont été rapportées également les identifications positives de prélèvements bactériologiques afin d'identifier les mauvaises classifications de cas dues à des atteintes inflammatoires non infectieuses comme les événements mécaniques ou hémorragiques, pouvant initialement mimer une infection.

III-1.4 Etude de sensibilité

Pour estimer les paramètres de validité du système de surveillance basé sur l'outil PMSI (validité métrologique), une analyse de sensibilité-spécificité a été réalisée selon les trois définitions de cas proposées, pour estimer la performance des différentes définitions proposées : définition "A", ou "A+B" ou bien l'ensemble des algorithmes "A+B+C". La sensibilité, spécificité, et les valeurs prédictives de ces définitions de cas IPOA PMSI ont été calculées avec leur intervalle de confiance à 95 % (cf. article 2 et résultats chap. IV-1, p°60).

En effet, ces paramètres de validité vont permettre d'évaluer la performance du système de surveillance proposé, de vérifier que les objectifs souhaités sont atteints et à plus long terme de pouvoir réajuster ce système selon l'évolution des ressources utilisées [47]. Notamment, un équilibre entre la sensibilité et la VPP devra être trouvé afin de valider un indicateur précis mais fiable. Les données de la littérature française et internationale fournissent des chiffres d'incidence de l'ISO orthopédique faible (cf. introduction- chapitre I-1.2 - p°28) nécessitant un indicateur de surveillance ayant une VPP suffisamment élevée (seuil proposé par l'équipe du projet CLarté à 75%) avec une sensibilité restant suffisante. La mesure de la sensibilité, premier paramètre que nous voulons mesurer et optimiser, permettra le calcul de l'incidence des IPOA. Cependant, la VPP permettra d'obtenir la part des vrais cas parmi les cas détectés par cet algorithme. La VPP permet ainsi d'estimer la fiabilité de la mesure de l'incidence des IPOA.

Le retour au dossier a pu être réalisé, au sein de chaque établissement avec le personnel local spécialisé, pour valider la définition de cas PMSI la plus large (A+B+C). Cela a permis le calcul des paramètres de fiabilité de la définition. La base de dossiers finalement étudiée pour le calcul des critères de performance était constituée de 1 010 dossiers effectivement analysés,

à travers la région (cf. résultats chapitre IV-1, p°60). Cette base de données représente la population d'étude de la validation de la définition de cas PMSI d'IPOA (Figure 8).

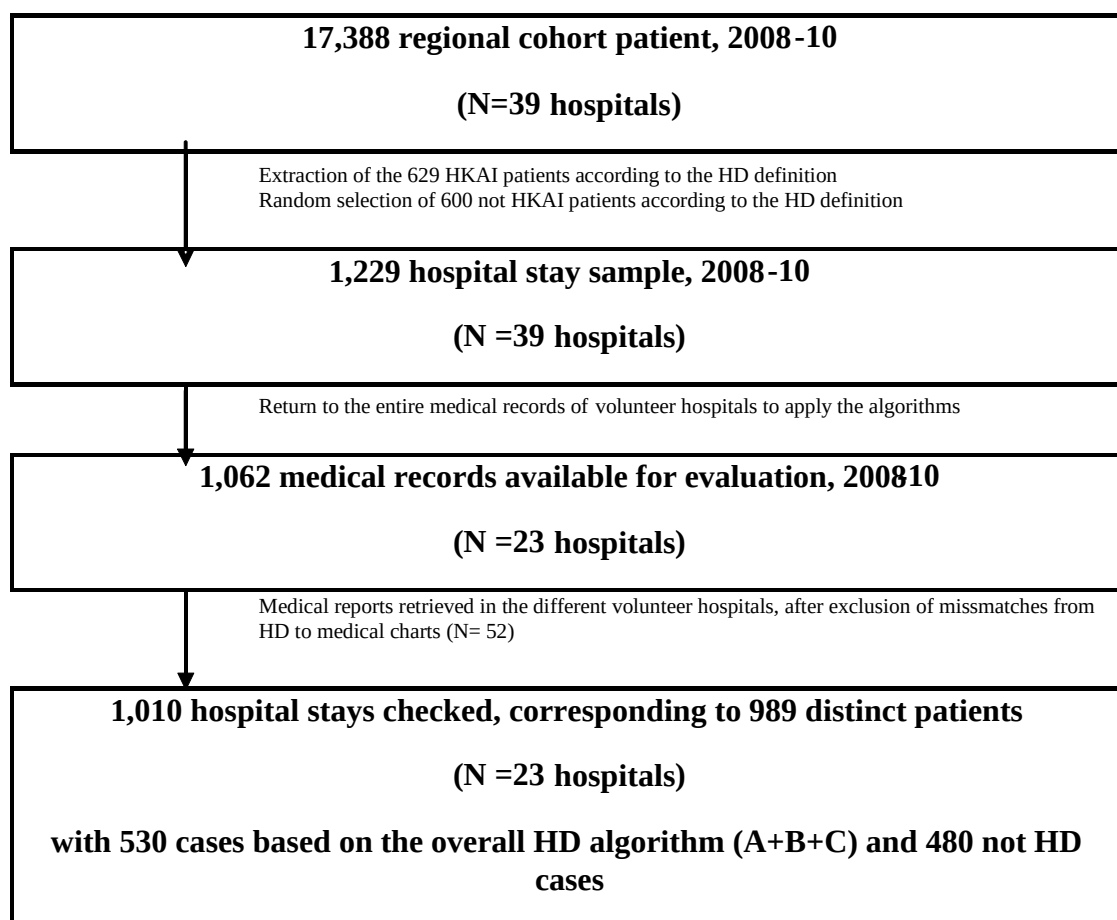


Figure 8 – Extraction de l'échantillon de validation des PTG/H en utilisant l'algorithme basé sur les codes PMSI* : 600 cas et 600 témoins nichés dans la cohorte régionale, 2008-2010

HKA: hip or knee arthroplasty; *PJI*: prosthetic joint infection; *HDD*: hospital discharge database; *HD*: hospital discharge;

* **HD algorithm**: Cases were defined as instances of HKAI extracted from the HDD according to various algorithms, using the ICD-10 and procedure codes

III-2 Cohorte historique d'arthroplastie, hanche et genou, région Centre, 2008-2012 [Pré-article 3, p°121]

III-2.1 Cohorte régionale PMSI, région Centre, 2008-2011

Une étude de cohorte rétrospective des patients porteurs d'une PTG ou PTH a été menée dans une région française, via le PMSI 2008-2011 : les séjours avec le code de procédure CCAM de pose de PTH ou PTG associé au matériel prothétique correspondant (DMI) ont été sélectionnés. La survenue d'une IPOA a été ensuite évaluée dans le suivi (durée d'une année minimum). La surveillance de la survenue d'ISO orthopédique a été effectuée sur la base de l'algorithme utilisant la CIM-10 et les procédures CCAM. Cet algorithme a été précédemment validé dans l'étude de sensibilité, dans un échantillon de plus de 1 000 dossiers médicaux issus de 23 hôpitaux de la région en 2008-2010 (Algorithme A retenu : Se 97 %, Spe 95 %, VPP 87 %, VPN 98 %) (cf. article n°2 p°99 et résultats chap. IV-1, p°60). L'application de la définition PMSI a permis de détecter la survenue d'une IPOA.

Cette base de données régionale PMSI 2008-2012 représentait la population d'étude pour l'estimation des facteurs de risque d'IPOA et de la mortalité, analysés en utilisant un modèle de survie (Régression de Cox) (cf. chapitre IV-2, p°63 et pré-article 3 p°121).

III-2.2 Analyses de survie des patients porteurs de prothèse de hanche ou de genou (Modèle de Cox), 2008-2012

La pose de PTG ou PTH correspond à l'unité statistique. La variable Temps T est le délai entre la date d'origine et la date de survenue de l'événement étudié = survenue de l'IPOA (en jours, selon les dates d'entrée des séjours dans le PMSI). Les sujets entraient dans l'étude lors de la première pose de prothèse entre janvier 2008 et décembre 2011 = date du début de l'observation (date d'origine), la date de point était le 31 décembre 2012. Pour l'IPOA, la date des dernières nouvelles correspondait à la dernière hospitalisation sur la période d'étude. Les données censurées correspondaient aux sujets pour lesquels on n'avait pas de survenue d'IPOA à la fin de l'étude, selon l'application de la définition de cas validée dans l'étude précédente. Les courbes de survie sans IPOA ont été réalisées par méthode de Kaplan Meyer.

Les données PMSI ont été utilisées pour estimer l'incidence et les facteurs prédictifs de survenue d'une IPOA après première pose de PTG ou PTH. Une étude univariée de facteurs de risque d'IPOA selon la définition de cas PMSI retenue a été faite initialement selon un large nombre de variables, connues dans la littérature ou suspectées (Tableau IV). Les variables d'intérêt ont été prises en compte dans l'analyse multivariée par modèle de régression de Cox (cf. résultats chap. IV-2, p°63), pour l'étude du délai de survenue de l'événement (IPOA). Le modèle de Cox a permis d'analyser des variables explicatives retrouvées dans le PMSI telles que les comorbidités ou des caractéristiques des patients, les variables pouvant être qualitatives ou quantitatives.

Pour les décès, la même méthode d'analyse de survie était appliquée avec le décès comme évènement étudié.

Tableau IV- Variables utilisées pour identifier les facteurs de risque d'infection de prothèse articulaire

Variables Patient
Variable démographique : âge, sexe, lieu domiciliation, décès Alcoolisme, hypertension, hyperlipidémie, diabète, polyarthrite rhumatoïde, artériopathie, maladies neurologiques, insuffisance rénale ou hépatique, cancer, tuberculose, fracture, obésité, infections du tractus urinaire, anémie Score sévérité (lié au séjour) Destination après sortie
Variables liées à la chirurgie
Arthroplastie de hanche, ou de genou Type de chirurgie Type of prothèse (dispositif médical implantable - DMI) Durée entre l'arthroplastie et la survenue de l'infection
Variables hôpital
Secteur d'hospitalisation : public versus privé Type d'établissement : hôpital universitaire, général, local Unités médicales fréquentées : réanimation, médecine, chirurgie Durée du séjour Variable économique : GHM Tarif

III-3 Analyses statistiques

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SAS® version 9.1 pour Microsoft Windows (SAS Institute, Cary, NC).

Les résultats sont présentés en fréquence ou moyenne et médiane avec étendue. Le test du Chi2 a été utilisé pour comparer les variables qualitatives. Les moyennes des variables continues ont été comparées en utilisant les tests de Student (paramétrique) et de Wilcoxon (non paramétrique). Le modèle de Cox a permis d'analyser des variables explicatives en tenant compte du délai de survenue. Trois tests pouvaient être utilisés pour estimer la force de l'association entre la survenue de l'IPOA et des différents facteurs explicatifs (facteur de risque): le test du score, le test de Wald et le test du rapport de vraisemblance. Le test du rapport de vraisemblance a été choisi.

IV. RÉSULTATS

IV-1 Évaluation de l'outil PMSI pour la surveillance des IPOA [article 2, p°99]

IV-I.1 Présentation

Les réseaux de surveillance des infections nosocomiales représentent une stratégie efficace et reconnue pour réduire les ISO ; cependant, des imperfections rendent nécessaire la recherche d'outils de surveillance complémentaires (suivi à plus long terme, contrainte de temps considérable pour les professionnels de terrain). Ce travail évalue l'utilisation des bases médico-administratives (PMSI) comme nouvel outil de surveillance des ISO, avec l'exemple des infections de prothèses ostéo-articulaires.

Au sein d'une cohorte rétrospective de patients avec première pose de prothèse de hanche ou de genou, issue des bases régionales PMSI 2008-09, la surveillance de la survenue d'une IPOA dans l'année suivant la pose a été menée : la définition d'IPOA était basée sur des algorithmes PMSI faisant varier la sensibilité et la spécificité. Une étude de sensibilité de la définition de cas a ainsi été menée par une enquête cas-témoin nichée dans la cohorte. Les cas d'IPOA retrouvés par le PMSI ont été validés dans chaque hôpital de la région par les cliniciens en charge des patients, ainsi que 600 témoins, issus de la cohorte et sélectionnés aléatoirement parmi les non cas.

L'échantillon de validation contenait 1 010 séjours hospitaliers, avec 989 dossiers médicaux de patients distincts revus. Dans l'échantillon global, 530 cas étaient identifiés par le PMSI

(incidence = 1,0 %, IC_{95%} 0,4 – 1,6 %) et 333 cas étaient effectivement validés par le retour aux dossiers (vrais positifs). Par rapport aux 480 témoins (parmi lesquels 6 faux négatifs étaient repérés), la sensibilité et la spécificité de la définition PMSI était respectivement de 98% et 71 %, la VPN 99 % et la VPP 63 %. En utilisant la définition de cas la plus spécifique, basée sur un échantillon de validation de 681 séjours, la sensibilité était de 97 %, la spécificité de 95 %, la VPN 98 % et la VPP augmentait à 87 %.

IV-I.2 Conclusion

Cette investigation montre la fiabilité et la facilité d'utilisation de l'outil PMSI pour la surveillance des ISO, sur ce modèle d'IPOA à incidence faible, avec une VPP estimée à 87 % selon les méthodes de sélection des cas.

Ainsi l'outil PMSI pour la surveillance des ISO sur PTG ou PTH a montré :

- ✓ Une fiabilité acceptable d'un outil de surveillance pour les ISO basé sur les bases PMSI en chirurgie à faible risque comme les arthroplasties
- ✓ Une estimation de l'incidence des ISO : taux d'incidence: 1,0 %, IC 95% : 0,4-1,6 %

Cette étude démontre le potentiel d'utilisation du PMSI en routine pour la surveillance des ISO, dans le cadre des chirurgies à faible risque d'infections nosocomiales, à la condition de choisir une définition de cas d'ISO appropriée et valide. Le potentiel de l'outil PMSI est de permettre :

- un gain en termes de simplicité et de facilité
- de soulager les professionnels de santé de la charge de travail de surveillance
- d'accroître la participation des chirurgiens dans le processus de codage obligatoire

IV-I.3 Perspectives

L'utilisation de bases issues du SIH, comme les bases médico-administratives du PMSI, pourrait compléter et renforcer les systèmes de surveillance des ISO existants en France, et peut être permettre de proposer de nouveaux paramètres de suivi des opérés.

Cette étude a permis de démontrer la possibilité d'utilisation du PMSI comme outil de surveillance des ISO à faible prévalence. Utiliser un algorithme spécifique et validé, certainement associé à un contrôle régulier de la qualité des données, permettra d'améliorer la performance de tel système de surveillance.

IV-I.4 Valorisation

Ce travail est accepté pour publication le 7 janvier 2014 dans le journal *Infection control and Hospital Epidemiology*, actuellement *in press*.

Ce travail a été présenté en communication orale aux congrès EPICLIN 2013, ADELFI Santé Publique 2013.

Il sera présenté à l'ESCMID 2014, à Barcelone, en communication affichée.

Il sera présenté au XXVe Congrès National de la SF2H qui se tiendra à Marseille le jeudi 6 juin 2014, en session plénière 2 - Systèmes d'information Hospitalière et IAS : intérêt et limites

IV-2 Enquête de cohorte PMSI régionale des IPOA [Pré-article 3, p°121]

IV-2.1 Présentation

La surveillance des ISO sur prothèse orthopédique de hanche ou genou est recommandée par les Centres de contrôle et de prévention des maladies (CDC), mais des systèmes complémentaires de surveillance utilisables facilement en routine sont nécessaires. Une alternative pourrait être le SIH, qui pourrait permettre d'automatiser l'identification des ISO et diminuer le temps impliqué dans le traitement des dossiers [9,96]. L'objectif de cette partie du travail était d'évaluer l'utilisation du PMSI en routine, comme nouvel outil de détection et d'estimation de l'incidence des IPOA.

L'évaluation de l'utilisation en routine de l'outil PMSI a été menée sur une cohorte PMSI 2008-2012 de porteurs de prothèse de hanche ou de genou, avec le calcul de l'incidence des IPOA et des risques de survenue d'infection selon l'âge, le sexe, le type de prise en charge, diverses comorbidités et les micro-organismes responsables au vu du codage.

Une cohorte rétrospective d'arthroplastie de hanche et de genou a été construite dans une région française, à partir des données PMSI 2008-2011 : les séjours avec un code d'arthroplastie associé au dispositif médical implantable correspondant étaient sélectionnés. L'événement IPOA a été surveillé au sein de la cohorte par l'algorithme validé dans l'enquête préalablement présentée (cf. chapitre IV-1 p° 60 et article n°2, p°99), utilisant les diagnostics CIM-10 d'infection orthopédique et les interventions chirurgicales codés dans les résumés de sortie PMSI (Annexe 4) (Algorithme A retenu avec Se 97%, Spe 95%, VPP 87%, VPN 98%). L'incidence des IPOA a été estimée, les facteurs de risque et le devenir ont été analysés par un modèle de survie (régression de Cox).

La cohorte était constituée de 32 683 patients ayant subi une pose de PTH ou PTG, correspondant à 2 % des patients hospitalisés en région Centre, chaque année. Le sexe ratio était 0,67, l'âge médian de pose était de 74 ans (19-110 ans), significativement plus bas chez

les hommes (69,8, IC 95% 69,6- 70,0 vs. 73,9 ans, IC 95% 73,7- 74,0 chez les femmes). Une comorbidité était codée pour 33 % des patients.

Une IPOA était identifiée pour 603 patients entre 2008 et 2012, soit une incidence à 1.84 % [IC₉₅ % 1,7-2,0 %]. L'IPOA survenait dans 183 cas le premier mois après la pose (78 lors du séjour de pose + 105), soit un tiers des cas (30 %) mais 178 patients (29 %) s'infectaient plus d'une année après la pose. La densité d'incidence d'IPOA était 2,3 pour 100 personnes-années [IC₉₅ % 2,0-2,6 %] : 2,2 [IC₉₅ % 2,0-2,6 %] pour les PTH et 2,5 [IC₉₅ % 2,1-2,9 %] pour les PTG, sans différence significative. L'incidence augmentait significativement durant la période. La distribution brutes des IPOA selon les établissements de pose était significativement différente (Figure 9).

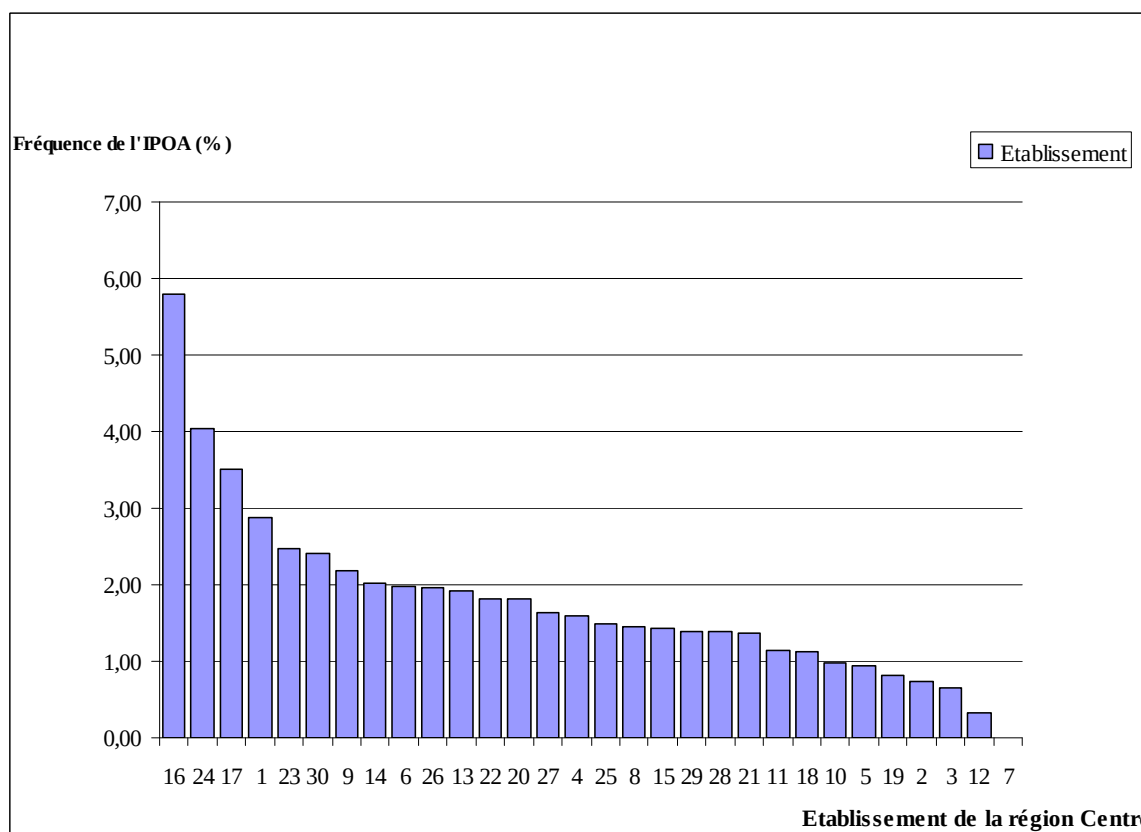


Figure 9 : Distribution des IPOA par établissement de pose, région Centre, PMSI 2008-12

Le sexe ratio parmi les patients atteints d'IPOA était de 0,86. L'âge moyen lors de l'infection était 73,4 ans [IC₉₅ % 72,3-74,4], significativement plus bas chez les hommes [69,4 ans, IC₉₅ % 69,9-70,9 ans] vs femmes [74,3 ans, IC₉₅ % 73,1-75,6 ans].

La létalité des IPOA était de 11,4 % dans la cohorte, 10,5 % pour un recul d'une année, pour 2 années de surveillance 10,6 %, et 11,2 % pour trois et quatre années de recul.

Le délai moyen de survenue d'une IPOA était de 284 jours (IC₉₅ % 281-286 jours) et la médiane de survenue était à 77 jours (1 - 1 631 jours). Le délai moyen entre la pose de prothèse et la survenue d'une IPOA hors le séjour de pose était de 312 jours (IC₉₅ % 281-345 jours) et la médiane de survenue était à 119 jours (étendue 10 - 1 626 jours).

Les résultats de l'analyse multivariée prenant en compte les facteurs de risque potentiels d'IPOA retrouvaient : le sexe masculin (HR =1,32, IC₉₅ %1,12-1,55), la présence d'ulcères cutanés (HR à 3), une maladie du foie dont l'alcoolisme, une atteinte urologique, une insuffisance rénale chronique, la dénutrition ou obésité (HR 1,5). Il n'y avait pas d'association significative entre la survenue d'une IPOA et un diabète, la présence d'une prothèse cardiaque ou une atteinte neurologique ou rhumatologique.

Les facteurs de risque de décès identifiés par l'analyse de survie multivariée étaient l'IPOA (HR 1,30, IC₉₅ % 1,02-1,67), l'âge supérieur à 75 ans, les cancers (HR autour de 4), avoir une PTH vs.une PTG, une insuffisance rénale chronique ou des ulcères [HR autour de 1,5], les maladies du foie dont l'alcoolisme, une prothèse cardiaque, la dénutrition, les atteintes urologiques (HR autour de 1.5). Avoir une hypertension artérielle ou une obésité étaient protecteur vis-à-vis de la survenue d'un décès après pose de PTG ou PTH, respectivement, HR 0,93 (IC₉₅ % 0,73-0,90) et HR 0,81 (IC₉₅ % 0,68 – 0,97).

IV-2.2 Conclusion

Cette étude de cohorte PMSI a permis de calculer la densité d'incidence des IPOA (2,3/ 100 pers-années), retrouvant une large proportion d'IPOA survenant plus d'une année après la première pose de prothèse (médiane de survenue était à 77 jours mais un tiers des IPOA survenaient après un an), appuyant la nécessité de trouver des outils de surveillance à plus long terme, et avec un suivi post hospitalisation plus long pour ces chirurgie à faible risque d'ISO.

Les facteurs de risque d'IPOA après première pose étaient le sexe masculin, la présence d'ulcère ou d'obésité, dénutrition, alors que la présence d'un cancer ou d'un diabète n'étaient pas associés significativement à la survenue d'une IPOA.

Les facteurs de risque de décès étaient ceux classiquement retrouvés : l'âge >75 ans, le cancer, l'insuffisance rénale chronique, la dénutrition.

Le PMSI, base de données médico-administrative, permanente et exhaustive, est un outil efficace et peu coûteux pour les études épidémiologiques et d'évaluation, notamment pour la surveillance et le suivi des infections nosocomiales à faible prévalence comme les IPOA.

IV-2.3 Perspectives

Le design de l'étude au niveau national (prochaine étape du travail) permettra de connaître la distribution des délais d'IPOA après pose de prothèse, utile pour évaluer les limites des définitions épidémiologiques d'IPOA actuelles (limitées à un an après la pose) et d'estimer la part des IPOA « capturées » par le réseau ISO-Raisin (dont le suivi est limité à 30 jours). La connaissance des taux de survenue d'une IOA après pose de prothèse au-delà du premier mois et jusqu'à plusieurs années, permettra de générer des hypothèses pour de futures études cliniques et éventuellement être utile pour adapter les schémas de suivi ou de prise en charge de certains groupes à risque.

La surveillance des IPOA et la mise en évidence de facteurs de risque avec calcul des *Hazard Ratios* au sein d'une cohorte pourront permettre d'ajuster les soins, de proposer de nouvelles stratégies avant la pose de première prothèse de hanche ou de genou, selon le terrain, et les comorbidités du patient et améliorer la qualité des soins des arthroplasties en France. Un score évaluant le risque d'IPOA en fonction des facteurs retrouvés au moment de la pose, sur la méthode du score de Charlson [97] pourrait voir le jour : développement d'une méthode de classification des patients en fonction des comorbidités qui pourraient impacter le risque d'infection, basée sur les résultats d'études de cohorte PMSI itératives. Un score de comorbidité pourrait être construit, avec pondération pour chaque comorbidité. Ce score pourrait être calculé par le chirurgien orthopédiste et/ou l'anesthésiste avant planification de la chirurgie. Cela pourrait représenter une façon indirecte de mesurer le risque d'IPOA, comme un complément du NNIS (index de risque d'infection du site opératoire, combinaison

du score ASA de risque anesthésique, du risque lié à l'intervention et de sa durée). Comme le score de Charlson [97], cette méthode de classification en fonction des comorbidités pourrait fournir une méthode simple et facilement applicable de l'estimation du risque d'IPOA à partir d'études basées sur le PMSI.

L'application de la méthode développée dans ce travail devra être réalisée sur la base PMSI nationale afin de comparer les tendances avec la méthode de surveillance de référence. Cela permettra de positionner l'indicateur de qualité des soins issu du PMSI par rapport à l'outil ISO-Raisin. Ainsi, la place de la surveillance PMSI en routine sera discutée et l'utilisation à des fins de *benchmarking*, d'évaluation de l'efficience et la possible diffusion de ce type d'indicateur complémentaire aux données actuelles de surveillance pourront être établis. Le croisement avec les données du Raisin devrait permettre d'optimiser l'utilisation de ce système de surveillance et de construire un tableau de bord des infections ostéo-articulaires sur matériel.

À partir de l'exemple hanche et genou, le modèle pourrait ensuite être reproduit sur les autres ISO. Une même enquête peut être réalisée sur d'autres chirurgies surveillées classiquement dans l'ISO-Raisin: chirurgie colorectale ou gynécologique par exemple. Construire un algorithme pour obtenir une définition de cas d'ISO avec les professionnels de terrain, le valider par un retour à un grand nombre de dossiers sur des établissements de santé variés, publics et privés, général ou universitaire et appliquer la définition de cas sur une cohorte PMSI afin d'estimer le risque de tel ou telle variable d'intérêt pour ce type de chirurgie.

IV-2.4 Valorisation

Cet article est actuellement en cours de relecture par les coauteurs.

Ce travail a été présenté en communication au Raisin le 30/01/2014, InVS Paris et le 05/02/2014 au COSPIN, Ministère en charge de la Santé, Paris.

Il sera présenté à l'ESCMID 2014 à Barcelone, en communication affichée.

Il sera présenté au XXVe Congrès National de la SF2H qui se tiendra à Marseille le jeudi 6 juin 2014. Session plénière 2 - Systèmes d'information Hospitalière et IAS : intérêt et limites

Il est également soumis aux JNI 2014.

V. DISCUSSION

La littérature récente sur l'épidémiologie des infections ostéo-articulaires en France confirme leur impact médico-économique ainsi que le poids des infections sur matériel ostéo-articulaires, nécessitant une surveillance pérenne afin de favoriser la qualité des soins [9,10,25,98]. La surveillance des IPOA effectuée par le Raisin est efficace, mais se pose la question de la nécessité de développer de nouveaux indicateurs, moins lourds et plus efficaces, utilisant des bases de données existantes [15,48,71,79]. L'étude des systèmes de surveillance des IPOA dans la littérature a montré que les stratégies employées pour réduire les ISO sont efficaces (Article n°1, p°89) ; cependant cela a permis de mettre en exergue la discussion actuelle dans les réseaux nationaux autour de l'utilisation du système d'information hospitalier comme outil possible d'amélioration de la surveillance. Il pourrait pallier à l'absence de suivi à long terme, post sortie d'hospitalisation notamment, et à la surcharge de travail pour les professionnels de terrain.

L'objectif principal de ce travail était d'évaluer la performance du SIH pour surveiller les infections sur matériel orthopédique, avec la construction d'un algorithme PMSI de détection des infections de prothèse de hanche ou de genou. Il s'agissait ensuite d'utiliser cette méthode dans une cohorte régionale PMSI en routine, avec calcul de l'incidence et estimation des facteurs de risque des IPOA retrouvés pour tester la possible construction d'un indicateur de surveillance des IPOA via le PMSI. Une comparaison avec les données nationales de surveillance Raisin utilisées par le Ministère de la Santé pourra être réalisée dans un avenir prochain ; si la corrélation est satisfaisante, une application de cette méthode coût-efficace pourrait être envisagée en complément du système Raisin.

V-1 Principaux résultats

Cette approche originale de surveillance, basée sur un modèle d'IPOA de hanche et genou via le PMSI a été testée et validée. L'intérêt de la méthode évaluée par estimation des paramètres de performance dans une enquête cas-témoin nichée dans une cohorte PMSI (sensibilité 97 %, Spécificité 95 %, VPP 87 % et VPN 98 %) démontre le potentiel d'utilisation du PMSI en routine pour la surveillance des ISO orthopédiques.

L'application de la définition validée et acceptable dans une cohorte régionale, PMSI 2008-2012, a permis le calcul de l'incidence des IPOA à 2.3/100 pers-années [IC₉₅ % 2,0-2,6 /100 pers-années], du temps médian entre la pose et la survenue d'une ISO de 77 jours (étendue de 1 à 1 631 jours). L'ISO survenait dans 30 % des cas le premier mois, mais 29 % survenait plus d'un an après la pose. Les facteurs de risque d'IPOA après une première pose de prothèse étaient : le sexe masculin, la présence d'un ulcère ou d'une maladie hépatique notamment alcoolique, d'une insuffisance rénale chronique. Les facteurs de risque de décès après pose de prothèse étaient l'âge >75 ans et le sexe masculin, la survenue d'une IPOA, la localisation de la prothèse (risque supérieur pour la hanche), la présence d'un cancer ou de maladies chroniques.

Utiliser le PMSI, aux vus des résultats exposés dans ce doctorat, semble performant pour compléter et seconder le réseau de surveillance ISO-Raisin, même si des algorithmes spécifiques pour différentes ISO devront être construits. Nous reviendrons sur l'importance de la recherche d'autres indicateurs de qualité des soins et de surveillance des ISO, problématique d'intérêt en France actuellement, après avoir discuté des points forts et des limites de notre approche.

V-2 L'outil PMSI dans la surveillance des IPOA

V-2.1 Intérêts

Ce travail met en évidence la possibilité de construire des outils complémentaires de surveillance des ISO, notamment pour améliorer la qualité des soins dans le suivi à long terme, à un moindre coût car utilisant les données médico-administratives existantes. Les bases de données hospitalières représentent une méthode cout-efficace [79,80,82,85].

La principale force des bases hospitalières médico-administratives PMSI en France, collectées en routine, est son exhaustivité et le suivi à long terme. Notre cohorte historique PMSI démontre la possible utilisation du PMSI comme outil complémentaire de la surveillance et de l'évaluation des IPOA. La performance de l'outil est acceptable avec une VPP > 85 % et une estimation de l'incidence dans le rang des études retrouvées dans la littérature internationale [13,23,85]. De plus, une surveillance de routine facile et efficiente est possible par un algorithme spécifique et validé. L'outil PMSI permet un gain en termes de simplicité et de faisabilité, en soulageant les professionnels de santé de la charge de travail de surveillance.

Tout d'abord, le chaînage des patients permet d'obtenir une base exhaustive des séjours hospitaliers des patients sélectionnés, sans besoin de contacter les médecins de terrain ou équipe opérationnelle d'hygiène ayant pris en charge les malades. Cette base de données médico-administratives permet de limiter les données manquantes et facilite le suivi post-hospitalisation à moindre coût, ce qui n'est pas fait actuellement en routine [99,100]. L'existence du PMSI en France est une extraordinaire opportunité pour les chercheurs français en épidémiologie clinique. Avec le lien séjour – patient, spécificité française grâce au chaînage des séjours, le PMSI fournit les informations sur la trajectoire des patients à long terme à travers les séjours hospitaliers consécutifs. Ceci permet des études de cohortes rétrospectives de patients atteints de différentes maladies et de caractériser les trajectoires de soins [9,91,92]. Notre suivi post hospitalisation après PTG ou PTH trouve une large proportion d'IPOA survenant plus d'un an après la pose de la prothèse (non suivi actuellement dans le réseau ISO-Raisin). Une comparaison de cette méthode d'analyse menée au niveau national avec les données Raisin permettra d'asseoir la validité de la méthode si la corrélation est suffisante et de mesurer l'impact d'une éventuelle surveillance des IPOA via

les données médico-administratives en complément des sources couramment utilisées. De plus, cet outil basé sur le PMSI, accessible et robuste, pourrait permettre de comparer la qualité des soins en chirurgie orthopédique et être envisagé comme une méthode de référence pour le *Benchmarking* entre ES.

Ensuite, la collecte de données médico-administratives est nécessairement réalisée pour divers objectifs dans les ES ; cela constitue une alternative intéressante aux réseaux de surveillance actuels basés sur des enquêtes intermittentes et sur des périodes limitées de suivi [25]. De plus, cette collecte des données en routine s'est considérablement améliorée grâce aux innovations récentes du SIH [31,46,67,85]. Le potentiel de ces bases médico-administratives, évaluées avec des objectifs précis, est maintenant reconnu [48,80,82,87]. Cette approche donne l'opportunité d'analyser des données, de comprendre le poids des comorbidités et d'autres facteurs impactant la survenue de l'IPOA. Une méthode de surveillance basée sur le PMSI, qui couvre l'ensemble de la population hospitalisée en France avec des comorbidités de mieux en mieux renseignées, pourrait permettre la production d'indicateurs de classement, si ce n'est de performance, pour répondre aux nouveaux impératifs de *benchmarking* (31). D'autres pays, en Scandinavie ou en Amérique du Nord en particulier, développent aujourd'hui l'utilisation du SIH pour des projets de recherche ou des actions de santé publique [45,67,79,82]. L'OMS, par son réseau Classification internationale des maladies (WHO-FIC), insiste aussi sur l'importance de l'utilisation du SIH pour l'évaluation des problèmes de santé [8]. Ainsi, la nouvelle version de la classification internationale des maladies (CIM-11 en construction à partir de la V10 au sein de WHO-FIC) devrait permettre d'obtenir une classification améliorée avec un meilleur potentiel pour mesurer la qualité des soins et la sécurité [55].

Ce travail démontre ainsi le potentiel d'utilisation des bases PMSI comme outil de la surveillance des ISO en France, en lien avec une évolution nécessaire des méthodes et des métiers de la surveillance [79]. La conjoncture économique défavorable actuelle nécessite d'adapter la surveillance au contexte, moins coûteuse et plus efficace, comme le SIH peut le permettre.

V-2.2 Limites

Malgré ses forces, cette méthode de détection d'IPOA via le PMSI a des limites, liées à l'utilisation même des bases médico-administratives hospitalières. Le PMSI est un programme à visée économique et budgétaire, prévu initialement pour la tarification à l'activité [89]. Son utilisation en épidémiologie a été longtemps limitée par l'impossibilité de chaîner les séjours d'un même patient, devenu possible depuis l'identifiant anonyme unique patient [75,91]. Cependant, les renseignements recueillis par le codage des séjours peuvent varier selon le codeur ; les codes utilisés et leur position dans le résumé peuvent être variables pour un même type de séjour selon le professionnel. La fiabilité du codage des séjours via les bases médico-administratives est controversée, du fait du codage réparti à travers de larges territoires et divers acteurs médicaux des soins [9,45,76,91]. La qualité des données est débattue aussi du fait de la recherche de valorisation financière par le codage avant tout autre but, par les équipes médicales en charge du codage dans les ES [9,45,76,91]. Cette base de recherche n'est ainsi pas complétée de façon homogène par les codeurs, engendrant une base moins performante qu'une base de recherche clinique classique. Une audition publique des systèmes de surveillance au Royaume Uni a montré que les taux d'ISO calculés par le réseau national de surveillance n'étaient pas appropriés et insuffisants pour le *Benchmarking* du fait de variations importantes dans la collectes des données et leur traçabilité [68,102]. Une étude américaine a aussi souligné que l'utilisation des données PMSI isolément n'était pas un outil adapté pour les infections associées aux soins avec une VPP inférieure à 60 % [95]. A contrario, d'autres études utilisant le SIH, parfois en association avec des données des réseaux de surveillance, ont montré des résultats de Se/Sp/VPP, respectivement à 95 %/ 99 % / 84 % [9,96], grâce à des indicateurs proposés selon des critères de sélection de cas standardisés en accord avec les professionnels de terrain sur une définition précise [55,79].

Dans notre travail, la construction de la définition de cas issue du codage PMSI a été réalisée par une équipe multidisciplinaire, testant plusieurs combinaisons de codes utilisés par différents professionnels de terrain pour le codage des IPOA, définition balançant entre sensibilité et spécificité ; un large échantillon de dossiers médicaux dans de nombreux hôpitaux représentatifs des ES français a été utilisé (publics et privés, CHU, centre hospitalier local, zones rurales et urbaines). Ainsi, la variabilité entre les pratiques de codages des professionnels a été contrôlée, avec des paramètres de performance testés et validés. Cette méthode de construction de définition de cas a permis de proposer un outil valide pour évaluer

la qualité des soins en orthopédie. Le PMSI en France montre ici, dans notre approche méthodique et malgré une validation réalisée sur un échantillon seulement de la cohorte régionale, une complémentarité aux systèmes de surveillance existants pour la collecte des données, notamment dans le suivi post-hospitalisation [Article n°2, p°99, chapitre IV-1, p°60]. Cette définition pourrait être utilisée comme référence pour mener des comparaisons entre les ES en France, réglementairement utilisateurs du codage PMSI pour l'ensemble de leurs séjours, quel que soit leur secteur d'hospitalisation. Des contrôles de la qualité des données devront bien sûr être associés régulièrement pour améliorer la performance du système avec des mises à jour des algorithmes nécessairement adaptées aux modifications des codes des maladies (guide méthodologique du codage et CIM-11 en construction).

L'outil PMSI ne peut être utilisé que pour les maladies nécessitant une prise en charge en hospitalisation, car le lien n'est pas fait à ce jour avec les autres bases du SIH en France (accès élargi aux données du SNII-RAM en discussion au niveau du Ministère [15,79,90]). De plus, les variables codées sont parcellaires, le code devant exister dans la CIM-10 et valorisant potentiellement le séjour pour être renseigné ; les données sur les déterminants de la santé, les comportements des individus ou les habitudes de vie ne sont pas inscrites dans la CIM-10, ou correspondent à des codes imprécis, peu renseignés car sans valorisation du séjour. Notre modèle est basé sur les variables du PMSI, donc sur le codage directement en lien avec la valorisation financière du résumé de séjour. Pour ces raisons, des variables telles que le tabac, l'utilisation de drogues, ou encore la spécification du microorganisme en cause dans telle ou telle infection, ne sont pas renseignées de façon exhaustive dans les bases PMSI. Pourtant, pour la surveillance des infections du site opératoire, ce sont des variables d'intérêt connues dans la littérature, comme les variables de procédure chirurgicale. Cette limite inhérente à tout système d'information médico-administratif est bien connue et les études de validation des méthodes PMSI permettent d'en limiter les biais [46,79,81,82,87,91]. Le PMSI, comme toute base de données, présente également le risque d'être impactées par des erreurs de codage involontaires, ou de retranscription. Si nous comparons le système PMSI de surveillance des IPOA aux divers systèmes existants, généralement basés sur des protocoles *NNIS –like*, notre système n'inclut pas tous les critères classiquement utilisés comme la durée de la chirurgie, ou encore le score ASA. Cependant, nos travaux se focalisent sur une chirurgie propre, avec des patients ayant un score NNIS de catégorie 0. De plus, des exemples comparables de données de survie issues de registre fournissent les mêmes résultats, comme le travail de Hunt *et al* publié en 2013 dans *The Lancet* sur la survie après pose de PTH [26].

Ces bases initialement non prévues pour la réalisation d'enquêtes épidémiologiques restent complexes et difficiles à manipuler [103]. La connaissance de la construction de ces bases de données, et le suivi évolutif des variables contenues est hautement nécessaire à une utilisation épidémiologique de qualité. Là encore, la validation des algorithmes utilisés pour la surveillance épidémiologiques doit être de mise, et régulièrement répétée.

En dépit de certaines limites, la surveillance basée sur le SIH représente une méthode valide pour la surveillance de routine des IPOA. La base de données PMSI est pérenne, exhaustive et facile d'accès après stabilisation des résumés de séjours en résumés standardisés anonymisés (RSA). Cela permettrait d'améliorer la sensibilité du système de surveillance existant (approche proposée plus efficace pour cibler les dossiers à examiner car susceptibles d'être un ISO), de renforcer l'évaluation des infections post-sortie d'hospitalisation et de comparer les ES entre eux dans une stratégie de *Benchmarking*.

V-3 Travaux à venir et perspectives à plus long terme

Ce modèle de chirurgie orthopédique propre a été choisi car nous pensons que les IPOA continueront de présenter un challenge majeur pour la communauté médicale dans le futur du fait de l'augmentation du nombre de pose de PTH ou PTG, face au vieillissement de la population et du meilleur état de santé des personnes âgées. Des stratégies efficaces pour minimiser les facteurs de risque d'IN après arthroplastie, identifiés par ces analyses de survie, devront être mises en œuvre si l'incidence de cette complication veut être réduite.

Le potentiel de cet outil de détection issu du PMSI est démontré dans ce travail. Cependant, des étapes supplémentaires restent à venir pour faire le rapprochement entre la surveillance et la prise de décision en santé publique. En effet, la diffusion des données de résultats de soins poursuit deux objectifs principaux : la transparence vis-à-vis des usagers, de plus en plus présents et demandeurs d'informations, et l'incitation des établissements à s'améliorer, via un effet de réputation (rapport d'office parlementaire d'évaluation des politiques de santé, déposé le 22 juin 2006 - OPEPS n° 421). Il est observé que les diffusions publiques d'informations sur les performances des ES (la presse en général, par exemple le classement annuel des ES du journal « Le Point »), ont toujours un fort succès dans la population, en France comme dans d'autres pays. Cependant, ces démarches d'amélioration de la qualité des soins présentent le risque de pervertir la qualité des données si les établissements se trouvent pénalisés par un mauvais classement. Pour contourner cet inconvénient, les Etats-Unis ont, par exemple, mis en place des structures neutres indépendantes qui collectent les données d'accidents médicaux anonymement [56]. Au Royaume Uni, la diffusion publique d'informations est proposée comme un élément d'une stratégie globale d'évaluation et de management de la performance du système de santé public, rendu obligatoire [Article n°1, p°89].

La France a engagé en matière d'IN une politique de publication d'indicateurs (ICALIN, puis ICSHA et les indicateurs des taux de SARM et d'ISO). Les problèmes de méthode de calcul du taux ISO, nombreux et décrits précédemment (difficultés de définition, de recueil, de redressement des données...), étaient exposés dès l'étude COMPAQH (de faisabilité)[69]. En effet, les critères de choix des indicateurs doivent tenir compte des priorités des ES mais aussi

de critères scientifiques, définissant la validité métrologique, l'acceptabilité, la pertinence et le pouvoir discriminant [47,48,53]. Pour pallier aux difficultés d'évaluer le taux d'ISO, il n'était initialement pas prévu de communiquer et diffuser les résultats de cet indicateur, étape pourtant essentielle à la démarche qualité. Face à cet indicateur par construction peu robuste et tous les biais de collecte évoqués, la nécessité de travailler sur de nouveaux indicateurs de qualité des soins est dorénavant mise en avant par le Ministère de la Santé. Dans ce contexte, la DGOS-HAS a lancé un appel à projet relatif au « Programme d'expérimentation des indicateurs de qualité en établissements de santé (2010-2012) » [104], afin de travailler sur de nouveaux indicateurs nationaux de qualité des soins. L'objectif est d'améliorer l'évaluation interne et externe de la qualité des soins, leur diffusion publique, le *Benchmarking* comparatif, et participer aux critères de Certification. Les enjeux liés à l'utilisation des bases médico-administratives pour la surveillance sont actuellement au cœur des réflexions au niveau du Ministère en charge de la Santé [90].

Dans ce contexte, le projet CLARTE (Consortium Loire-Atlantique-Aquitaine-Rhône-Alpes pour la production d'indicateurs de qualité en sanTE) a pour mission de mettre en œuvre un recueil d'indicateurs informatisés (utilisation maximale des bases de données hospitalières existantes) afin de disposer pour l'ensemble des ES de tableaux de bord de pilotage de la qualité et de la sécurité des soins [48]. Ce projet se base sur des travaux encourageants, robustes, publiés dans la littérature internationale, sur l'évaluation et l'amélioration de la performance hospitalière résultant de l'utilisation d'algorithmes informatisés pour la surveillance de certaines IAS, comme dans notre travail. Par exemple au Canada, l'ensemble des champs précédemment évoqués sont utilisés (indicateurs issus du SIH, diffusion aux autorités sanitaires et *benchmarking*, diffusion publique). Un volet « Amélioration de la qualité du codage » est déjà développé, avec diffusion des classifications et des règles de codage associés à un contrôle externe de la qualité du codage [48,103]. En Allemagne, la loi sur les prestations hospitalières (Hospital Remuneration Law, KHEntgG) prévoit « l'utilisation des données médico-administratives pour la production d'indicateurs de qualité intégrés au dispositif national d'évaluation externe à l'horizon 2014. En France, l'InVS, via le bulletin épidémiologique hebdomadaire (BEH) publié fin 2013, montre l'apport que peut avoir l'utilisation des bases du SIH en France en comparaison avec son utilisation au Canada. Une utilisation en routine est suggérée, mais devant être conduite par des professionnels de

l'épidémiologie clinique [79]. L'utilisation en routine des données du SIH sera nécessaire dans un avenir proche, déjà expérimenté dans des études françaises robustes, comme pour les ISO [9,85] ou les IN en réanimation au CHU de Lyon [74]. Comme souligné par le projet CLARTE, cette utilisation en routine doit reposer sur l'étude de la validité des indicateurs informatisés proposés. Une double validation serait ainsi requise : étude des corrélations avec d'autres indicateurs de résultat et validité de critère (retour au dossier) avec une VPP seuil attendue = 70-75% et taux d'incidence $\geq 1/1000$ séjours. Ce type de démarche est présenté dans le BEH de décembre 2013 avec différentes approches françaises ou canadiennes d'utilisation après validation.

Ces conclusions donnent du poids à l'indicateur issu des bases médico-administratives proposé pour les IPOA dans cette thèse. En effet, une construction multidisciplinaire de l'indicateur par des professionnels de terrain et des épidémiologistes aguerris dans l'utilisation des bases de données médico-administratives a été réalisée [91,105]. Une méthode de validation par retour aux dossiers sur un large échantillon a été menée ($> 1\ 000$ dossiers dans des centres hospitaliers variés) avec une VPP à 87 %. Le travail de corrélation avec les données du Raisin sera réalisé prochainement afin que tous les critères requis préconisés par le projet Clarté soient validés. Le croisements de bases de données sont, en effet, à envisager afin d'affiner les estimations des données de fréquence ou d'incidence, comme dans des travaux récemment publiés pour les hémorragies de la délivrance en France à partir des données du SIH [87] : les informations du PMSI permettent d'estimer la fréquence de la maladie mais le croisement avec les données de l'Etablissement français du sang optimise les données à suivre, permettant de réelles et plus conséquentes avancées en santé publique. Les mêmes propositions sont faites par les équipes canadiennes travaillant sur les bases médico-administratives, qui suggèrent aussi la nécessité de croiser les bases afin d'en optimiser l'utilisation en santé publique ; l'exemple du modèle québécois de surveillance des maladies chroniques par le PMSI avec des données couplées, est évocateur de l'apport des bases de données médico-administratives. La plupart des données de la littérature sur l'utilisation du SIH pour la surveillance épidémiologiques des IN (bactériémie, pneumopathie nosocomiales ou ISO) montrent que la combinaison de plusieurs sources de données est une méthode plus performante [74,85]. Le même type de méthodologie est envisageable pour les IPOA, avec les

bases issues du SIH comme les données de laboratoires de microbiologie, les bases des dossiers médicaux ou le PMSI [74,85,95].

La dernière partie de ce travail de thèse soulève la possibilité de créer via le PMSI un indicateur de moyen, grâce aux facteurs de risque de survenue d'IPOA mis en avant par les analyses de survie (ulcères, alcoolisme, insuffisance rénale chronique). La construction d'un score de risque prenant en compte les cofacteurs de terrain, issus du PMSI, comparable à un score de Charlson, pourrait constituer un score prédictif de survie [97]. La mise en évidence de facteurs de risque avec estimation des *Hazard Ratios* dans les analyses de cohorte pourra permettre de proposer de nouvelles stratégies avant arthroplastie, selon le terrain et les comorbidités du patient. Un score évaluant le risque d'IPOA après pose en fonction des facteurs retrouvés au moment de la pose pourrait voir le jour, basé sur les résultats des études de cohorte PMSI. Comme pour le score de Charlson qui a récemment nécessité une mise à jour du fait de l'évolution des prises en charge médicales, ce score pourrait être adapté par des enquêtes itératives des bases de données médico-administratives, selon les avancées médicales [106]. En effet, la mise à jour du score de Charlson a été réalisée à partir des données issues du SIH. Cette construction d'un score de comorbidité prédictif de la survenue d'une IPOA pourrait représenter une façon indirecte de mesurer le risque d'IPOA, comme un complément des scores ou taux existants (NNIS ou ISO-Raisin). Cette méthode de classification en fonction des comorbidités pourrait fournir une méthode simple et fiable d'estimation du risque d'IPOA à partir d'études basées sur le PMSI et améliorer la qualité des soins des arthroplasties en France. L'adjonction d'un code spécifique d'IAS à chaque résumé de sortie permettrait l'amélioration significative de la VPP des outils de surveillance du PMSI, comme préconisé dans le projet Clarté, et déjà en place au Canada [79,90,103].

VI. CONCLUSION

L'outil de surveillance des IPOA proposé dans cette thèse, basé sur les bases PMSI, a prouvé son utilité comme outil complémentaire de surveillance hospitalière des ISO. Le PMSI peut rapidement et simplement donner des tendances sur les IPOA à l'échelle d'un ES ou d'une région, plus simplement que les recueils Raisin, qui restent la référence pour la surveillance des infections nosocomiales en France.

Le Ministère en charge de la Santé recherche activement des indicateurs nouveaux et performants, pour compléter les indicateurs de qualité des soins actuels. Le PMSI, patrimoine français issu du SIH pour les données d'hospitalisation, pourrait être un outil peu coûteux permettant d'améliorer la performance du système de surveillance. Une utilisation en routine permettrait la diminution de la charge de travail des cliniciens en charge du recueil ISO-Raisin. Une évaluation précise de la morbi-mortalité attribuable aux IPOA en France pourrait en découler ainsi que l'évaluation de l'efficacité des programmes de LIN (suivi évolutif dans les ES). Des analyses coûts-efficacité sont justifiées pour parfaire les conclusions de ce travail. Bien sûr, ce type d'analyses basées sur des cohortes PMSI ne pourra pas complètement remplacer les études cliniques, plus robustes. Mais il s'agit d'une source de données précieuse pour générer des hypothèses, identifier les patients les plus à risque, et pour contrôler la qualité du système de surveillance. Cette méthode sera d'autant plus pertinente qu'elle intégrera l'ensemble des variables pouvant influencer la survenue des ISO. Un score de risque à partir des comorbidités pourrait être envisagé.

Cet outil sera d'autant plus efficace que les professionnels de terrain qui sont en charge du codage coderont les variables d'intérêt ; cela pourrait correspondre à une mesure incitative à un meilleur codage, dans un but de *benchmarking*. La poursuite de ce travail au niveau des bases nationales devrait permettre l'ajustement et la standardisation nécessaires pour permettre des comparaisons inter ES et internationales. Le croisement avec les données du Raisin devrait permettre d'optimiser l'utilisation de ces systèmes de surveillance et de construire un tableau de bord des infections ostéo-articulaires sur matériel. À partir de cet exemple d'IPOA, le modèle pourrait ensuite être reproduit sur les autres infections du site opératoire.

REFERENCES

1. Définition des infections associées aux soins- rapport_vcourte.pdf [Internet]. [cité 27 déc 2013]. Disponible sur: http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_vcourte.pdf
2. Céline L-F. Semmelweis. Gallimard. 128 p.
3. Díaz-Agero Pérez C, Robustillo Rodela A, Monge Jodrá V. The Spanish national health care-associated infection surveillance network (INCLIMECC): Data summary January 1997 through December 2006 adapted to the new National Healthcare Safety Network Procedure-associated module codes. *American Journal of Infection Control*. déc 2009;37(10):806-812.
4. Horan TC, Gaynes RP, Martone WJ, Jarvis WR, Emori TG. CDC definitions of nosocomial surgical site infections, 1992: a modification of CDC definitions of surgical wound infections. *Am J Infect Control*. oct 1992;20(5):271-274.
5. Garner JS, Jarvis WR, Emori TG, Horan TC, Hughes JM. CDC definitions for nosocomial infections, 1988. *Am J Infect Control*. juin 1988;16(3):128-140.
6. Ministère en charge de la Santé. <http://www.sante.gouv.fr/les-infections-nosocomiales>. <http://www.sante.gouv.fr/les-infections-nosocomiales>.
7. Gaynes R, Richards C, Edwards J, Emori TG, Horan T, Alonso-Echanove J, et al. Feeding back surveillance data to prevent hospital-acquired infections. *Emerg Infect Dis*. 2001;7(2):295-298.
8. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Statistiques sanitaires mondiales 2012. Bibliothèque de l'OMS; 2013.
9. Grammatico-Guillon L, Baron S, Gettner S, Lecuyer A-I, Gaborit C, Rosset P, et al. Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008: clinical and economic outcomes. *J Hosp Infect*. sept 2012;82(1):40-48.
10. Kurtz SM, Lau E, Schmier J, Ong KL, Zhao K, Parvizi J. Infection burden for hip and knee arthroplasty in the United States. *J Arthroplasty*. oct 2008;23(7):984-991.
11. Zimmerli W, Ochsner PE. Management of infection associated with prosthetic joints. *Infection*. mars 2003;31(2):99-108.
12. Zimmerli W, Trampuz A, Ochsner PE. Prosthetic-joint infections. *N Engl J Med*. 14 oct 2004;351(16):1645-1654.
13. Astagneau P, L'Hériteau F, Daniel F, Parneix P, Venier A-G, Malavaud S, et al. Reducing surgical site infection incidence through a network: results from the French ISO-RAISIN surveillance system. *J Hosp Infect*. juin 2009;72(2):127-134.

14. Gottlieb T, Atkins BL, Shaw DR. 7: Soft tissue, bone and joint infections. *Med J Aust*. 17 juin 2002;176(12):609-615.
15. Desenclos JC, Brun-Buisson C. Éditorial. La lutte contre les infections associées aux soins: des progrès certes, mais il faut continuer la mobilisation! *Bulletin Épidémiologique hebdomadaire*. 2011;26 avril 2011 / n°15-16-17.
16. Maugat S, Thiolet J, L'Hériteau F, Gautier C, Tronel H, Metzger M, et al. Prévalence des traitements antibiotiques dans les établissements de santé, France, 2006. *Bull Epidemiol Hebd*. 2007;(51-52):432-37.
17. Thiolet J, Lacave L, Tronel H, Jarno P, Metzger M, L'Hériteau F, et al. Prévalence des infections nosocomiales, France, 2006. *Bull Epidemiol Hebd*. 2007;(51-52):429-32.
18. Réseau d'alerte, d'investigation et de surveillance des infections nosocomiales (Raisin). Enquête nationale de prévalence des infections nosocomiales et des traitements anti-infectieux en établissements de santé, France, mai-juin 2012. Résultats. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2013. 181 p. Institut de Veille Sanitaire InVS; 2013 p. 181p.
19. Aubry-Damon H, Lemanissier V, Lepoutre A, Coignard B. Prévalence des traitements antibiotiques à l'hôpital. Résultats de l'enquête nationale de prévalence des infections nosocomiales 2001. *Bull Epidemiol Hebd*. 2004;32-33:162-4.
20. DGS, DGOH. Circulaire DHOS DHOS/E2 – DGS/SD5C N°21 du 22 janvier 2004 relative au signalement des infections nosocomiales et à l'information des patients dans les établissements de santé. DHOS - DGS; 2004 janv. Report No.: 21.
21. Parneix P. La surveillance des infections nosocomiales en France: un élément clé des programmes nationaux Surveillance of healthcare-associated infections in France: a key component of national programs. *Bulletin Épidémiologique hebdomadaire*. 2011;26 avril 2011 / n°15-16-17.
22. Réseau d'alerte, d'investigation et de surveillance des infections nosocomiales (Raisin). Réseau BMR-Raisin. Surveillance des bactéries multirésistantes dans les établissements de santé en France, résultats 2004. http://www.invs.sante.fr/publications/2006/bmr_raisin_2004/bmr_raisin_2004.pdf;
23. Dal-Paz K, Oliveira PRD, Paula AP de, Emerick MC da S, Pécora JR, Lima ALLM. Economic impact of treatment for surgical site infections in cases of total knee arthroplasty in a tertiary public hospital in Brazil. *Braz J Infect Dis*. août 2010;14(4):356-359.
24. Del Pozo JL, Patel R. Clinical practice. Infection associated with prosthetic joints. *N Engl J Med*. 20 août 2009;361(8):787-794.
25. Grammatico-Guillon L, Rusch E, Astagneau P. Surveillance of prosthetic joint infections: international overview and new insights for hospital databases. *Journal of*

Hospital Infection [Internet]. [cité 17 déc 2013]; Disponible sur: [http://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701\(13\)00363-0/abstract](http://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701(13)00363-0/abstract)

26. Hunt LP, Ben-Shlomo Y, Clark EM, Dieppe P, Judge A, MacGregor AJ, et al. 90-day mortality after 409,096 total hip replacements for osteoarthritis, from the National Joint Registry for England and Wales: a retrospective analysis. *Lancet*. 28 sept 2013;382(9898):1097-1104.
27. Zimmerli W. Infection and musculoskeletal conditions: Prosthetic-joint-associated infections. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. déc 2006;20(6):1045-1063.
28. Debarge R, Nicolle MC, Pinaroli A, Ait SS, Neyret P. Surgical site infection after total knee arthroplasty: a monocenter analysis of 923 first-intention implantations. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur*. 2007;93(6):582.
29. Bernard L, Hoffmeyer P, Assal M, Vaudaux P, Schrenzel J, Lew D. Trends in the treatment of orthopaedic prosthetic infections. *J Antimicrob Chemother*. févr 2004;53(2):127-129.
30. Astagneau P, Rioux C, Golliot F, Brücker G. Morbidity and mortality associated with surgical site infections: results from the 1997-1999 INCISO surveillance. *Journal of Hospital Infection*. août 2001;48(4):267-274.
31. Barnes S, Salemi C, Fithian D, Akiyama L, Barron D, Eck E, et al. An enhanced benchmark for prosthetic joint replacement infection rates. *Am J Infect Control*. déc 2006;34(10):669-672.
32. López-Contreras J, Limón E, Matas L, Olona M, Sallés M, Pujol M. Epidemiology of surgical site infections after total hip and knee joint replacement during 2007-2009: a report from the VINCAt Program. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. juin 2012;30 Suppl 3:26-32.
33. Mabit C, Marcheix PS, Mounier M, Dijoux P, Pestourie N, Bonneville P, et al. Impact of a surgical site infection (SSI) surveillance program in orthopedics and traumatology. *Orthop Traumatol Surg Res*. oct 2012;98(6):690-695.
34. Muilwijk J, van den Hof S, Wille JC. Associations between surgical site infection risk and hospital operation volume and surgeon operation volume among hospitals in the Dutch nosocomial infection surveillance network. *Infect Control Hosp Epidemiol*. mai 2007;28(5):557-563.
35. Singh S, Kumar RK, Sundaram KR, Kanjilal B, Nair P. Improving outcomes and reducing costs by modular training in infection control in a resource-limited setting. *Int J Qual Health Care*. déc 2012;24(6):641-648.
36. NNIS system. Nosocomial infection rates for interhospital comparison: limitations and possible solutions. A Report from the National Nosocomial Infections Surveillance (NNIS) System. *Infect Control Hosp Epidemiol*. oct 1991;12(10):609-621.

37. Smyth ETM, Emmerson AM. Surgical site infection surveillance. *Journal of Hospital Infection*. juill 2000;45(3):173-184.
38. Brandt C, Sohr D, Behnke M, Daschner F, Rüden H, Gastmeier P. Reduction of surgical site infection rates associated with active surveillance. *Infect Control Hosp Epidemiol*. déc 2006;27(12):1347-1351.
39. Trampuz A, Piper KE, Jacobson MJ, Hanssen AD, Unni KK, Osmon DR, et al. Sonication of removed hip and knee prostheses for diagnosis of infection. *N Engl J Med*. 16 août 2007;357(7):654-663.
40. Petherick ES, Dalton JE, Moore PJ, Cullum N. Methods for identifying surgical wound infection after discharge from hospital: a systematic review. *BMC Infect Dis*. 2006;6:170.
41. Peel TN, Buising KL, Choong PFM. Prosthetic joint infection: challenges of diagnosis and treatment. *ANZ J Surg*. janv 2011;81(1-2):32-39.
42. Berbari EF, Hanssen AD, Duffy MC, Steckelberg JM, Ilstrup DM, Harmsen WS, et al. Risk factors for prosthetic joint infection: case-control study. *Clin Infect Dis*. nov 1998;27(5):1247-1254.
43. Wójkowska-Mach J, Jaje E, Romaniszyn D, Kasparek M, Frańczuk B, Bulanda M, et al. Comparison of SSI rates in endoarthroplasty of hip and knee in a Cracow patient population and the importance of postdischarge surveillance. *Infection*. févr 2008;36(1):36-40.
44. Pulido L, Ghanem E, Joshi A, Purtill JJ, Parvizi J. Periprosthetic joint infection: the incidence, timing, and predisposing factors. *Clin Orthop Relat Res*. juill 2008;466(7):1710-1715.
45. Lipsky BA, Weigelt JA, Gupta V, Killian A, Peng MM. Skin, soft tissue, bone, and joint infections in hospitalized patients: epidemiology and microbiological, clinical, and economic outcomes. *Infect Control Hosp Epidemiol*. nov 2007;28(11):1290-1298.
46. Haley VB, Van Antwerpen C, Tserenpuntsag B, Gase KA, Hazamy P, Doughty D, et al. Use of administrative data in efficient auditing of hospital-acquired surgical site infections, New York State 2009-2010. *Infect Control Hosp Epidemiol*. juin 2012;33(6):565-571.
47. Astagneau P, Ancelle T. Surveillance épidémiologique : principes, méthodes et applications en santé publique. Lavoisier. 2011. 360 p.
48. CLARTE. Consortium Loire-Atlantique-Aquitaine-Rhône-Alpes pour la production d'indicateurs de qualité en sanTE [Internet]. [cité 16 déc 2013]. Disponible sur: <http://clarte-sante.fr/>
49. McKibben L, Horan T, Tokars JI, Fowler G, Cardo DM, Pearson ML, et al. Guidance on public reporting of healthcare-associated infections: recommendations of the Healthcare

- Infection Control Practices Advisory Committee. *Am J Infect Control*. mai 2005;33(4):217-226.
50. LegiFrance. LOI n° 2002-303 du 4 mars 2002 relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé [Internet]. www.legifrance.gouv.fr. [cité 6 janv 2014]. Disponible sur: http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=02B9F85B28074085A4E03A4822F80E95.tpdkjo08v_3?cidTexte=JORFTEXT000000227015&categorieLien=id
 51. Association Le Lien. Qui sommes-nous? : Association Le Lien [Internet]. <http://lelien-association.fr>. [cité 6 janv 2014]. Disponible sur: <http://lelien-association.fr/site/tiki-index.php?page=Qui%20sommes-nous%20?>
 52. Astagneau P, Legrand P, Lucet J. Maitrise de la diffusion des bactéries multirésistantes aux antibiotiques. Ministère de l'Emploi et des Solidarités; 1999.
 53. Streiner DL, Norman GR. *Health Measurement Scales. A practical guide to their development and use*. Oxford. Oxford University Press; 2008. 428 p.
 54. Fung CH, Lim Y-W, Mattke S, Damberg C, Shekelle PG. Systematic review: the evidence that publishing patient care performance data improves quality of care. *Ann Intern Med*. 15 janv 2008;148(2):111-123.
 55. Ghali WA, Pincus HA, Southern DA, Brien SE, Romano PS, Burnand B, et al. ICD-11 for quality and safety: overview of the who quality and safety topic advisory group. *Int J Qual Health Care*. déc 2013;25(6):621-625.
 56. AHRQ.gov. Agency for Healthcare Research & Quality (AHRQ) [Internet]. [qualityindicators.ahrq.gov](http://www.qualityindicators.ahrq.gov). [cité 16 déc 2013]. Disponible sur: <http://www.qualityindicators.ahrq.gov/>
 57. Ministère en charge de la Santé. Arrêté du 28 décembre 2010 fixant les conditions dans lesquelles l'établissement de santé met à la disposition du public les résultats publiés chaque année des indicateurs de qualité et de sécurité des soins. Le ministre du travail, de l'emploi et de la santé et la secrétaire d'Etat auprès du ministre du travail, de l'emploi et de la santé, chargée de la santé; 2011 janv p. 340.
 58. [Rapport_national_Tableau_bord_Infections_Nosocomiales_2012.pdf](http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_national_Tableau_bord_Infections_Nosocomiales_2012.pdf) [Internet]. [cité 6 janv 2014]. Disponible sur: http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_national_Tableau_bord_Infections_Nosocomiales_2012.pdf
 59. Wilson J, Ramboer I, Suetens C. Hospitals in Europe Link for Infection Control through Surveillance (HELICS). Inter-country comparison of rates of surgical site infection – opportunities and limitations. *Journal of Hospital Infection*. juin 2007;65, Supplement 2:165-170.

60. Manniën J, van den Hof S, Muilwijk J, van den Broek PJ, van Benthem B, Wille JC. Trends in the incidence of surgical site infection in the Netherlands. *Infect Control Hosp Epidemiol.* déc 2008;29(12):1132-1138.
61. Rioux C, Grandbastien B, Astagneau P. Impact of a six-year control programme on surgical site infections in France: results of the INCISO surveillance. *J Hosp Infect.* juill 2007;66(3):217-223.
62. Birgand G, Lepelletier D, Baron G, Barrett S, Breier A-C, Buke C, et al. Agreement among healthcare professionals in ten European countries in diagnosing case-vignettes of surgical-site infections. *PLoS ONE.* 2013;8(7):e68618.
63. Lepelletier D, Ravaud P, Baron G, Lucet J-C. Agreement among health care professionals in diagnosing case Vignette-based surgical site infections. *PLoS ONE.* 2012;7(4):e35131.
64. Lepelletier D, Bourigault C, Roussel JC, Lasserre C, Leclère B, Corvec S, et al. Epidemiology and prevention of surgical site infections after cardiac surgery. *Med Mal Infect.* oct 2013;43(10):403-409.
65. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR. Guideline for prevention of surgical site infection, 1999. Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Infect Control Hosp Epidemiol.* avr 1999;20(4):250-278; quiz 279-280.
66. Pérez CD-A, Rodela AR, Monge Jodrá V. The Spanish national health care-associated infection surveillance network (INCLIMECC): data summary January 1997 through December 2006 adapted to the new National Healthcare Safety Network Procedure-associated module codes. *Am J Infect Control.* déc 2009;37(10):806-812.
67. Friedman C, Sturm LK, Chenoweth C. Electronic chart review as an aid to postdischarge surgical site surveillance: increased case finding. *Am J Infect Control.* oct 2001;29(5):329-332.
68. Tanner J, Padley W, Kiernan M, Leaper D, Norrie P, Baggott R. A benchmark too far: findings from a national survey of surgical site infection surveillance. *J Hosp Infect.* févr 2013;83(2):87-91.
69. Haute Autorité de Santé (HAS). Haute Autorité de Santé - Le site du projet COMPAQH [Internet]. www.has-sante.fr. [cité 16 déc 2013]. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_499943/fr/le-site-du-projet-compaqh
70. Nuemi G, Astruc K, Aho S, Quantin C. [Comparing results of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) surveillance using the French DRG-based information system (PMSI)]. *Rev Epidemiol Sante Publique.* oct 2013;61(5):455-461.
71. Ministère en charge de la Santé. Le programme hôpital numérique [Internet]. www.sante.gouv.fr. [cité 27 déc 2013]. Disponible sur: <http://www.sante.gouv.fr/le-programme-hopital-numerique.html>

72. DGOS, Ministère en charge de la Santé. INSTRUCTION N°DGOS/PF/MSIOS/2012/347 du 25 septembre 2012 relative au renseignement de l'observatoire des systèmes d'information de santé.
73. Atlas SIH [Internet]. [cité 13 mars 2014]. Disponible sur: http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Atlas_SIH-3.pdf
74. Bouzbid S, Gicquel Q, Gerbier S, Chomarar M, Pradat E, Fabry J, et al. Automated detection of nosocomial infections: evaluation of different strategies in an intensive care unit 2000-2006. *J Hosp Infect.* sept 2011;79(1):38-43.
75. Fosse S, Jacqueminet S, Duplan H, Hartemann-Heurtier A, Ha Van G, Grimaldi A, et al. Incidence et Caractéristiques des Amputations des Membres Inférieurs chez les Personnes Diabétiques en France Métropolitaine, 2003. *Bulletin Epidémiologique hebdomadaire.* 2006;(10):71-3.
76. Cuggia M, Bayat S, Garcelon N, Sanders L, Rouget F, Coursin A, et al. A full-text information retrieval system for an epidemiological registry. *Stud Health Technol Inform.* 2010;160(Pt 1):491-495.
77. Jay N, Egho E, Nuemi G, Kohler F, Napoli A, Quantin C. Apports des méthodes de fouille de données pour l'étude des trajectoires de prise en charge du cancer du poumon en région Bourgogne. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique.* mars 2012;60, Supplement 1:S13-S14.
78. Quantin C, Chatellier G, Le Goaster C, Taright N, Kohler F, Toussaint E, et al. Système d'information hospitalier et Epidémiologie. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 28 févr 2014;
79. Roy D, Desenclos JC. les bases de données médico-administratives□: un nouveau souffle pour la surveillance en la santé publique. *Bull epid hebdo.* 2013;2-3.
80. Rolland-Jacob G, Joffroy F, Bessaguet C, Cotten M, Lejeune B, Mailfer J-Y, et al. Apport du Système d'Information Hospitalier dans la Surveillance des infections du Site Opératoire□: Expérience du Centre Hospitalier de Quimper-Cornouaille, France. *Bull Epidemiol Hebd.* 26 avr 2011;15-16-17:188-90.
81. Grammatico-Guillon L, Maakaroun Vermesse Z, Baron S, Gettner S, Rusch E, Bernard L. Paediatric bone and joint infections are more common in boys and toddlers: a national epidemiology study. *Acta Paediatr.* 3 déc 2012;
82. Saint-Laurent D, Blais C, Jean S, Sirois C, Rochette L, Emond V. Le modèle québécois de surveillance des maladies chroniques basé sur l'utilisation des données médico-administratives jumelées. *Bulletin Epidémiologique hebdomadaire.*
83. Quantin C, Fassa M, Coatrieux G, Riandey B, Trouessin G, Allaert FA. Linking anonymous databases for national and international multicenter epidemiological studies: A cryptographic algorithm. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique.* févr 2009;57(1):e1-e6.

84. Campillo-Gimenez B, Garcelon N, Jarno P, Chapplain JM, Cuggia M. Full-text automated detection of surgical site infections secondary to neurosurgery in Rennes, France. *Stud Health Technol Inform.* 2013;192:572-575.
85. Gerbier-Colomban S, Bourjault M, Cêtre J-C, Baulieux J, Metzger M-H. Evaluation study of different strategies for detecting surgical site infections using the hospital information system at Lyon University Hospital, France. *Ann Surg.* mai 2012;255(5):896-900.
86. Michelson JD, Pariseau JS, Paganelli WC. Assessing surgical site infection risk factors using electronic medical records and text mining. *American Journal of Infection Control.* mars 2014;42(3):333-336.
87. Quantin C, Benzenine E, Sediki M, Auverlot B, Abrahamowicz M. Estimation de la fréquence des hémorragies de la délivrance en France à partir des données transfusionnelles du PMSI. *Bull Epidemiol Hebd.* 2013;((hors série)):43-8.
88. Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation. Présentation du PMSI MCO: pour comprendre les principes et l'historique de ce champ du PMSI. ATIH; 2004.
89. ATIH. Agence technique de l'information sur l'hospitalisation. <http://www.atih.sante.fr/>.
90. Pour une meilleure utilisation des bases de données nationales pour la santé publique et la recherche. Haut Conseil de la Santé Publique [Internet]. [cité 16 déc 2013]. Disponible sur: http://www.hcsp.fr/explore.cgi/hcspr20120309_bddadministration.pdf
91. Grammatico L, Baron S, Rusch E, Lepage B, Surer N, Desenclos JC, et al. Epidemiology of vertebral osteomyelitis (VO) in France: analysis of hospital-discharge data 2002-2003. *Epidemiol Infect.* mai 2008;136(5):653-660.
92. Defez C, Fabbro-Peray P, Cazaban M, Boudemaghe T, Sotto A, Daurès JP. Additional direct medical costs of nosocomial infections: an estimation from a cohort of patients in a French university hospital. *J Hosp Infect.* févr 2008;68(2):130-136.
93. Cooke E., Coello R, Sedgwick J, Ward V, Wilson J, Charlett A, et al. A national surveillance scheme for hospital associated infections in England. *Journal of Hospital Infection.* sept 2000;46(1):1-3.
94. Sreeramoju PV, Madsen T, Patterson JE. Nonpayment measures and surveillance for health care-associated infections. *American Journal of Infection Control.* avr 2009;37(3):256-257.
95. Stevenson KB, Khan Y, Dickman J, Gillenwater T, Kulich P, Myers C, et al. Administrative coding data, compared with CDC/NHSN criteria, are poor indicators of health care-associated infections. *American Journal of Infection Control.* avr 2008;36(3):155-164.

96. Inacio MCS, Paxton EW, Chen Y, Harris J, Eck E, Barnes S, et al. Leveraging electronic medical records for surveillance of surgical site infection in a total joint replacement population. *Infect Control Hosp Epidemiol.* avr 2011;32(4):351-359.
97. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis.* 1987;40(5):373-383.
98. Grammatico-Guillon L, Baron S, Gaborit C, Rosset P, Rusch E, Bernard L. Letter in Response to the Article on Bone and Joint Infection in the United States: French Data. *J Arthroplasty.* 20 mars 2013;
99. Coello R, Gastmeier P, Boer AS de. Surveillance of Hospital - Acquired Infection in England, Germany, and The Netherlands: Will International Comparison of Rates Be Possible? •. *Infection Control and Hospital Epidemiology.* 1 juin 2001;22(6):393-397.
100. Szilágyi E, Böröcz K, Gastmeier P, Kurcz A, Horváth-Puhó E. The national nosocomial surveillance network in Hungary: results of two years of surgical site infection surveillance. *J Hosp Infect.* janv 2009;71(1):74-80.
101. Hors Série B. Apports des bases médico-administratives pour l'épidémiologie et la surveillance□: regards croisés France-Québec // Contribution of health administrative databases to epidemiology and surveillance: crossed views from France and Quebec. *Bulletin Epidémiologique hebdomadaire. iNVS.* déc 2013;
102. Mayor S. English hospitals under-report surgical site infections, survey shows. *BMJ.* 2013;346:f345.
103. Apports des bases médico-administratives pour l'épidémiologie et la surveillance: regards croisés France -Québec (BEH 19 dec 2013/hors-serie) [Internet]. [cité 24 janv 2014]. Disponible sur: http://www.invs.sante.fr/beh/2013/hors-serie/pdf/2013_hors-serie.pdf
104. CIRCULAIRE N°DHOS/E2/DREES/OSAM/2009/224 du 17 juillet 2009 relative à l'appel à projets sur une expérimentation des indicateurs de qualité [Internet]. [cité 16 déc 2013]. Disponible sur: http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/circulaire_224_170709.pdf
105. Grammatico-Guillon L, Thiercelin N, Mariani S, Lecuyer AI, Goudeau A, Bernard L, et al. Etude des séjours pour pneumopathie à *Streptococcus pneumoniae* entre 2004 et 2008 en région Centre [Internet]. 2012. pp. 1-8 p. Disponible sur: http://ireps-ors-paysdelaloire.centredoc.fr/opac/index.php?lvl=notice_display&id=18295
106. Quan H, Li B, Couris CM, Fushimi K, Graham P, Hider P, et al. Updating and validating the Charlson comorbidity index and score for risk adjustment in hospital discharge abstracts using data from 6 countries. *Am J Epidemiol.* 15 mars 2011;173(6):676-682.

ARTICLES DE THÈSE

Article 1 - Surveillance of prosthetic joint infections: international overview and new insights for hospital databases

1- Panorama des systèmes de surveillance existants pour les infections du site opératoire

Grammatico-Guillon L, Rusch E, Astagneau P, Surveillance of prosthetic joint infections: international overview and new insights for hospital databases, *Journal of Hospital Infection* (2013), doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.016.



Review

Surveillance of prosthetic joint infections: international overview and new insights for hospital databases

L. Grammatico-Guillon^{a,b,*}, E. Rusch^b, P. Astagneau^c

^a Université Pierre et Marie Curie, Ecole de médecine, Paris, France

^b Service d'information médicale, d'épidémiologie et d'économie de la santé, CHRU de Tours, Université François Rabelais, Tours, France

^c Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique, Centre de coordination interregional pour le contrôle des infections nosocomiales, Paris, France

ARTICLE INFO

Article history:
Received 5 March 2013
Accepted 23 September 2013
Available online xxx

Keywords:

Surgical site infection
Surveillance network
Prosthetic joint infection
Hospital information system

SUMMARY

Since the US National Nosocomial Infections Surveillance System was implemented in the 1970s, several countries have developed their own surveillance systems, all including surgical site infection (SSI) as a major target. However, the performance of such systems needs to be evaluated further in terms of data quality and cost-effectiveness. The current article presents a literature overview of the main strategies used for SSI surveillance worldwide, focusing on hip and knee arthroplasty infections, and discusses new issues for further development of surveillance databases.

© 2013 Published by Elsevier Ltd on behalf of the Healthcare Infection Society.

Introduction

Nosocomial infection (NI), also known as 'healthcare-associated infection' (HCAI),^{1–3} is a major patient safety issue, affecting approximately 2 million people each year worldwide⁴ with significant morbidity and mortality, and substantial healthcare expenditures.^{5–10} Surgical site infection (SSI) is a common complication of surgery.^{7–9,11} SSI is the second most common HCAI (approximately 17% of all HCAIs),^{4,9,12,13} and represents a major challenge for surgical healthcare

settings.^{4,6,9,14–16} Every year, 2.7% of surgical procedures in the USA are complicated by SSIs,^{17,18} as are 1.5% of surgical procedures performed in France (14% of all French HCAIs).^{12,19,20} Surveillance of hip or knee arthroplasty infections (HKAIs) is one of the SSI key targets due to the high volume of orthopaedic procedures; a normally low risk of infection after this clean procedure; and devastating consequences in terms of morbidity, handicap, prolonged length of stay and higher cost.^{5,12,21–25}

Surveillance plays an essential role in reducing SSI in well-designed infection control programmes.²⁶ Feedback has been shown to be effective in reducing infection rates.^{4,11,27} Various surveillance strategies have been developed since the early 1990s in the USA and Europe to improve HCAI knowledge and guide the prevention efforts of infection control. Public reporting of these data could also provide outcome indicators that could be disclosed in hospital benchmark programmes and promote improvement and enhanced patient safety.^{28,29}

* Corresponding author. Address: Service d'information médicale, d'épidémiologie et d'économie de la santé, CHRU de Tours, 2 bd Tonnellé, 37 000 Tours, France. Tel.: +33 2 47 47 82 49; fax: +33 2 47 47 84 33.

E-mail address: leslie.guillon@univ-tours.fr (L. Grammatico-Guillon).

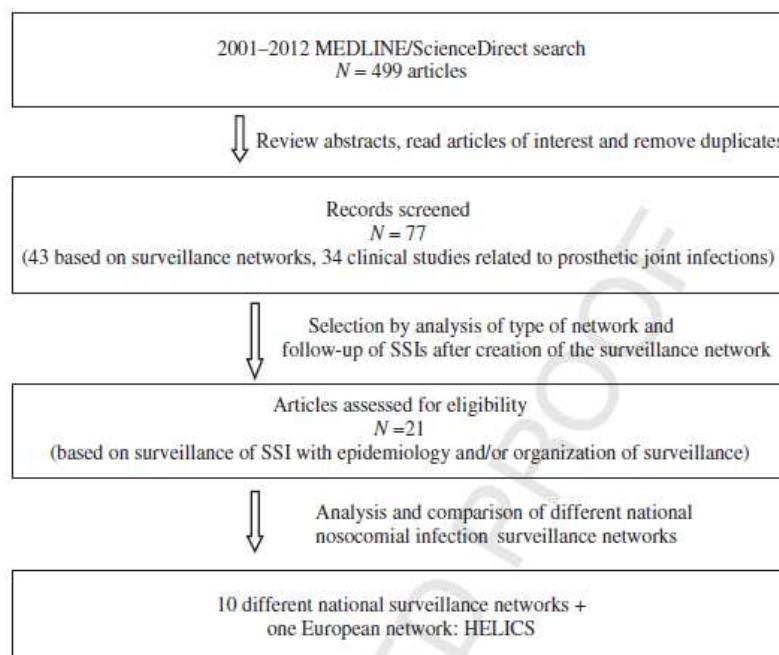


Figure 1. Search strategy. SSI, surgical site infection.

This article presents an overview of current SSI surveillance systems used worldwide, focusing on HKAls, and aims to raise issues about the development of more cost-effective systems using routinely collected hospital data.

Methods

Different SSI networks were identified and described using specific criteria. An Internet search was undertaken including studies that used data collected by national patient SSI surveillance, including orthopaedic SSI data, from January 2001 to January 2013. The focus of the studies selected was evaluated according to the presence of selected criteria: national organization, methodological approach, and accurate definition and epidemiology of SSI/HKAI.

When devising an SSI surveillance programme, consideration needs to be given to the definitions of infection used and patient inclusion criteria.^{2,26,30–34} The majority of SSI surveillance programmes use the Centers for Disease Control and Prevention's (CDC) definition for SSI, based on expert recommendations.^{3,4,9,33,35} Only articles that used the following definition were included in this study: a SSI is defined as nosocomial if it occurs within 30 days postoperatively.^{9,11} If a prosthetic device was implanted, this period was extended to 1 year postoperatively.^{3,4,13,14,35,36}

A common classification for prosthetic joint infection (PJI) has not yet been established to date, but several experts in wound infection have given an accepted definition according to the SSI definition.^{7,8,37–40}

The standardized infection ratio (SIR) is calculated by dividing the observed number of infections by the expected

number of infections over a particular period.⁴¹ The expected number of infections is calculated by indirect standardization; for each risk category, the number of specific procedures performed is multiplied by the specific rate that it is being compared with [in this case, the rate reported by the National Nosocomial Infections Surveillance System (NNISS)].^{1,9,42}

The review excluded studies that were not based on national surveillance data, as well as those based on local networks. Comments, editorials and letters concerning SSI were also excluded.

The bibliographic search was performed in Pubmed and ScienceDirect using the following search strategy: 'Nosocomial infection' OR 'Infection control' AND 'surveillance network', ('Prosthesis joint infections' OR 'Surgical wound infection' AND 'Epidemiology' OR 'Prevention/Control). 'Orthopaedic implant-related infection', 'joint replacement AND infection' and 'surgical wound infection AND review' were also used as few studies were identified in the first instance.

Data extracted from each publication included: method of surveillance used, definition of SSI, location of infection and epidemiology of SSI (overall and HKAI). Following strengths and weaknesses were considered from the interest in the abstract and by reading the article, according to the main items dealt with:

- scheme of national surveillance organization [including postdischarge surveillance (PDS)];
- epidemiological impact of surveillance in reducing SSI; and
- new insights regarding hospital information systems (HIS).

In total, 77 studies were analysed (Figure 1) according to the inclusion criteria mentioned above.

Table 1
Features of different national surveillance systems

National surveillance systems	SSI target surveillance	Minimum surveillance period	Postdischarge surveillance	CDC definitions	Case finding/ data collection	Hospital reports and analysis
NHSN (USA)	For all operative procedures, SSIs related to the primary incision only	At least 1 year	No	Yes	PE ICP	Secure web base system/ public health partners
INCLIMECC (Spain)	Idem NHSN	Longer than 6 months	No (re-admission yes)	Yes	PE NTE	Worksheet and web database
RAISIN (France)	Digestive, orthopaedic, gynaecology and cardiovascular surgery	3 months yearly 30-day follow-up	No (1 month to 1 year re-admission)	Yes	ICP, surgical team	Forms in EpiInfo previously/ISOWEB recently used
NNSR (Hungary)	Caesarean section herbiorrhaphy, cholecystectomy and hip procedures	At least 6 months	No only re-admission	Yes	Doctors, ICN	Web base report system (National Center of Epidemiology)
KISS (Germany)	All operative procedures	Yearly	No	Yes	ICP Doctors ICN	Paper form then website
SIRO (Finland)	Orthopaedic surgery	At least 1 year	Yes, re-admission postdischarge questionnaire	Yes	ICN	Electronic form to National Centre
PREZIES (Netherland)	Each hospital chooses one of: mastectomy, colectomy, replacement of the head of the femur, hip or knee arthroplasty	6–60 months	Yes, outpatient's medical record	Yes	ICN Doctors, PE	Computer-based
SSHAIP (Scotland)	Each hospital chooses two of nine procedures, one of which should be orthopaedic	Survey at least 1 month and post discharge follow-up	Yes telephone surveillance postdischarge	Yes	Surgical team, ICP	Questionnaire, telephone interview
NINSS (UK)	Set of modules (bacteraemia, SSI, catheter-associated urinary tract infection)	At least 3 months yearly	Optional postdischarge questionnaire	Yes	Clinical staff ICP	Computer based
HELICS	14 countries SSI results	Yearly	No	Yes	ICP	Computer based

SSI, surgical site infection; CDC, Centers for Disease Control and Prevention; PE, physician epidemiologist; ICP, infection control practitioner; NTE, nurse trained in epidemiology; ICN, infection control nurse.

Q21
L. Grammatico-Guillon et al. / Journal of Hospital Infection xxx (2013) 1–9

3

Table II

Distribution of main studies with estimation of surgical site infection (SSI) and prosthetic joint infection (PJI) rates

National surveillance systems	SSI incidence	PJI after THA	Hip SIR	PJI after TKA	Knee SIR	Overall estimation of PJI
NHSN (USA)	1.19–1.9%	1.4%		1.0%		
INCLIMECC (Spain)	—	2.7%	3.25	1.3%	1.87	
RAISIN (France)	1–1.9%	1.54		0.67%		0.84%
NNSR (Hungary)	2.27%	2.91%	2.32			
KISS (Germany)	1.6%			1%		1.0%
SIRO (Finland)	—	1.6%	—	1.3%		0.95%
PREZIES (Netherlands)	1.8%	1.3–2.3%		1.6%		2.2%
	1.3–1.9%	2.4%				
SSHAIP (Scotland)	2.61 (2.3–3.0)	1.75 (1.3–2.3)		1.46 (0.9–2.3)		
NINSS (UK)	2.4%	2.4%		3.7%		
HELICS (Europe)		2.2 (2.1–2.4)				

SIR, standardized infection ratio; THA, total hip arthroplasty; TKA, total knee arthroplasty.

Results

In total, 499 articles were identified, 77 of which met the inclusion criteria. The main clinical articles about HKAI completed the data retrieved in the bibliographic search. Among the 43 articles based on surveillance networks, 21 discussed SSI epidemiology, evaluation and/or organization of surveillance; 10 were multi-centre surveillance networks for SSIs; and one was the European system 'Hospitals in Europe Link for Infection Control through Surveillance' (HELICS) (Figure 1 and Table I).

Scheme of national surveillance organization

Several national surveillance networks for NI were created independently in the 1990s (Table I) based on a voluntary, hospital-based confidential reporting system derived from the recommendations and methods of the CDC and NNIS, established in 1996.^{3,4,43} A recent HELICS study showed good concordance between US and European definitions of NI.⁴⁴ This 'network of networks' has resulted in a European database including 14 networks in 11 partner countries, with over 600 hospitals submitting surveillance data.⁴⁵ The French national NI programme, RAISIN (Réseau d'Alerte, Investigation Surveillance des Infections Nosocomiales), set up a national SSI surveillance system named 'ISO-RAISIN'.^{9,12} Its area covers approximately 26,000 acute care hospital beds in surgical wards, representing 25% of French surgical activity.¹⁹ In the Netherlands, approximately 90% of acute care hospitals participate in SSI surveillance in the Dutch national nosocomial surveillance network, PREZIES (Preventie van Ziekenhuisinfecties door Surveillance).^{13,24,36,46–49} In 1996, the Nosocomial Infection National Surveillance Scheme (NINSS) was established in England.^{50,51} Approximately two-thirds of English hospitals participated in two NINSS modules including SSI surveillance, with a subgroup following orthopaedic surgery. The VICONOS network has been established in Spain since 1997,^{1,42} and was renamed 'INCLIMECC' (Indicadores Clínicos de Mejora Continua de la Calidad) in 2005.¹ This is a prospective system for NI surveillance based on incidence data across 61 participating Spanish public hospitals.¹ Since 1999, the Finnish Hospital Infection Programme (SIRO) has prospectively monitored orthopaedic operations with one-year follow-up in

12 hospitals, covering 17% of all HKA performed in Finland.^{52,53} In the 2000s, new surveillance networks based on the NNIS were developed, including:

- in Germany, more than 200 of the 2200 hospitals participate in the national NI surveillance system [Krankenhaus Infections Surveillance System (KISS)];^{43,54–56}
- in Hungary, NNSR (Nemzeti Nosocomiális Surveillance Rendszer) has 41 participating hospitals⁵⁴; and
- in Scotland, SSHAIP (Scottish Surveillance of Healthcare Associated Infection Programme) has 46 acute care hospitals involved in SSI surveillance for two operative procedures, one of which should be orthopaedic.⁵⁷

National data collection systems are generally secure web-based systems, transmitting information from hospitals to central coordination centres. However, validation does not occur regularly in all networks and feedback is not planned routinely. NI data are usually collected locally by infection control practitioners (ICPs) and/or local infection control nurses, mainly performed with clinical staff, requiring involvement and availability of these busy healthcare workers.^{43,51,58–60} (Table I).

The lengths of surveillance differ between countries, despite the fact that long periods of surveillance are known to be necessary. Often, the minimum surveillance period is one year (e.g. USA, Hungary, Finland, Germany, HELICS) (Table I). In several European countries, the decision was made to monitor surveillance over a three-month period each year (e.g. France, Scotland, UK). A standard method has been set up in France based on individual surveys over 30 days of post-operative follow-up, with 180 surgical wards participating for at least two years.^{9,12,19,61,62}

Hospitals are encouraged to report infections detected after discharge (e.g. in Germany, France, UK)^{9,19,43,51} (Table I). PDS is investigated in most recent schemes, but methods have not been standardized.^{27,55,57,63,64} Only a few published studies have reported the proportions of SSIs detected at different times. Patient follow-up methods vary, with most hospital trusts using PDS rather than inpatient and re-admission surveillance alone.^{27,64–66} In Finland, hospitals conduct prospective PDS on re-admission and at follow-up visits, and in seven pilot hospitals, an additional postdischarge questionnaire is given to each patient at discharge.⁵² In PREZIES, PDS is strongly

recommended with a special registration card to the out-patient's medical record; national data are reported with and without PDS.⁶⁷ PDS is also a voluntary component of the mandatory SSI surveillance programme in Scotland, and is encouraged for procedures with a short length of stay. It consists of a questionnaire survey and a follow-up telephone interview.⁵⁷ In an analysis of HKAI, HELICS reported PJI percentages after discharge ranging from 0% (in England and Lithuania) to 55% (in Northern Ireland).^{68,69} After hip prosthesis, SSIs occurred after discharge in 25% of the cases in a German study.⁷⁰ Finally, PDS evaluation methods differ between countries. No homogeneous method or recommendation exists at present, and there is no surveillance network suitable for PDS.

There are considerable differences in data collection methods and data quality, and this could cause wide variation in reported SSI rates, due to: reporting by different healthcare professionals, varying data sources, retrospective or prospective method, PDS, etc.^{27,55,64–66}

Epidemiological impact of SSI surveillance

The incidence of SSI in the different networks is shown in Table II. Recent studies have shown low rates of HCAI. Global SSI incidence has decreased in all countries with a surveillance network^{9,15,30,43,55,59}; evaluation of incidence rates before and after implementation of surveillance networks showed that SSI decreased by approximately 2%. In the USA, Mu *et al.* reported an SSI incidence rate of 1.9%,⁷¹ similar to the most recent rate found in PREZIES (1.8%).³⁶ In France, Rioux *et al.* estimated that the SSI incidence rate decreased between 1998 and 2000 from 2.1% to 1.4%, which was a 33% reduction.¹⁹ In a recent RAISON study, the SSI rate was 1.9%⁵⁹; however, in 2008, it was estimated that the SSI rate decreased from 2% to 1%.¹⁹ The overall SSI rate in Hungary was 2.3%, with the highest rate seen following hip replacement (2.9%).³⁴ However, data on SSI rates derived from national programmes are not always comparable with data obtained from high-quality surveillance studies or SSI research trials,^{27,63–65} which represents an anomaly. This is one of the reasons for introduction of the SIR.

The SIR results from implementation of infection control policies and is used for comparison of SSI rates between wards.^{34,50,72} It should be considered as a reliable indicator to estimate the reduction in SSI incidence. The SIR is not used regularly in SSI surveillance to evaluate NI surveillance networks. VICONOS estimated that the SIR was 1.87 for total knee arthroplasties (TKA) and 3.25 for total hip arthroplasties (THA).^{1,42} In KISS, Huenger *et al.* estimated that the SIR was 1.25 and 0.36 for THA and TKA, respectively.⁷⁰ The SIR is higher in patients undergoing knee replacement procedures.⁷³

Recent studies have reported low PJI rates of approximately 1% following TKA and 0.3–0.6% following THA (Table II). In the Netherlands, PJI occurred following 0.8–1.9% of TKA and 0.3–1.7% of THA.¹⁷ In SIRO, the PJI rate was 1.6% following THA and 1.3% following TKA, and the annual incidence rates were 2.1 and 1.5 cases per 100,000, respectively.⁵² In a US study, the incidence rates of PJI following THA or TKA were estimated at 1.5% and 2.5%, respectively.⁷⁴ From 1997 to 2003 in Spain, the incidence rates of PJI following THA and TKA were 2.7% and 1.3%, respectively.^{1,42} In France, in a six-year survey, SSI incidence was 1.5% following THA and 0.7% following TKA.¹⁹

Several studies have demonstrated that HKAI rates decreased following the implementation of an SSI network, especially during the first three years,^{9,19,48,54,55,75} as did the rates for other SSIs.^{34,36,54} However, due to consistently under-reported data, one could assume that all systems underestimate the true SSI rates,^{31,45,48,64} including those for HKAI.

New insights regarding hospital information systems

HIS implement integrated information systems designed to manage the medical, administrative, financial and legal aspects of a hospital. Using the HIS, including a hospital discharge database (HDD), avoids missing data and enables PDS during follow-up.

HDDs could be used as alternative SSI surveillance systems, as complementary control systems to evaluate trends in SSIs, regardless of when they occur. A US study using hospital discharge coding showed that administrative coding alone is a poor tool for use as an infection control surveillance method, with a positive predictive value of <60%.²⁸ However, some authors have started to propose studies using a robust medical information system, with a multi-disciplinary construction of case definition allowing the creation of robust algorithms, assess the method and that perform well.^{27,51,76} Data mining in medical charts was used recently for drug safety purposes (pharmacovigilance),⁷⁷ full-text information retrieval system for epidemiological registry.^{27,51,76} Using data from other electronic sources is one way to improve the validity of SSI surveillance.^{5,11,33,52,78}

Using an exhaustive medico-administrative database from national HIS could be key to improving HKAI surveillance.^{21,27,31,79} The exhaustive compulsory HDD could be a potential indicator to improve network sensitivity and evaluate postdischarge infections. HDDs could also perform well over long periods (with PDS surveillance), which may be a weakness of classic SSI surveillance networks. The HDD tool could be an easy and effective way to complete an active SSI surveillance network. Medico-economical analyses could be conducted on HDDs to demonstrate the effectiveness of this model of SSI surveillance (hospital costs could be measured by direct hospitalization expenditures to society). For example, in France, Grammatico-Guillon *et al.* evaluated the use of an HDD to estimate the incidence rates of bone and joint infections after discharge^{5,78,80} using HDD coding algorithms to create reliable case definitions. Focusing on bone and joint infections, the positive predictive value was 84% using the HDD tool.⁵ This study estimated the financial burden of bone and joint infections to be approximately €259 million (approximately €7000 per hospitalization). PJI costs were significantly higher (€8161 vs €6721 per HD).⁵ In the USA, a study in a cardiac surgery unit of a tertiary care hospital showed that HCAI modular training and implementation of infection control practices were the most cost-effective way to reduce HCAI and related adverse outcomes in an SSI programme.²⁵ The US Government recently funded an SSI prevention educational initiative for healthcare facilities and workers. Project JOINTS (Joining Organisation IN Tackling SSIs) was developed to disseminate new information and provide training in SSI prevention.⁸¹ Recently, Calderwood *et al.* evaluated the use of routinely collected electronic health data in Medicare to identify SSIs following HKA by undertaking a retrospective cohort study with prospective SSI surveillance.⁸² HIS deserves

consideration as a more effective approach for identifying SSIs in association with the existing surveillance databases. Registry-based analyses cannot fully replace clinical studies, but they are an invaluable source for quality control and for generating hypotheses.³² HIS models of SSI surveillance could provide new tracks for their management. The potential of HIS tool is shown with a gain in terms of simplicity and decreasing cost.

Discussion

Over the past two decades, many countries have introduced multi-centre systems for infection control surveillance, using specific common procedures as SSI references including HKAI.^{1,9,30,34–36,50,53,54,59} These surveillance systems are structured similarly, based on international recommendations with standardized definitions.^{4,26,53,60,79} However, several items vary widely between hospitals, such as patient follow-up (no current PDS), collection methods, reporting data to the national programme, and feedback.^{27,43,51,54,64} Surveillance is targeted at specific infections or groups of patients and for limited periods of time, and differences need to be resolved.⁴³ Standardization is crucial, otherwise inaccurate and misleading results may be obtained and reported,²⁶ especially when interhospital comparisons with national benchmarks are concerned.^{9,30,31,36,52} Careful analysis of the major cause of SSIs is crucial, as are risk assessments around each modifiable factor, and implementation of robust active SSI prevention programmes.^{81,83}

Another issue is the increasing difficulty of allocating specific resources for surveillance activity in hospital settings. ICPs are employed to supervise procedures and facilities rather than to monitor surveillance, which is considered to be time consuming. Medical doctors and surgeons are rarely involved in such surveillance, due to overbooking and lack of motivation. Institutional networks recommend the need for dedicated staff,²¹ but human and financial support is lacking. Therefore, data quality, follow-up and feedback to clinical staff suffer.^{27,63,64,66} There is a need to standardize practice and implementation of data quality surveillance to improve comparability among hospitals. A recent English audit of the SSI network showed that the national surveillance service was not appropriate for benchmarking.^{63,64}

Management of postdischarge patient follow-up is one of the main issues of SSI surveillance systems, especially for HKAI which may occur several months after surgery. The global trend towards reducing length of hospital stay and increasing the number of day-case procedures increases the probability of detecting SSI after hospital discharge.^{9,19,34,38,43} SSI rates will continue to be underestimated if PDS is not performed.³⁸ PDS of SSIs presents a methodological challenge because the patient is no longer under direct medical supervision. The present internationally admitted surveillance systems do not allow following surely PDS and detecting latest SSI. Until PDS is established in each country, postdischarge infections should be analysed separately. PDS will be the next part to structure and organize in the different networks due to the importance of postdischarge infection, especially in SSI. The SIR could be a solution in HKAI and allow benchmarking for intra- and inter-hospital comparisons; however, the SIR is not used at present.

SSI surveillance is considered to be an effective strategy to reduce the incidence of HKAI, decreasing rates by

approximately 20–30%, saving lives and decreasing cost.^{9,12,48,54} Gaynes et al., for the CDC, reported that hospitals with long-term participation in an infection control network succeeded in reducing their HCAI rates,^{4,30} as shown by the Study on the Efficacy of Nosocomial Infection Control project in the 1980s^{4,60} and by this article. Surveillance networks are a tool for surgical staff to promote prevention and analyse morbidity and mortality among postoperative patients.^{12,30,55} They allow identification of weaknesses in current infection prevention practices.^{32,43} A recent US study showed that standardization of infection control training and practices was the most cost-effective way to reduce HCAI.²⁵ However, more data are needed to further establish the relationship between global care quality and decreasing SSI costs.^{43,84}

HKA are basic indicators of these SSI surveillance networks due to their increasing frequency and, although rare, the important consequences of PJI. The authors believe that SSI will continue to present a major challenge for the medical community in the future. Careful analysis of the major cause of SSIs is crucial, as are risk assessments around each modifiable factor, and implementation of robust SSI prevention programmes.^{81,83} In terms of improving SSI surveillance, recent medical information systems could be an important new way^{21,27,31,79} to increase the efficiency and effectiveness of data collection, processing and reporting.^{51,71} Detection based on a combination of the surveillance database linked with data from the HIS could help to reduce the amount of missing data and sensitivity failure in case definition. The potential of HIS with a gain in terms of simplicity is genuine. This methodology could relieve healthcare workers of the heavy workload of surveillance, and medico-economical analyses could be conducted routinely.

In conclusion, NI surveillance networks are an effective way to reduce SSI, and infection control networks are growing worldwide. However, national or international comparisons are limited due to the lack of standardized collection criteria and follow-up. Using exhaustive HIS that perform well alongside the active SSI surveillance network may obviate the need to include new parameters to survey SSIs. HKAI will gain to be surveyed by cost-effective methods based on routine hospital databases. Specific algorithms and control of data quality should be associated to enhance the performance of such systems.

Acknowledgements

The authors wish to thank all the medical doctors and infection control teams around the world who allow surveillance networks to progress toward, despite or because of circumstances. In addition, the authors thank Virginie Morange, MD, and Isabelle Nicoulet, MD, for reading and commenting on a draft manuscript.

Conflict of interest statement

None declared.

Funding sources

None.

References

1. Díaz-Agero Pérez C, Robustillo Rodela A, Monge Jodrá V. The Spanish national health care-associated infection surveillance

- network (INCLIMECC): data summary January 1997 through December 2006 adapted to the new National Healthcare Safety Network Procedure-associated module codes. *Am J Infect Control* 2009;37:806–812.
2. Horan TC, Gaynes RP, Martone WJ, Jarvis WR, Emori TG. CDC definitions of nosocomial surgical site infections, 1992: a modification of CDC definitions of surgical wound infections. *Am J Infect Control* 1992;20:271–274.
 3. Garner JS, Jarvis WR, Emori TG, Horan TC, Hughes JM. CDC definitions for nosocomial infections, 1988. *Am J Infect Control* 1988;16:128–140.
 4. Gaynes R, Richards C, Edwards J, et al. Feeding back surveillance data to prevent hospital-acquired infections. *Emerg Infect Dis* 2001;7:295–298.
 5. Grammatico-Guillon L, Baron S, Gettner S, et al. Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008: clinical and economic outcomes. *J Hosp Infect* 2012;82:40–48.
 6. Kurtz SM, Lau E, Schmier J, Ong KL, Zhao K, Parvizi J. Infection burden for hip and knee arthroplasty in the United States. *J Arthroplasty* 2008;23:984–991.
 7. Zimmerli W, Ochsner PE. Management of infection associated with prosthetic joints. *Infection* 2003;31:99–108.
 8. Zimmerli W, Trampuz A, Ochsner PE. Prosthetic-joint infections. *N Engl J Med* 2004;351:1645–1654.
 9. Astagneau P, L'Hériveau F, Daniel F, et al. Reducing surgical site infection incidence through a network: results from the French ISO-RAISIN surveillance system. *J Hosp Infect* 2009;72:127–134.
 10. Gottlieb T, Atkins BL, Shaw DR. 7: Soft tissue, bone and joint infections. *Med J Aust* 2002;176:609–615.
 11. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR. Guideline for prevention of surgical site infection, 1999. Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 1999;20:250–278. quiz 279–280.
 12. Astagneau P, Rioux C, Golliot F, Brückner G. Morbidity and mortality associated with surgical site infections: results from the 1997–1999 INCISO surveillance. *J Hosp Infect* 2001;48:267–274.
 13. Geubbels ELPE, Wille JC, Nagelkerke NJD, Vandenbroucke-Grauls CMJE, Grobbee DE, De Boer AS. Hospital-related determinants for surgical-site infection following hip arthroplasty. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2005;26:435–441.
 14. Anderson DJ, Chen LF, Sexton DJ, Kaye KS. Complex surgical site infections and the devilish details of risk adjustment: important implications for public reporting. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2008;29:941–946.
 15. Brandt C, Sohr D, Behnke M, Daschner F, Rüden H, Gastmeier P. Reduction of surgical site infection rates associated with active surveillance. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2006;27:1347–1351.
 16. Castella A, Argentero PA, Farina EC, Charrier L, Del Prever EMB, Zotti CM. Incidence of surgical-site infections in orthopaedic surgery: a northern Italian experience. *Epidemiol Infect* 2011;139:777–782.
 17. Dal-Paz K, Oliveira PRD, Paula AP de, Emerick MC da S, Pécora JR, Lima ALLM. Economic impact of treatment for surgical site infections in cases of total knee arthroplasty in a tertiary public hospital in Brazil. *Braz J Infect Dis Off Publ Braz Soc Infect Dis* 2010;14:356–359.
 18. Wilson J, Charlett A, Leong G, McDougall C, Duckworth G. Rates of surgical site infection after hip replacement as a hospital performance indicator: analysis of data from the English mandatory surveillance system. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008;29:219–226.
 19. Rioux C, Grandbastien B, Astagneau P. Impact of a six-year control programme on surgical site infections in France: results of the INCISO surveillance. *J Hosp Infect* 2007;66:217–223.
 20. Astagneau P, L'Hériveau F. Surveillance of surgical-site infections: impact on quality of care and reporting dilemmas. *Curr Opin Infect Dis* 2010;23:306–310.
 21. Barnes S, Salemi C, Fithian D, et al. An enhanced benchmark for prosthetic joint replacement infection rates. *Am J Infect Control* 2006;34:669–672.
 22. López-Contreras J, Limón E, Matas L, Olona M, Sallés M, Pujol M. Epidemiology of surgical site infections after total hip and knee joint replacement during 2007–2009: a report from the VINCat Program. *Enfermedades Infecc Microbiol Clínica* 2012;30(Suppl. 3):26–32.
 23. Mabit C, Marcheix PS, Mounier M, et al. Impact of a surgical site infection (SSI) surveillance program in orthopedics and traumatology. *Orthop Traumatol Surg Res Otsr* 2012;98:690–695.
 24. Mulwijk J, van den Hof S, Wille JC. Associations between surgical site infection risk and hospital operation volume and surgeon operation volume among hospitals in the Dutch nosocomial infection surveillance network. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2007;28:557–563.
 25. Singh S, Kumar RK, Sundaram KR, Kanjilal B, Nair P. Improving outcomes and reducing costs by modular training in infection control in a resource-limited setting. *Int J Qual Heal Care J Int Soc Qual Heal Care Isqua* 2012;24:641–648.
 26. Smyth ETM, Emmerson AM. Surgical site infection surveillance. *J Hosp Infect* 2000;45:173–184.
 27. Gerbier-Colomban S, Bourjault M, Cêtre J-C, Baulieux J, Metzger MH. Evaluation study of different strategies for detecting surgical site infections using the hospital information system at Lyon University Hospital, France. *Ann Surg* 2012;255:896–900.
 28. Stevenson KB, Khan Y, Dickman J, et al. Administrative coding data, compared with CDC/NHSN criteria, are poor indicators of health care-associated infections. *Am J Infect Control* 2008;36:155–164.
 29. Sreeramoju PV, Madsen T, Patterson JE. Nonpayment measures and surveillance for health care-associated infections. *Am J Infect Control* 2009;37:256–257.
 30. Anderson DJ, Miller BA, Chen LF, et al. The network approach for prevention of healthcare-associated infections: long-term effect of participation in the Duke Infection Control Outreach Network. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2011;32:315–322.
 31. Friedman C, Sturm LK, Chenoweth C. Electronic chart review as an aid to postdischarge surgical site surveillance: increased case finding. *Am J Infect Control* 2001;29:329–332.
 32. Jämsen E, Furnes O, Engesaeter LB, et al. Prevention of deep infection in joint replacement surgery. *Acta Orthop* 2010;81:660–666.
 33. Jämsen E, Huhtala H, Puolakka T, Moilanen T. Risk factors for infection after knee arthroplasty: a register-based analysis of 43,149 cases. *J Bone Jt Surg Am* 2009;91:38–47.
 34. Szilágyi E, Böröcz K, Gastmeier P, Kurcz A, Horváth-Puhó E. The national nosocomial surveillance network in Hungary: results of two years of surgical site infection surveillance. *J Hosp Infect* 2009;71:74–80.
 35. Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, et al. The epidemiology of revision total knee arthroplasty in the United States. *Clin Orthop* 2010;468:45–51.
 36. Geubbels ELPE, Nagelkerke NJD, Mintjes-De Groot AJ, Vandenbroucke-Grauls CMJE, Grobbee DE, De Boer AS. Reduced risk of surgical site infections through surveillance in a network. *Int J Qual Heal Care J Int Soc Qual Heal Care Isqua* 2006;18:127–133.
 37. Trampuz A, Piper KE, Jacobson MJ, et al. Sonication of removed hip and knee prostheses for diagnosis of infection. *N Engl J Med* 2007;357:654–663.
 38. Petherick ES, Dalton JE, Moore PJ, Cullum N. Methods for identifying surgical wound infection after discharge from hospital: a systematic review. *Bmc Infect Dis* 2006;6:170.
 39. Peel TN, Buisling KL, Choong PFM. Prosthetic joint infection: challenges of diagnosis and treatment. *Anz J Surg* 2011;81:32–39.

40. Berbari EF, Hanssen AD, Duffy MC, et al. Risk factors for prosthetic joint infection: case–control study. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am* 1998;27:1247–1254.
41. Fukuda H, Morikane K, Kuroki M, et al. Toward the rational use of standardized infection ratios to benchmark surgical site infections. *Am J Infect Control*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajic.2012.10.004>.
42. Jodrá VM, Díaz-Agero Pérez C, Sainz de los Terreros Soler L, Saa Requejo CM, Dacosta Ballesteros D. Results of the Spanish national nosocomial infection surveillance network (VICONOS) for surgery patients from January 1997 through December 2003. *Am J Infect Control* 2006;34:134–141.
43. Coello R, Gastmeier P, Boer AS de. Surveillance of hospital-acquired infection in England, Germany, and The Netherlands: will international comparison of rates be possible? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001;22:393–397.
44. Hansen S, Sohr D, Geffers C, et al. Concordance between European and US case definitions of healthcare-associated infections. *Antimicrob Resist Infect Control* 2012;1:28.
45. Wilson J, Ramboer I, Suetens C. Hospitals in Europe Link for Infection Control through Surveillance (HELICS). Inter-country comparison of rates of surgical site infection – opportunities and limitations. *J Hosp Infect* 2007;65(Suppl. 2):165–170.
46. Geubbels ELPE, Groot AJM, Berg JMJ van den, de Boer AS. An operating surveillance system of surgical-site infections in the Netherlands: results of the PREZIES national surveillance network. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000;21:311–318.
47. Geubbels ELPE, Bakker HG, Houtman P, et al. Promoting quality through surveillance of surgical site infections: five prevention success stories. *Am J Infect Control* 2004;32:424–430.
48. Manniën J, Van den Hof S, Muilwijk J, Van den Broek PJ, Van Benthem B, Wille JC. Trends in the incidence of surgical site infection in the Netherlands. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2008;29:1132–1138.
49. Muilwijk J, Walenkamp GHM, Voss A, Wille JC, Van den Hof S. Random effect modelling of patient-related risk factors in orthopaedic procedures: results from the Dutch nosocomial infection surveillance network 'PREZIES'. *J Hosp Infect* 2006;62:319–326.
50. Morgan M, Black J, Bone F, et al. Clinician-led surgical site infection surveillance of orthopaedic procedures: a UK multi-centre pilot study. *J Hosp Infect* 2005;60:201–212.
51. Cooke E, Coello R, Sedgwick J, et al. A national surveillance scheme for hospital associated infections in England. *J Hosp Infect* 2000;46:1–3.
52. Huotari K, Lyytikäinen O, Ollgren J, et al. Disease burden of prosthetic joint infections after hip and knee joint replacement in Finland during 1999–2004: capture–recapture estimation. *J Hosp Infect* 2010;75:205–208.
53. Huotari K, Agthe N, Lyytikäinen O. Validation of surgical site infection surveillance in orthopedic procedures. *Am J Infect Control* 2007;35:216–221.
54. Gastmeier P, Geffers C, Brandt C, et al. Effectiveness of a nationwide nosocomial infection surveillance system for reducing nosocomial infections. *J Hosp Infect* 2006;64:16–22.
55. Gastmeier P, Geffers C, Sohr D, Dettenkofer M, Daschner F, Rüden H. Five years working with the German nosocomial infection surveillance system (Krankenhaus Infektions Surveillance System). *Am J Infect Control* 2003;31:316–321.
56. Gastmeier P, Schwab F, Behnke M, Geffers C. Decreasing healthcare-associated infections (HAI) is an efficient method to decrease healthcare-associated methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) infections. Antimicrobial resistance data from the German national nosocomial surveillance system KISS. *Antimicrob Resist Infect Control* 2012;1:3.
57. Reilly J, Allardice G, Bruce J, Hill B, McCoubrey J. Procedure-specific surgical site infection rates and postdischarge surveillance in Scotland. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006;27:1318–1323.
58. Wilson J, Chartett A, Leong G, McDougall C, Duckworth G. Rates of surgical site infection after hip replacement as a hospital performance indicator: analysis of data from the English mandatory surveillance system. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2008;29:219–226.
59. Carlet J, Astagneau P, Brun-Buisson C, et al. French national program for prevention of healthcare-associated infections and antimicrobial resistance, 1992–2008: positive trends, but perseverance needed. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2009;30:737–745.
60. Haley RW, Culver DH, White JW, et al. The efficacy of infection surveillance and control programs in preventing nosocomial infections in US hospitals. *Am J Epidemiol* 1985;121:182–205.
61. Miliani K, L'Héritau F, Astagneau P. Non-compliance with recommendations for the practice of antibiotic prophylaxis and risk of surgical site infection: results of a multilevel analysis from the INCISO Surveillance Network. *J Antimicrob Chemother* 2009;64:1307–1315.
62. Couris CM, Rabilloud M, Ecochard R, et al. Nine-year downward trends in surgical site infection rate in southeast France (1995–2003). *J Hosp Infect* 2007;67:127–134.
63. Mayor S. English hospitals under-report surgical site infections, survey shows. *BMJ* 2013;346:f345.
64. Tanner J, Padley W, Kiernan M, Leaper D, Norrie P, Baggott R. A benchmark too far: findings from a national survey of surgical site infection surveillance. *J Hosp Infect* 2013;83:87–91.
65. Huotari K, Lyytikäinen O. Impact of postdischarge surveillance on the rate of surgical site infection after orthopedic surgery. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2006;27:1324–1329.
66. Reilly J, Allardice G, Bruce J, Hill R, McCoubrey J. Procedure-specific surgical site infection rates and postdischarge surveillance in Scotland. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2006;27:1318–1323.
67. Manniën J, Wille JC, Snoeren RLMM, van den Hof S. Impact of postdischarge surveillance on surgical site infection rates for several surgical procedures: results from the nosocomial surveillance network in The Netherlands. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006;27:809–816.
68. Surveillance of surgical site infections, HELICS implementation phase II, HELICS-SSI statistical report, 2000–2003, 2005–2006.
69. Inacio MCS, Paxton EW, Chen Y, et al. Leveraging electronic medical records for surveillance of surgical site infection in a total joint replacement population. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2011;32:351–359.
70. Huenger F, Schmachtenberg A, Haefner H, et al. Evaluation of postdischarge surveillance of surgical site infections after total hip and knee arthroplasty. *Am J Infect Control* 2005;33:455–462.
71. Mu Y, Edwards JR, Horan TC, Berrios-Torres SI, Fridkin SK. Improving risk-adjusted measures of surgical site infection for the national healthcare safety network. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2011;32:970–986.
72. Rioux C, Grandbastien B, Astagneau P. The standardized incidence ratio as a reliable tool for surgical site infection surveillance. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2006;27:817–824.
73. Wójcikowska-Mach J, Jaje E, Romaniszyn D, et al. Comparison of SSI rates in endoarthroplasty of hip and knee in a Cracow patient population and the importance of postdischarge surveillance. *Infection* 2008;36:36–40.
74. Lentino JR. Prosthetic joint infections: bane of orthopedists, challenge for infectious disease specialists. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am* 2003;36:1157–1161.
75. Gikas A, Padiaditis J, Papadakis JA, et al. Prevalence study of hospital-acquired infections in 14 Greek hospitals: planning from the local to the national surveillance level. *J Hosp Infect* 2002;50:269–275.
76. Cuggia M, Bayat S, Garcelon N, et al. A full-text information retrieval system for an epidemiological registry. *Stud Health Technol Inform* 2010;160:491–495.

77. Tubert-Bitter P, Bégaud B, Ahmed I. Comparison of two drug safety signals in a pharmacovigilance data mining framework. *Stat Methods Med Res*, <http://dx.doi.org/10.1177/0962280212462295>.
78. Grammatico L, Baron S, Rusch E, et al. Epidemiology of vertebral osteomyelitis (VO) in France: analysis of hospital-discharge data 2002–2003. *Epidemiol Infect* 2008;136:653–660.
79. Haley VB, Van Antwerpen C, Tserenpuntsag B, et al. Use of administrative data in efficient auditing of hospital-acquired surgical site infections, New York State 2009–2010. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2012;33:565–571.
80. Grammatico-Guillon L, Maakaroun Vermesse Z, Baron S, Gettner S, Rusch E, Bernard L. Paediatric bone and joint infections are more common in boys and toddlers: a national epidemiology study. *Acta Paediatr Oslo Nor* 1992. <http://dx.doi.org/10.1111/apa.12115>.
81. Barnes CL. Overview: the health care burden and financial costs of surgical site infections. *Am J Orthop Belle Mead Nj* 2011;40:2–5.
82. Calderwood MS, Ma A, Khan YM, et al. Use of Medicare diagnosis and procedure codes to improve detection of surgical site infections following hip arthroplasty, knee arthroplasty, and vascular surgery. *Infect Control Hosp Epidemiol Off J Soc Hosp Epidemiol Am* 2012;33:40–49.
83. Pulido L, Ghanem E, Joshi A, Purtill JJ, Parvizi J. Periprosthetic joint infection: the incidence, timing, and predisposing factors. *Clin Orthop* 2008;466:1710–1715.
84. Phillips JE, Crane TP, Noy M, Elliott TSJ, Grimer RJ. The incidence of deep prosthetic infections in a specialist orthopaedic hospital: a 15-year prospective survey. *J Bone Jt Surg Br* 2006;88-B:943–948.

Article 2 - Quality assessment of hospital discharge database for routine surveillance of hip and knee arthroplasty-related infections

2- Évaluation de l'outil PMSI pour la surveillance des IPOA

Grammatico-Guillon L, Baron S, Gaborit C, Rusch E, Astagneau P. Quality assessment of hospital discharge database for routine surveillance of hip and knee arthroplasty-related infections. *Inf Control Hosp Epidemiology*. Jan 2013. In press

Infection Control and Hospital Epidemiology
Quality assessment of hospital discharge database for routine surveillance of hip and
knee arthroplasty-related infections
--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	34173R1
Full Title:	Quality assessment of hospital discharge database for routine surveillance of hip and knee arthroplasty-related infections
Short Title:	Hospital Discharge Database for SSI Surveillance
Article Type:	Original Article
Corresponding Author:	Leslie Grammatico-Guillon, M.D. CHRU de Tours Tours, FRANCE
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	CHRU de Tours
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Leslie Grammatico-Guillon, M.D.
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Leslie Grammatico-Guillon, M.D. Sabine Baron, M.D. Christophe Gaborit, engeneer Emmanuel Rusch, M.D.,Ph.D. Pascal Astagneau, M.D.,Ph.D.
Order of Authors Secondary Information:	
Abstract:	OBJECTIVE: Surgical site infections surveillance represents a key method of nosocomial infection control programs. However, most SSI surveillance systems are considered to be poorly cost-effective regarding human resources required for data collection and patient follow-up. This study aims to assess the efficacy of hospital discharge databases (HDD) as a routine surveillance system for detecting hip or knee arthroplasty-related infections (HKA). METHODS: A case-control study was conducted on patients hospitalized in the Centre region of France between 2008-2010. HKA cases were extracted from the HDD with various algorithms based on the ICD-10 and procedure codes. The controls were patients with hip or knee arthroplasty (HKA) without infection selected at random from the HDD during the study period. The gold standard was medical chart review. Sensitivity (Se), specificity (Spe), positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) were calculated to evaluate the efficacy of the surveillance system. RESULTS: Among 18,265 hospital stays for HKA, corresponding to 17,388 patients, medical reports were checked for 1,010 hospital stays (989 patients). We identified 530 cases in total (incidence rate: 1%, 95% CI: 0.4%-1.6%) and 333 cases were detected by routine surveillance. As compared to 480 controls, Se was 98%, Spe 71%, PPV 63%, NPV 99%. Using more specific case definition, based on a sample of 681 hospital stays, Se was 97%, Spe 95%, PPV 87%, NPV 98%. CONCLUSION: This study demonstrates the potential of HDD as a tool for routine SSI surveillance following low-risk surgery, under conditions of having appropriate algorithm for selecting infections.

Quality assessment of hospital discharge database for routine surveillance of hip and knee arthroplasty-related infections

Names of authors

Leslie Grammatico-Guillon, MD, Université Pierre et Marie Curie, Paris & Service d'Information Médicale, d'Epidémiologie et d'Economie de la Santé, CHRU de Tours, Université François Rabelais, Tours, France

Sabine Baron, MD, Unité régionale d'épidémiologie hospitalière, CHRU de Tours, France

Christophe Gaborit, ingénieur, Unité régionale d'épidémiologie hospitalière, CHRU de Tours, France

Emmanuel Rusch, MD, PhD, Service d'Information Médicale, d'Epidémiologie et d'Economie de la Santé, CHRU de Tours, Université François Rabelais, France

Pascal Astagneau, MD, PhD, Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP) & Centre de coordination pour la lutte contre les infections associées aux soins (C-CLIN), Paris, France

Corresponding author

Dr Leslie Grammatico-Guillon
SIMEES, CHRU de Tours, Hôpital Bretonneau,
2 BD Tonnellé
37000 Tours France
00 33 47478249
0033 47478433
Leslie.guillon@univ-tours.fr

Abbreviated title

Hospital Discharge Database for SSI Surveillance

Body text word count: 2,259 words

Abstract

OBJECTIVE:

Surgical site infections surveillance represents a key method of nosocomial infection control programs worldwide. However, most SSI surveillance systems are considered to be poorly cost-effective regarding human and resources required for data collection and patient follow-up. This study aims to assess the efficacy of using hospital discharge databases (HDD) as a routine surveillance system for detecting hip or knee arthroplasty-related infections (HKAI).

METHODS:

A case-control study was conducted on patients hospitalized in the Centre region of France between 2008-2010. HKAI cases were extracted from the HDD with various algorithms based on the ICD-10 and procedure codes. The controls were patients with hip or knee arthroplasty (HKA) without infection selected at random from the HDD during the study period. The gold standard was medical chart review. Sensitivity (Se), specificity (Spe), positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) were calculated to evaluate the efficacy of the surveillance system.

RESULTS:

Among 18,265 hospital stays for HKA, corresponding to 17,388 patients, medical reports were checked for 1,010 hospital stays (989 patients). We identified 530 cases in total (incidence rate: 1%, 95% CI: 0.4%-1.6%) and 333 cases were detected by routine surveillance. As compared to 480 controls, Se was 98%, Spe 71%, PPV 63%, NPV 99%. Using more specific case definition, based on a sample of 681 hospital stays, Se was 97%, Spe 95%, PPV 87%, NPV 98%.

CONCLUSION:

This study demonstrates the potential of HDD as a tool for routine SSI surveillance following low-risk surgery, under conditions of having appropriate algorithm for selecting infections.

Keywords: surgical site infection;surveillance; prosthetic joint infection; hospital information system

INTRODUCTION

Surgical site infections (SSI) are rare complications of hip and knee replacements, but are devastating for the patient as they may have serious medical consequences ¹⁻⁶. The resulting financial burden in addition to emotional component emphasized by the media in the general population have placed these infections as key target for epidemiologic SSI surveillance ⁷⁻¹¹. However, most SSI surveillance systems are considered to be poorly cost-effective, due to the considerable human and other resources required for data collection and patient follow-up ^{2,12-14}. Detection based on the combination of surveillance database linked with data extracted from hospital information systems could potentially provide a solution, decreasing the amount of missing data and increasing the sensitivity of SSI identification ¹⁵⁻¹⁷.

In France, all discharges from hospital are registered in the National Hospital Discharge Database (HDD). The HDD is therefore a permanent medical administrative database suitable for epidemiologic studies, especially for bone and joint infections ^{11,18-21}. This study aims to assess the efficacy of using the HDD as a routine surveillance system for detecting hip or knee arthroplasty-related infections (HKAI).

MATERIALS AND METHODS

A case-control study was performed using data collected from the HDD between 2008 and 2010. All patients undergoing primary hip and knee arthroplasty (HKA) between January 2008 and December 2009 were extracted from the HDD of a French region (*Région Centre*, 2.5 million inhabitants, 38 private and public hospitals). The French HDD is based on the mandatory notification of each hospital stay, through coded summary, for all French, public or private hospitals. The patients were selected on the basis of their having undergone a surgical HKA procedure, according to the French Common Classification of Medical Acts (FCCMA), and the corresponding specific code for prosthetic device (material code)(Table 2)¹¹.

In order to obtain patient-based data, multiple hospitalizations in the HDD were linked via the unique encrypted patient identification number. All patients undergoing HKA in 2008-2009 were assessed by HDD control until the end of 2010, resulting in a minimum of 12 months' patient follow-up. During this period, surveillance of HKAI occurrence was performed based on an algorithm using the International Classification of Diseases, Tenth Revision (ICD-10), and FCCMA, with three levels of classification (Table 2)¹¹.

The diagnosis of HKAI was made according to an algorithm using HDD developed by various experts in prosthetic joint infections using widely accepted criteria^{22,23}: orthopedic surgeons, doctors specializing in infectious diseases/infection control (ICPs) and/or in medical information systems. HKAI Case definition was based on the diagnosis and procedure codes used in the HDD summary, their position in the summary and the presence of specific codes.

Pediatric HKAI were excluded from analysis due to their very low number (13 primary HKA stays, four children) and very different clinical presentation and outcomes ²¹.

The algorithm was designed to link three types of diagnosis code (representative HKA-related infection codes, orthopedic infection codes, and imprecise HKA complication codes) with FCCMA codes for the procedures performed to manage HKAI (including debridement, prosthesis removal, exchange or implant revision). HKAI was considered when the HDD summary notified at least one ICD-10 diagnosis of HKAI or a specific surgical procedure. The various combinations were grouped together into three different categories:

- Algorithm A, high level of proof, was based on the association of two precise codes among: representative HKA-related infection codes (infection and inflammatory reaction due to internal joint prosthesis –T84 codes) and/or orthopedic infection code (septic arthritis or osteomyelitis, infection codes –A or B codes) and/or an FCCMA procedure code.
- Algorithm B was the combination of an imprecise T code (unspecified complication of internal orthopedic prosthetic device) with an orthopedic infection code or a surgical procedure code.
- Algorithm C, lower proof level, corresponded to the presence of a single diagnosis code or FCCMA code.

For quality assessment of the routine system based on HDD algorithms, a medical chart review was carried out in every hospital of the region, used as the gold standard. An infectious disease specialist/ICP, together with an orthopedic surgeon or doctor specializing in medical informatics, read the complete medical reports, including clinical data, microbiological assays, X rays and magnetic resonance imaging (MRI) scans, with the

radiologist's interpretation. The identification of any infectious agent was also checked via the medical charts in order to validate HKAI.

For estimation of the reliability parameters of the surveillance system, a control group of HKA patients without infection was randomly selected, according to the HD algorithm from the HKA cohort. A sensitivity-specificity analysis was performed with three different algorithms, based on the following case definitions: cases selected with algorithm A alone, cases selected with algorithms A + B, and all selected cases (selected with algorithms A+B+C). Sensitivity (Se), specificity (Sp), positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) were calculated with these different strategies, together with their 95% confidence intervals (CI_{95%}). Statistical analysis was performed with SAS version 9.1 software (SAS Institute, Cary, NC, USA).

RESULTS

The regional HDD for the two-year period contained records for one million hospital stays, 18,253 of which (2%) met the case criteria for primary HKA. Ninety-nine percent of hospital discharges were correctly linked to the patient database, linking 17,388 patients with 832,399 adult hospital stays (Table 2).

During the 2008-2010 period, 629 hospital stays (3.5% of the cohort) met the HDD criteria for HKAI, corresponding to 497 cohort patients. Six hundred controls were then randomly selected. In total, 23 of the 38 hospitals in the region agreed to participate in the medical chart review, allowing checking 1,062 reports. The other 15 hospitals were smaller institutions, accounting for less than 200 of the 1,200 patients initially selected. Fifty-two medical charts were not retrieved or did not match any of the patients in the HDD. Finally, 1,010 hospital stays were included corresponding to 989 patients (Figure 1).

The reliability parameters for the three definitions of HKA-related infection are reported in Table I. Overall, 530 cases were identified from the HDD, 333 of which were confirmed as true positive cases, the other 197 being false positives. By contrast, 480 (47.5%) out of 1,010 charts were test negative; 474 of these were true negatives, the other six being false negatives. Se and NPV were high whatever the definition used ($\geq 97\%$), whereas PPV differed by 25% between definition A (87%) and definition (A+B+C) (72%). Agreement with the results of medical record review was highest for definition A, identified as the optimal strategy, with the highest PPV, Sp, Se and NPV.

The overall incidence estimation of HKAI was at 1.8% (497 patients with prosthetic joint infection in the overall case definition (497 x 63%) among the 17,388 cohort patient with HKA). Based on the overall PPV, which was estimated at 63% [CI_{95%} 59.8-65.8], the extrapolated incidence of HKA-related infections would be estimated at between 1.7% and 1.9%. Based on case definition A, HKAI incidence would be estimated at 0.81% (163 patients with PJI according to case definition A, among the 17,388 cohort patients with HKA). According to the calculated PPV of 87% [CI_{95%} 84.5-89.5], the extrapolated incidence of HKA-related infections would be between 0.79% and 0.83%.

DISCUSSION

The reliability of HDD-based surveillance for SSI following low-risk surgery, such as HKA, was considered acceptable for routine monitoring, provided that SSI incidence is in the range previously reported in studies worldwide ^{12,14,15,24,25}. According to the reliability parameters commonly used to evaluate surveillance systems, this method can be considered highly sensitive and specific (>95%) for the detection of HKAI in condition that the detection algorithm is validated. In addition to its ability to detect SSI, the HDD-based system could potentially reduce costs and the need for human resources. First, patient linkage enabled HDD to obtain exhaustive information from the HDD concerning all the hospital stays of the selected patients, with no need to contact the doctors or ICPs managing these patients. Second, this exhaustive database limited the amount of missing data and facilitated post-discharge surveillance, which is not currently routinely performed in SSI surveillance programs ^{4,26}. The HDD screening model validated here is thus a potentially reliable tool for assessing the quality of care in orthopedic surgery and could be used as a reference method for hospital benchmarking.

The efficacy of the HDD system differed significantly according to the case definition used, potentially resulting in false positive results, whereas the false negative rate remained relatively low, regardless of the definition used. The PPV reported here was higher than those reported by many other SSI studies. In another French study, the sensitivity and specificity of SSI detection were estimated by surgeon notification at 18.4% and 100%, respectively, 26.3% and 99.5%, respectively, on the basis of discharge diagnosis codes ¹⁵. For colorectal surgery, screening for SSI by the cross-referencing of databases had a PPV of 75% and a NPV of 85%

²⁷. An American study in which ICD-10 algorithms were used to detect HKAI reported similar Se, Spe and NPV, but a lower PPV, at 11% ²⁸. A Kenyan study reported a Se of 70% and a Spe of 100% for the detection of post-discharge SSI in this setting ²⁹. HDD-based surveillance is suitable for routine data collection for general purposes in hospitals, and constitutes a useful alternative to most of the existing systems based on sequential surveys or limited periods of follow-up ³⁰. Improving performance of routine data collection has been raised by recent innovations in the field of medical information systems ^{8,15,31,32}. The existence of this exhaustive medical database provides French researchers with an extraordinary opportunity. The anonymous linkage method provides information about patient follow-up through consecutive hospital stays, which is particularly useful for epidemiological surveillance ^{11,18,19}. Other countries, in Scandinavia and North America in particular, have also made use of their medical information systems for public health purposes or research projects ^{20,32,33}. The potential of these systems, evaluated for precise objectives, makes them particularly useful.

This model has limitations, particularly as concerns the quality of the data coded. A recent public audit of surveillance systems in the United Kingdom showed that SSI rates may not be appropriate for benchmarking, ³⁴ as considerable variation was observed in the data collected and in SSI reporting ^{34,35}. Unlike most European surveillance systems, HDD-based surveillance does not include NNIS components, such as surgery duration or ASA score. However, the study focused on clean elective orthopedic surgery with patients belonging to NNIS-0 index category. The reliability of the coding system used in the HDD remains debatable, as data are coded by different healthcare professionals throughout France ^{11,17,18,20}. An American study showed that administrative coding, when used alone, is a poor tool for healthcare-associated infection surveillance, with a PPV < 60% ³³. However, given delay,

HDD-based system is not appropriate for early detection and alerts in outbreak situations. Conversely, other recent studies using robust medical information systems together with surveillance network data have reported better results, with Se/Sp/PPV of 95%, 99% and 84%, respectively ^{11,28}. The case definition algorithm used here was constructed by a multidisciplinary team, using different combinations of relevant codes for HKAI infections hospital stays. The robustness of the method was demonstrated by checking a large panel of medical reports in a wide range of hospitals (public and private sector, general and university hospitals, rural and urban areas) with several case definition algorithms differing in the balance between sensitivity and specificity. This approach controlled for differences in coding practice between doctors. The reliability parameters presented are approximate (not the entire cohort used for reliability assessments), but the use of different case definitions based on hospital discharge codes showed predictive values, sensitivity and specificity to be high.

Finally, HDD-based surveillance, despite its limitations, could be promoted as a cost-effective method for routine SSI surveillance, and as an alternative to the usual surveillance systems, particularly in the context of low-risk surgery in France. Cost-benefit analysis and studies combining multiple hospital databases should now be carried out.

Readers may contact the authors for any further information or questions about the algorithm framework.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank all the medical doctors and infection control teams worldwide involved in the development of surveillance networks in response to or despite particular circumstances. We thank the hospital administrators and the doctors involved in this validation: surgeons, medical doctors, doctors specializing in medical information systems and medical information technicians. We thank Professors Philippe Rosset PhD and Louis Bernard PhD, members of the CRIOGO (the reference center for wound infections in the Centre region) for their assistance and comments on the building of algorithms and for coordinating relations with the surgeons of the region. We thank the CRIM (*Collège régional de l'information médicale*), a study group consisting of doctors specializing in medical information systems in the Centre region, for their help and comments on the building of algorithms and for coordinating relations with the authors. We would particularly like to thank all those involved in the validation process:

Dr Asquier (PSLV, Tours), Dr Brisset (L'archette, Orléans), Dr Burgot (Polyclinique de Blois), Dr Chopin, Dr Mankikian, Mrs Dumont and Mrs Boulineau (Alliance, Tours), Mrs Cotillon (St François, Indre), Dr Couzon (CH Chateauroux), Dr Denier (CH Chartres), Mme Drouin (CH Montargis), Dr Durand and Mrs Biothy (Clinique G de Varye), Dr Eynard (CHRO), Dr Girard, Dr Gouin (CH Amboise), Dr Massot and Dr Guimard (CH de Bourges), Ruxandra and Mrs Delas (Les Longues Allées, Orléans), Dr Tilles (CH St Amand Montron), Dr Vogt (CH Dreux), and all our collaborators.

This study was approved by the *Commission nationale de l'informatique et des libertés*, Paris, France, on March 15, 2013 (no. 131024).

Financial support. Funding. None.

Potential conflicts of interest. None. All authors submitted the ICMJE Form for Disclosure of Potential Conflicts of Interest, and the conflicts that the editors consider relevant to this article are disclosed here.

REFERENCES

- 1 Nosocomial infection rates for interhospital comparison: limitations and possible solutions. A rReport from the National Nosocomial Infections Surveillance (NNIS) System. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1991; **12**: 609–21.
- 2 Manniën J, van den Hof S, Muilwijk J, van den Broek PJ, van Benthem B, Wille JC. Trends in the incidence of surgical site infection in the Netherlands. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008; **29**: 1132–8.
- 3 Gastmeier P, Geffers C, Brandt C, *et al.* Effectiveness of a nationwide nosocomial infection surveillance system for reducing nosocomial infections. *J Hosp Infect* 2006; **64**: 16–22.
- 4 Coello R, Gastmeier P, Boer AS de. Surveillance of Hospital - Acquired Infection in England, Germany, and The Netherlands: Will International Comparison of Rates Be Possible? •. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 2001; **22**: 393–7.
- 5 Del Pozo JL, Patel R. Clinical practice. Infection associated with prosthetic joints. *N Engl J Med* 2009; **361**: 787–94.
- 6 Wilson J, Charlett A, Leong G, McDougall C, Duckworth G. Rates of surgical site infection after hip replacement as a hospital performance indicator: analysis of data from the English mandatory surveillance system. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008; **29**: 219–26.
- 7 Astagneau P, Rioux C, Golliot F, Brückner G. Morbidity and mortality associated with surgical site infections: results from the 1997–1999 INCISO surveillance. *Journal of Hospital Infection* 2001; **48**: 267–74.
- 8 Barnes S, Salemi C, Fithian D, *et al.* An enhanced benchmark for prosthetic joint replacement infection rates. *Am J Infect Control* 2006; **34**: 669–72.
- 9 Mabit C, Marcheix PS, Mounier M, *et al.* Impact of a surgical site infection (SSI) surveillance program in orthopedics and traumatology. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012; **98**: 690–5.
- 10 Muilwijk J, van den Hof S, Wille JC. Associations between surgical site infection risk and hospital operation volume and surgeon operation volume among hospitals in the Dutch nosocomial infection surveillance network. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; **28**: 557–63.
- 11 Grammatico-Guillon L, Baron S, Gettner S, *et al.* Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008: clinical and economic outcomes. *J Hosp Infect* 2012; **82**: 40–8.
- 12 Astagneau P, L'Héritau F, Daniel F, *et al.* Reducing surgical site infection incidence through a network: results from the French ISO-RAISIN surveillance system. *J Hosp Infect* 2009; **72**: 127–34.

- 13 Wilson J, Ramboer I, Suetens C. Hospitals in Europe Link for Infection Control through Surveillance (HELICS). Inter-country comparison of rates of surgical site infection--opportunities and limitations. *J Hosp Infect* 2007; **65 Suppl 2**: 165–70.
- 14 Rioux C, Grandbastien B, Astagneau P. Impact of a six-year control programme on surgical site infections in France: results of the INCISO surveillance. *J Hosp Infect* 2007; **66**: 217–23.
- 15 Gerbier-Colomban S, Bourjault M, Cêtre J-C, Baulieux J, Metzger M-H. Evaluation study of different strategies for detecting surgical site infections using the hospital information system at Lyon University Hospital, France. *Ann Surg* 2012; **255**: 896–900.
- 16 Cooke E., Coello R, Sedgwick J, *et al.* A national surveillance scheme for hospital associated infections in England. *Journal of Hospital Infection* 2000; **46**: 1–3.
- 17 Cuggia M, Bayat S, Garcelon N, *et al.* A full-text information retrieval system for an epidemiological registry. *Stud Health Technol Inform* 2010; **160**: 491–5.
- 18 Grammatico L, Baron S, Rusch E, *et al.* Epidemiology of vertebral osteomyelitis (VO) in France: analysis of hospital-discharge data 2002-2003. *Epidemiol Infect* 2008; **136**: 653–60.
- 19 Defez C, Fabbro-Peray P, Cazaban M, Boudemaghe T, Sotto A, Daurès JP. Additional direct medical costs of nosocomial infections: an estimation from a cohort of patients in a French university hospital. *J Hosp Infect* 2008; **68**: 130–6.
- 20 Lipsky BA, Weigelt JA, Gupta V, Killian A, Peng MM. Skin, soft tissue, bone, and joint infections in hospitalized patients: epidemiology and microbiological, clinical, and economic outcomes. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; **28**: 1290–8.
- 21 Grammatico-Guillon L, Maakaroun Vermesse Z, Baron S, Gettner S, Rusch E, Bernard L. Paediatric bone and joint infections are more common in boys and toddlers: a national epidemiology study. *Acta Paediatr* 2012. doi:10.1111/apa.12115.
- 22 Zimmerli W, Ochsner PE. Management of infection associated with prosthetic joints. *Infection* 2003; **31**: 99–108.
- 23 Zimmerli W, Trampuz A, Ochsner PE. Prosthetic-joint infections. *N Engl J Med* 2004; **351**: 1645–54.
- 24 Dal-Paz K, Oliveira PRD, Paula AP de, Emerick MC da S, Pécora JR, Lima ALLM. Economic impact of treatment for surgical site infections in cases of total knee arthroplasty in a tertiary public hospital in Brazil. *Braz J Infect Dis* 2010; **14**: 356–9.
- 25 Rioux C, Grandbastien B, Astagneau P. The standardized incidence ratio as a reliable tool for surgical site infection surveillance. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006; **27**: 817–24.
- 26 Szilágyi E, Böröcz K, Gastmeier P, Kurcz A, Horváth-Puhó E. The national nosocomial surveillance network in Hungary: results of two years of surgical site infection surveillance. *J Hosp Infect* 2009; **71**: 74–80.

- 27 Hautemanière A, Florentin A, Hunter PR, Bresler L, Hartemann P. Screening for surgical nosocomial infections by crossing databases. *J Infect Public Health* 2013; **6**: 89–97.
- 28 Inacio MCS, Paxton EW, Chen Y, *et al.* Leveraging electronic medical records for surveillance of surgical site infection in a total joint replacement population. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2011; **32**: 351–9.
- 29 Aiken AM, Wanyoro AK, Mwangi J, *et al.* Evaluation of surveillance for surgical site infections in Thika Hospital, Kenya. *Journal of Hospital Infection* 2013; **83**: 140–5.
- 30 Leslie Grammatico-Guillon, Rusch E, Astagneau P. Surveillance of prosthetic joint infections: international overview and new insights for hospital databases. Surveillance of prosthetic joint infections: international overview and new insights for hospital databases. *Journal of Hospital Infection* (2013), doi: 10.1016/j.jhin.2013.09.016. .
- 31 Haley VB, Van Antwerpen C, Tserenpuntsag B, *et al.* Use of administrative data in efficient auditing of hospital-acquired surgical site infections, New York State 2009-2010. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2012; **33**: 565–71.
- 32 Friedman C, Sturm LK, Chenoweth C. Electronic chart review as an aid to postdischarge surgical site surveillance: increased case finding. *Am J Infect Control* 2001; **29**: 329–32.
- 33 Stevenson KB, Khan Y, Dickman J, *et al.* Administrative coding data, compared with CDC/NHSN criteria, are poor indicators of health care–associated infections. *American Journal of Infection Control* 2008; **36**: 155–64.
- 34 Tanner J, Padley W, Kiernan M, Leaper D, Norrie P, Baggott R. A benchmark too far: findings from a national survey of surgical site infection surveillance. *J Hosp Infect* 2013; **83**: 87–91.
- 35 Mayor S. English hospitals under-report surgical site infections, survey shows. *BMJ* 2013; **346**: f345.

TABLES

Table 1: Estimation of sensitivity, specificity, predictive positive value and predictive negative value of the different case definitions of PJI proposed (N= 1,010)

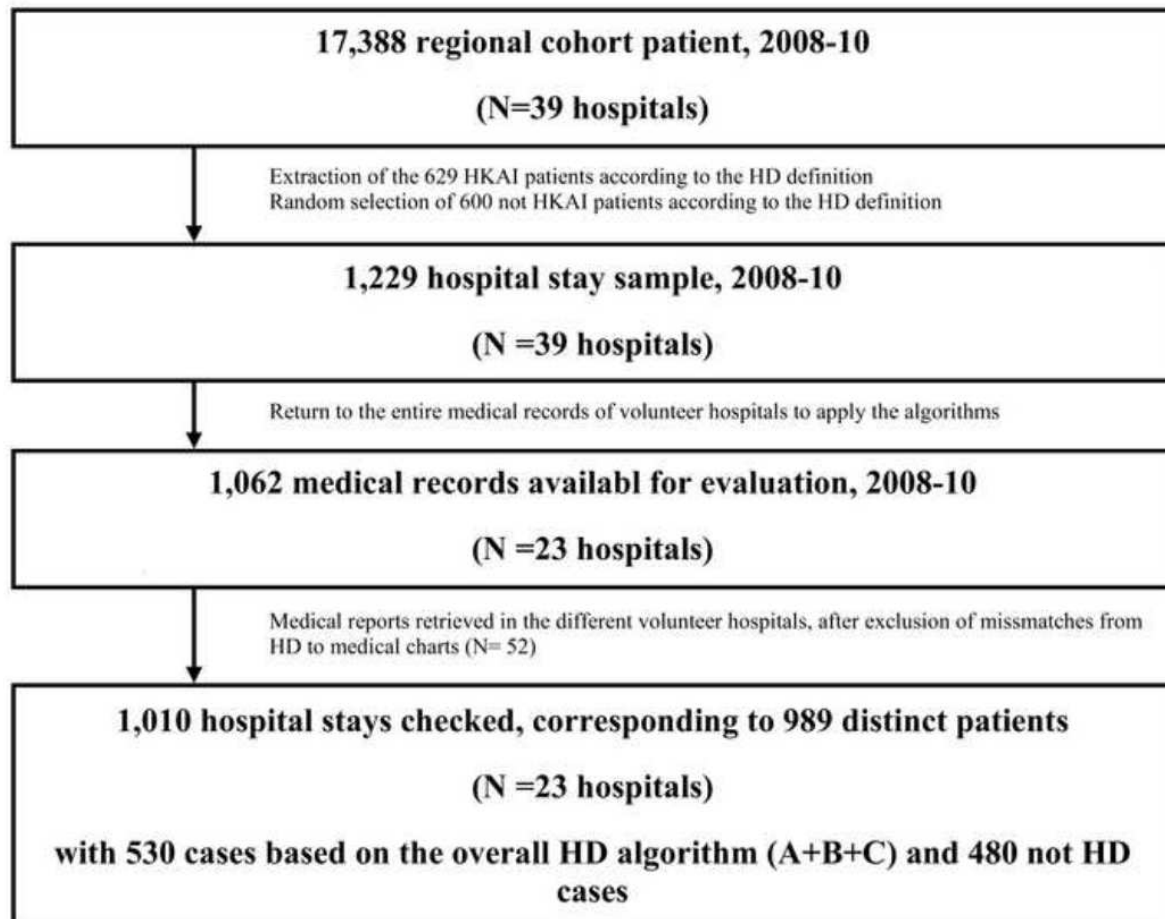
Sample of validation	True positive cases	False positive cases	Sensitivity	Specificity	PPV	PNV
(N)	N (%)	N (%)	% [95% CI]	% [95% CI]	% [95% CI]	% [95% CI]
Definition A (681)	174 (25.6)	27 (4.0)	97 [95.7-98.3]	95 [93.4-96.6]	87 [84.5-89.5]	98 [96.9-99.1]
Definition A+B (821)	246 (30.0)	75 (9.1)	98 [97.0-99.0]	83 [80.4-85.6]	72 [68.9-75.1]	99 [98.3-99.7]
Definition A+B+C (1,010)	333 (33.0)	197 (19.5)	98 [97.1-98.9]	71 [67.8-73.4]	63 [59.8-65.8]	99 [98.1-99.5]

Definition A: association of at least 2 codes of PJI; Definition B: association of 2 codes of less specific complication; Definition A+B+C: overall selected codes PJI: prosthetic joint infection; Se: sensitivity; Sp: specificity; PPV: predictive positive value; PNV: predictive negative value; 95% CI: 95% confident interval

Table 2 Detection of primary knee or hip arthroplasty infections (HKAI) that occurred in patients aged 15 and older at 39 hospitals in Region Centre, France from 2008-10

Metric	Method of Detection
Global hospital stays: 1,000,000 hospital stays	Regional Hospital Discharge Database (HDD), 2008-9
Primary replacement of hip or knee: 18,253 hospital stays	French Common Classification of Medical Act (FCCMA) Codes - Hip replacement (NEKA010-NEKA021, NEMA018, NEMA020) - Knee replacement (NFKA006-NFKA009, NFMA013) + one Specific code of prosthetic material (Implant)
First joint replacement: 17,388 patients	Stratification by unique patient identification number (ANO)
First Hip/knee infections: 629 stays/497 patients	Defined by the presence in the resume and their associations or not of: International Classification of Diseases-10 (ICD-10) Codes or FCCMA codes, 2008-10 - Prosthetic joint specific infection or inflammation (T845, T846, T847, Z76800) - Prosthetic joint unspecified complication (T813, T814, T818, T848, T849, Z470) - Prosthetic joint mechanical complication (T840-T844) - Infection codes - septic arthritis (M000-002, M008-013, M016, M018, M130, M1315, M1316, M138, M1395, M1396) - Osteomyelitis (M860-M866, M868, M869, M900, M902) - Sepsis codes (A, B, R) - Abscesses (L) +/- FCCMA Specific Surgical Procedure codes - debridement, prosthesis removal, exchange, or implant revision

Figure 1 - Extraction of the validation sample of HKA using the algorithm based on HD codes*: 600 cases and 600 controls nested in the regional cohort, 2008-2010
HKA: hip or knee arthroplasty; PJI: prosthetic joint infection; HDD: hospital discharge database; HD: hospital discharge;
 * *HD algorithm: Cases were defined as instances of HKAI extracted from the HDD according to various algorithms, using the ICD-10 and procedure codes*



Pre-Article 3 – SSI occurrence after hip or knee replacement: a 5-year retrospective cohort study based on the French Hospital database -en cours de relecture coauteurs-

3- Surveillance des IPOA après première pose de prothèse de hanche ou de genou : cohorte rétrospective de 5 ans basée sur les données PMSI

Grammatico-Guillon L, Baron S, Gaborit C, Bernard L, Rusch E, Astagneau P. SSI occurrence after hip or knee replacement: a 5-year retrospective cohort study based on the French Hospital database.

(en cours de relecture par les coauteurs)

SSI occurrence after hip or knee replacement: a 5-year retrospective cohort study based on the French Hospital database

Leslie Grammatico-Guillon, Sabine Baron, Christophe Gaborit, Louis Bernard, Emmanuel Rusch, Pascal Astagneau.

INTRODUCTION

Surgical site infections (SSI) after total knee replacement (TKR) and total hip replacement (THR) have been a key target recommended by center of disease control (CDC) for epidemiological surveillance for the last decades (1–6). SSI rates after total joint arthroplasty (TJA) are estimated at 0.5%–6% in USA (7–9) and 0.5-1.0% in Europe (10–12). Hip or knee arthroplasty infections (HKAI) are devastating, owing to heavy medical consequences of multiple re-operations, prolonged hospital stay and sometimes functional disability (13–15), resulting in financial burden in addition to emotional component emphasized by the media (1–5).

Results of three-decade surveillance give evidence about its effectiveness but highlight failures of these systems in terms of post discharge and long-term follow-up and data exhaustivity (16). This statement brings up for consideration the necessity to develop new approaches to complete these existing methods. To use the French medico-administrative database (PMSI) could provide a computerized HKAI detection, decreasing time for reporting data (5,8,17–20).

The study objective was to assess the routine use of an hospital discharge (HD) algorithm for HKAI detection and surveillance. In addition, the risk factors associated with increasing morbi-mortality rates of HKAI after a first TJA could be determined.

MATERIALS AND METHODS

In this retrospective cohort study we have analysed data from one French regional HD database for 2008 to 2012. This hospital stay database is linked to patient data due to the ANO anonymised number. We extracted the 32,678 patients who underwent primary TKR or THR between January 2008 and December 2011 in this region (Région Centre, 2.5 million inhabitants, 38 private and public hospitals). Patients under the age of 18 were excluded. Follow-up started at the first hospital stay when the procedure was done and continued until the end of 2012. Patients were not recalled for this study but followed through their consecutive hospital stays discharges. The minimum duration of follow-up was 12 months. Patients were selected by the presence in the HD of a surgical TKR or THR procedure according to the French Common Classification of Medical Acts (FCCMA) associated with the corresponding specific code for prosthetic material (implant code) (5).

The HKAI screening was based on an HD algorithm previously validated in a case control study (more than 1,000 medical charts checked) (L. Grammatico-Guillon et al, Quality assessment of hospital discharge database for routine surveillance of hip and knee arthroplasty-related infections. *Inf Control Hosp Epid* 2014. *In press*). The criteria used for identifying and classifying SSI were developed by different experts for prosthetic joint infections: orthopaedic surgeons, medical doctors specialized in infectious diseases and/or in medical information system (Figure 1).

Patient infection rates were calculated from the number of HKAI with respect to the total number of patient who underwent TJR during the study period. In our analysis of risk factors for infection and mortality, patients were included only once, regardless of the number of undergone arthroplasties. We evaluated the following variables: occurrence or not of an infection within the arthroplasty hospital stay and in the following stays and as potential

confounders, comorbidities coded in the hospital stays during the 12-month follow-up (Table I). We analysed incidence timing and predictive factors of HKAI after a primary THR or TKR, considered as the statistical unit.

Statistical analysis

The main outcome was the HKAI incidence describing the one-year SSI occurrence for different age and sex. For dichotomous variables, we performed a univariate analysis with the chi-square test or Fisher's exact test as appropriate. Relative risk (RR) and 95% confidence intervals (CIs) were calculated. Multivariate analysis was performed via stepwise binary logistic regression to analyze the factors associated with HKAI. All possible explanatory variables were first tested in a univariate model (Table I). The criterion for inclusion in the multivariate analysis was $P < 0.2$ in the univariate analysis. Joint location, age and sex were always included.

We used Kaplan Meyer estimates to describe the one-year HKAI occurrence and overall survival. Cox proportional hazards models were used to investigate the effects of different confounding factors, as well as time period, on the risk of developing HKAI within 365 days. Joint location, age and sex were always included. We checked proportionality of hazards and log-rank test by SAS programming, version 9.1 software (SAS Institute, Cary, NC, USA).

RESULTS

TJA Epidemiology

In all, 32,678 patients underwent TJA in the period, after exclusion of 8 patients under 18 years. It represented 1.8% of the hospital stays each year in the region (2008-11). Thirteen thousand seventy-eight patients (40.0%) were male (sex ratio SR=0.67). Two third of the replacement were hip replacement (66.2%).

The median age at replacement was 74 years (range 18-110y). Among the male, the mean age was significantly lower (69.9, confident interval 95% 69.7-70.1) than female (73.8, CI95% 73.7-74.0). The minimum follow-up was 12 months, but 10 patients were lost-to-follow-up (zero rehospitalization or move to another region). The mean of follow up was 427 days (14.2 months), the median 235.5 (1-1,217 days). Two third of the cohort patients were rehospitalized once (64.2%), 15% came back to hospitalization 2 times (Figure 2).

During the period, at least one comorbidity was coded for 33% of the hospitalization stays; the most frequently coded comorbidities were diabetes mellitus and cardiological diseases. Mortality in the cohort was 5.2%.

Incidence of HKAI

HKAI were identified for 603 of the 32,678 patients from 2008 to 2012, giving an SSI incidence of 1.84%. HKAI occurred during the first 30 days after the replacement for 183 patients (30.3%) in which 78 during the replacement hospital stay; The mean length of stay (LOS) for HKAI occurring during the replacement stay was 28.2 days (CI_{95%}, 22.9-33.5), median LOS 23 days (range 1-149), significantly longer than hospital stay for TJA whitout

complication (mean LOS 10.3 days, CI_{95%}, 10.2-10.4, median 9 days, range 1-149). Moreover, 178 (29.4%) patients were infected more than one year after joint replacement. The HKAI incidence was 1.31% during the one-year follow-up (N = 418 patients) and overall density incidence was 2.3 per 100 person-years: 2.2 per 100 person-years in hip replacement and 2.5 per 100 person-years person-year in knee replacement, without significant difference. During the period, the incidence increased significantly (Figures 3 and 4). The SR male/female was 0.86. The mean age of the HKAI patients was 73.4 years [CI_{95%} 72.3-74.4], significantly lower in males (69.4 years, CI 95% 69.9-70.9) than females (74.3 years, CI 95% 73.1-75.6) (Figure 4). Seventy five percent of the HKAI stays were surgical stays, including a surgical procedure during the hospitalization; 7.5% of the HKAI hospital stays were classified as complicated (severity index = 2). The inpatient case fatality was in HKAI was 11.4% in the overall period of surveillance: 10.5% for one-year surveillance, 10.6% for two-year surveillance, 11.2% for three-year surveillance and 4-year surveillance.

Microbiology

The infectious agent was coded for 767 of the 828 HKAI stays (93%) : *Staphylococcus sp* 50%, *Staphylococci* with code of resistance were coded in 25% of cases ; there was 19 MRSA coded and 238 of the infections (31%) were due to drug resistant agents ; *Candida* were coded in 12 HDs (Table III).

Infection occurrence and comorbidities

The mean time between joint replacement and the diagnosis of HKAI was 284 days [CI_{95%} 281-286 days] and the median time was 77 days. If HKAI occurred out of the arthroplasty

complication (mean LOS 10.3 days, CI_{95%}, 10.2-10.4, median 9 days, range 1-149). Moreover, 178 (29.4%) patients were infected more than one year after joint replacement. The HKAI incidence was 1.31% during the one-year follow-up (N = 418 patients) and overall density incidence was 2.3 per 100 person-years: 2.2 per 100 person-years in hip replacement and 2.5 per 100 person-years person-year in knee replacement, without significant difference. During the period, the incidence increased significantly (Figures 3 and 4). The SR male/female was 0.86. The mean age of the HKAI patients was 73.4 years [CI_{95%} 72.3-74.4], significantly lower in males (69.4 years, CI 95% 69.9-70.9) than females (74.3 years, CI 95% 73.1-75.6) (Figure 4). Seventy five percent of the HKAI stays were surgical stays, including a surgical procedure during the hospitalization; 7.5% of the HKAI hospital stays were classified as complicated (severity index = 2). The inpatient case fatality was in HKAI was 11.4% in the overall period of surveillance: 10.5% for one-year surveillance, 10.6% for two-year surveillance, 11.2% for three-year surveillance and 4-year surveillance.

Microbiology

The infectious agent was coded for 767 of the 828 HKAI stays (93%) : *Staphylococcus sp* 50%, *Staphylococci* with code of resistance were coded in 25% of cases ; there was 19 MRSA coded and 238 of the infections (31%) were due to drug resistant agents ; *Candida* were coded in 12 HDs (Table III).

Infection occurrence and comorbidities

The mean time between joint replacement and the diagnosis of HKAI was 284 days [CI_{95%} 281-286 days] and the median time was 77 days. If HKAI occurred out of the arthroplasty

stay (78 patients) the median time was 119 days (range 10 to 1 631 days), mean 312 days [CI95% 281-345 days] (Fig 6 -7).

Cases who developed HKAI tended to be aged >75 years, being a male [HR 1.32_{95 %} CI 1.12-1.55], a recent replacement and comorbidities (Table II): liver diseases and alcohol abuse (HR>3), ulcer sore (HR around 3), urologic inflammatory diseases, chronic renal failure, under nutrition and obesity (HR around 1.5). No significant association was found between HKAI and diabetes mellitus, location of device, having an hypertension or cardiological device, or cancer.

HKAI patient were more likely to die than those without [HR 1.30_{95 %} CI 1.02-1.67] (Table IV). Inpatient mortality was associated with older age and cancer (HR 4), hip replacement chronic renal failure or ulcer sores (HR 2.5), liver diseases or alcohol, having a cardiological device undernutrition, a recent year of replacement and neurological diseases (RR around 1.5), whereas, hypertension and obesity were protective (Table IV).

DISCUSSION

The reported incidence density of HKAI is 2.3 per 100 person-years during the period, without difference between hip or knee location. This is higher than the previously published studies (1,6,21–23), often around 1%. This could be due to the possible post discharge surveillance and follow up (one year minimum duration, vs one month with the French surveillance network ISO-Raisin). The incidence increased significantly between 2008 and 2011 year of arthroplasty. This could be linked to new financial incitative that have been instilled for hospitals in France since 2009 to report bone and joint infection data, including microbiology.

Patient undergoing TJR and reporting HKAI have been described as having more ulcer sore, urological disorders and undernutrition. The age of surgery was not associated with an overrisk. The major factor increasing the risk of HKAI was liver diseases including alcohol abuse, obesity or denutrition and chronic renal failure as reported in the literature (5,20,24,25).

Several clinical factors were associated with increased mortality: ulcer sore, undernutrition, chronic renal failure, liver diseases as compared to the litterature. Being overweight was protective, as compared to a recent publication from the National Joint registry for England and Wales (13).

We could here propose to build a composite criterion to assess the HKAI risk at the moment of the replacement, as compared to the index of Charlson (26): to develop a method for classifying comorbid conditions which might alter the risk of infection, based on HD cohort studies. A comorbidity score could be imagined, as a weighted index that takes into account the number of comorbid disease (26). This could be calculated by the surgeon and/or the anesthetist before planning a patient joint replacement (e.g., score at 0 would correspond to no

over risk of HKAI, and an increasing score would be linked to the presence of components of interest - ulcer sore, obesity, undernutrition, liver diseases). This could represent an indirect way to estimate the risk of HKAI occurrence, as a complementary tool to the NNIS score. As Charlson score, this method of classifying comorbidity could provide a simple, readily applicable and valid method of estimating risk of HKAI from chronic diseases for use in PMSI studies. Recently, an english study published that a secular decrease in death caused by hip replacement has occurred due to specific management. The authors validated that modifiable/avoidable factors of death after TJA existed, as comorbidities or surgery methods (13). Detection of HKAI and highlighted risk factors in a HD cohort could allow care adjustment, proposing new strategies for hip or knee replacement, according to the comorbidities, and improving the quality of arthroplasties in France;

This study has some limitations particularly as concerns the quality of the HD data coded. As considerable variation is observed in the data collected and so in HKAI reporting (27,28). The reliability of the coding system used in the HD remains debatable, as data are coded by different healthcare professionals throughout France (5,18,20,29). But recent studies using robust medical information systems together with surveillance network data have reported better results, with Se/Sp/PPV of 95%, 99% and 84%. The robustness of the method was previously demonstrated and published (L. Grammatico-Guillon et al, Quality assessment of hospital discharge database for routine surveillance of hip and knee arthroplasty-related infections. *Inf Control Hosp Epid* 2014. *In press*). The question remaining is due to the survival analysis based on an HD cohort, and especially the time-to-event and lost-to-follow-up definition based on HD databases. Due to the retrospective hospital cohort, patients without hospitalization during the observation period are considered as lost-to-followup or informative censoring. Hypothesis has been done to choose the way to manage this bias. Only 10 patients were lost to follow up directly after the hospital stay where arthroplasty

underwent. This bias of lost-to-followup was minimized. But intercurrent events needing medical cares without hospitalization were not checked. However, HKAI are known as requiring hospital management. This study represents only the hospital analysis of HKAI which are usually managed in hospitalization. Moreover, the absence of systematic coding for several interesting comorbidities (such as tobacco or drug abuse), surgical sequences (anesthetic, prophylaxis type, length of intervention), or ASA score could represent a misinterpretation of the cofactors studied. However, the results of this cohort study, as compared to the English analysis from their National joint Registry, are superposed for the similar confounding factors (liver diseases, cancer, year of replacement, chronic renal failure or the protective effect of obesity) (13) and could provide an easy and unexpensive way to survey TJA.

Same investigation can be performed on other surgeries typically monitored in surveillance systems: colorectal or gynecological surgery. To build an algorithm for Colorectal SSI case with professionals, to validate the adapted one by returning in a large number of files on various hospitals (public, private, general or university hospitals) and apply the case definition in a cohort to estimate the risk linked to predictors in this type of surgery. The use of medico-administrative data has now proved its efficacy and complementarity with the existing surveillance system, with a lower cost and less health care professionals involved. This study demonstrates the potential of HD as a tool for routine SSI surveillance following low-risk surgery, under conditions of having appropriate algorithm for selecting infections. Moreover, this could help determine new indicators for the management of patients needing a joint replacement, aging and ever more comorbidities, and would help streamline decision to undergo replacement.

The HKAI survey based on HD databases could be lead on national medico-administrative databases and compared to the existing reference surveillance network (ISO-Raisin(1,10,30))

in order to estimate the correlation between these 2 ways to detect HKAI, and obtain a corrected estimation of the number of HKAI in France.

The evolving demographic and environmental contexts, as well as the progression of the medical practice and findings, influence the development and outcome of diseases and consequently, their epidemiological surveillance. To answer to these new imperatives, using the medical information systems covering the entire population health services allows data analysis and productions of indicators, then benchmarking (31). This approach allows the opportunity to understand the burden of comorbidities and other impact factors in the occurrence of diseases.

REFERENCES

1. Astagneau P, Rioux C, Golliot F, Brückner G. Morbidity and mortality associated with surgical site infections: results from the 1997–1999 INCISO surveillance. *Journal of Hospital Infection*. août 2001;48(4):267–274.
2. Barnes S, Salemi C, Fithian D, Akiyama L, Barron D, Eck E, et al. An enhanced benchmark for prosthetic joint replacement infection rates. *Am J Infect Control*. déc 2006;34(10):669–672.
3. Mabit C, Marcheix PS, Mounier M, Dijoux P, Pestourie N, Bonneville P, et al. Impact of a surgical site infection (SSI) surveillance program in orthopedics and traumatology. *Orthop Traumatol Surg Res*. oct 2012;98(6):690–695.
4. Muilwijk J, van den Hof S, Wille JC. Associations between surgical site infection risk and hospital operation volume and surgeon operation volume among hospitals in the Dutch nosocomial infection surveillance network. *Infect Control Hosp Epidemiol*. mai 2007;28(5):557–563.
5. Grammatico-Guillon L, Baron S, Gettner S, Lecuyer A-I, Gaborit C, Rosset P, et al. Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008: clinical and economic outcomes. *J Hosp Infect*. sept 2012;82(1):40–48.
6. Grammatico-Guillon L, Rusch E, Astagneau P. Surveillance of prosthetic joint infections: international overview and new insights for hospital databases. *Journal of Hospital Infection* [Internet]. [cité 17 déc 2013]; Disponible sur: [http://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701\(13\)00363-0/abstract](http://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701(13)00363-0/abstract)
7. Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, Ong K, Chiu V, Vail TP, et al. The epidemiology of revision total knee arthroplasty in the United States. *Clin Orthop Relat Res*. janv 2010;468(1):45–51.
8. Inacio MCS, Paxton EW, Chen Y, Harris J, Eck E, Barnes S, et al. Leveraging electronic medical records for surveillance of surgical site infection in a total joint replacement population. *Infect Control Hosp Epidemiol*. avr 2011;32(4):351–359.
9. Lentino JR. Prosthetic joint infections: bane of orthopedists, challenge for infectious disease specialists. *Clin Infect Dis*. 1 mai 2003;36(9):1157–1161.
10. Astagneau P, L'Héritier F, Daniel F, Parneix P, Venier A-G, Malavaud S, et al. Reducing surgical site infection incidence through a network: results from the French ISO-RAISIN surveillance system. *J Hosp Infect*. juin 2009;72(2):127–134.
11. Grammatico-Guillon L, Baron S, Gettner S, Lecuyer A-I, Gaborit C, Rosset P, et al. Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008: clinical and economic outcomes. *J Hosp Infect*. sept 2012;82(1):40–48.

12. Rioux C, Grandbastien B, Astagneau P. Impact of a six-year control programme on surgical site infections in France: results of the INCISO surveillance. *J Hosp Infect.* juill 2007;66(3):217-223.
13. Hunt LP, Ben-Shlomo Y, Clark EM, Dieppe P, Judge A, MacGregor AJ, et al. 90-day mortality after 409,096 total hip replacements for osteoarthritis, from the National Joint Registry for England and Wales: a retrospective analysis. *Lancet.* 28 sept 2013;382(9898):1097-1104.
14. Grammatico-Guillon L. Hospital Burden of Bone and Joint Infections in France: Analysis of National Hospital Discharge Data 2008. Chicago; 2011.
15. Coello R, Gastmeier P, Boer AS de. Surveillance of Hospital - Acquired Infection in England, Germany, and The Netherlands: Will International Comparison of Rates Be Possible? •. *Infection Control and Hospital Epidemiology.* 1 juin 2001;22(6):393-397.
16. Grammatico-Guillon L, Rusch E, Astagneau P. Surveillance of prosthetic joint infections: international overview and new insights for hospital databases. *Journal of Hospital Infection* [Internet]. [cité 17 déc 2013]; Disponible sur: [http://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701\(13\)00363-0/abstract](http://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701(13)00363-0/abstract)
17. Grammatico-Guillon L, Maakaroun Vermesse Z, Baron S, Gettner S, Rusch E, Bernard L. Paediatric bone and joint infections are more common in boys and toddlers: a national epidemiology study. *Acta Paediatr.* 3 déc 2012;
18. Grammatico L, Baron S, Rusch E, Lepage B, Surer N, Desenclos JC, et al. Epidemiology of vertebral osteomyelitis (VO) in France: analysis of hospital-discharge data 2002-2003. *Epidemiol Infect.* mai 2008;136(5):653-660.
19. Defez C, Fabbro-Peray P, Cazaban M, Boudemaghe T, Sotto A, Daurès JP. Additional direct medical costs of nosocomial infections: an estimation from a cohort of patients in a French university hospital. *J Hosp Infect.* févr 2008;68(2):130-136.
20. Lipsky BA, Weigelt JA, Gupta V, Killian A, Peng MM. Skin, soft tissue, bone, and joint infections in hospitalized patients: epidemiology and microbiological, clinical, and economic outcomes. *Infect Control Hosp Epidemiol.* nov 2007;28(11):1290-1298.
21. López-Contreras J, Limón E, Matas L, Olona M, Sallés M, Pujol M. Epidemiology of surgical site infections after total hip and knee joint replacement during 2007-2009: a report from the VINCAt Program. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* juin 2012;30 Suppl 3:26-32.
22. Zimmerli W, Trampuz A, Ochsner PE. Prosthetic-joint infections. *N Engl J Med.* 14 oct 2004;351(16):1645-1654.
23. Zimmerli W, Ochsner PE. Management of infection associated with prosthetic joints. *Infection.* mars 2003;31(2):99-108.

24. Kurtz SM, Lau E, Schmier J, Ong KL, Zhao K, Parvizi J. Infection burden for hip and knee arthroplasty in the United States. *J Arthroplasty*. oct 2008;23(7):984-991.
25. Malinzak RA, Ritter MA, Berend ME, Meding JB, Olberding EM, Davis KE. Morbidly obese, diabetic, younger, and unilateral joint arthroplasty patients have elevated total joint arthroplasty infection rates. *J Arthroplasty*. sept 2009;24(6 Suppl):84-88.
26. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*. 1987;40(5):373-383.
27. Tanner J, Padley W, Kiernan M, Leaper D, Norrie P, Baggott R. A benchmark too far: findings from a national survey of surgical site infection surveillance. *J Hosp Infect*. févr 2013;83(2):87-91.
28. Mayor S. English hospitals under-report surgical site infections, survey shows. *BMJ*. 2013;346:f345.
29. Cuggia M, Bayat S, Garcelon N, Sanders L, Rouget F, Coursin A, et al. A full-text information retrieval system for an epidemiological registry. *Stud Health Technol Inform*. 2010;160(Pt 1):491-495.
30. Rioux C, Grandbastien B, Astagneau P. Impact of a six-year control programme on surgical site infections in France: results of the INCISO surveillance. *J Hosp Infect*. juill 2007;66(3):217-223.
31. Hors Série B. Apports des bases médico-administratives pour l'épidémiologie et la surveillance□: regards croisés France-Québec // Contribution of health administrative databases to epidemiology and surveillance: crossed views from France and Quebec. *Bulletin Epidémiologique hebdomadaire. iNVS*. déc 2013;

TABLES

Table I: Continuous and categorical variables used to identify risk factors of joint infection

PATIENT VARIABLES
Demographic factors: gender, age, Medical factors: hypertension, cardiological devices, diabetes mellitus, ulcer sore, rheumatoid arthritis and other dysimmunitary disorders, peripheral vascular disorders (PVD), neurologic diseases, chronic renal failure, liver diseases, alcohol abuse, drug addiction, human immunodeficiency virus (HIV), cancers, obesity, undernutrition, urinary tractus disorders
SURGERY AND POST OPERATIVE VARIABLES
Diagnosis hip or knee = location of prosthesis Duration delay between replacement and infection
HOSPITAL VARIABLES
Type of operating hospital : University hospital, central hospital, district hospital Sector of hospitalisation : public versus private Severity index (from HD coding process)

Table II – Univariate and multivariate Cox proportional hazards models of HKAI occurrence after hip or knee arthroplasty

Variables		Univariate analysis			Multivariate analysis*			
		n	Incidence HKAI (%)	p	Hazard ratio	(95% CI)		p
Age	< 75	17,427	1.73	NA	1	Reference		NA
	≥ 75	15,251	1.99	0.12	1.11	0.93	1.32	0.24
Gender	Female	19,600	1.65	NA	1	Reference		NA
	Male	13,078	2.15	0.003	1.32	1.12	1.55	10-3
Location	Hip	21,557	1.78	NA	1	Reference		NA
	Knee	11,025	2.00	0.83	1.11	0.93	1.32	0.25
Year of replacement	2008	8,514	1.66	NA	1	-	-	NA
	2009	8,091	1.88	10-3	1.48	1.16	1.88	10-3
	2010	8054	2.07	10-3	2.19	1.72	2.80	<10-3
	2011	8,019	1.81	10-3	2.77	2.14	3.59	<10-3
Diabetes mellitus	no	29,270	1.75	NQ	1	Reference		NA
	yes	3,408	2.70	0.01	0.90	0.71	1.14	0.37
Ulcer sore	no	31,558	1.68	NA	1	Reference		NA
	yes	1,120	6.61	<10-3	2.55	1.94	3.35	<10-3
Tabacco	no	32,270	1.83	NA	1	Reference		NA
	yes	468	3.0	0.06	-			
Hypertension	no	20,051	1.70	NA	1	Reference		NA
	yes	12,627	2.10	0.14	-	-		
Cardiological device	no	31,789		NA		Reference		NA
	yes	889	3.26	0.03	1.13	0.77	1.65	0.55
Chronic renal failure	no	31,789	1.76	NA	1	Reference		NA
	yes	889	5.29	<10-3	1.53	1.11	2.10	0.01
Urinary tractus disorders	no	30,996		NA	1	Reference		NA
	yes	1,682	4.82	<10-3	1.85	1.44	2.39	<10-3
Cancer	no	31,420	1.88	NA	1	Reference		NA
	yes	1,259	3.34	0.01	1.02	0.74	1.41	0.89
Chronic liver diseases	no	32449	1.78	NA	1	Reference		NA
	yes	229	11.79	<10-3	2.88	1.88	4.42	<10-3
Alcohol abuse	no	32,270	1.77	NA	1	Reference		NA
	yes	408	8.33	<10-3	2.47	1.67	3.63	<10-3
HIV	no	32672		NA	NA			
	yes	6	33.33	<10-3	-			

Drug abuse	no	32,659	1.85	NA	1	Reference		NA
	yes	19	10.53	0.02	3.43	0.84	13.94	0.08
Obesity	no	28,761		NA	1	Reference		NA
	yes	3,917	3.32	<10-3	1.70	1.38	2.80	<10-3
Undernutrition	no	31,745	1.75	NA	1	Reference		NA
	yes	933	5.36	<10-3	1.59	1.16	2.20	0.01
Neurologic diseases	no	32,438	1.84	NA	-			
	yes	240	2.92	0.36	-			
Rheumatological diseases	no	32,336	1.85	NA	-			
	yes	342	2.34	0.95	-			
Organ graft	no	32,635	1.85	NA	-			
	yes	43	2.33	0.92	-			
PVD	no	32,007	1.84		-			
	yes	671	2.38	0.76	-			

* N = 32,582

HKAI : hip or knee arthroplasty infection ; PVD: peripheral Vascular disorders

**Table III – Microorganisms coded from 828 HKAI stays
(n=776 coded microorganisms)**

Microorganisms	n	%	Resistance codes (%)
<i>Staphylococcus sp</i>	381	50	25
<i>MRSA</i>	19	2.5	-
<i>Streptococcus sp</i>	70	9	21
<i>E coli</i>	93	12	29
Other GNB	91	12	26
<i>Candida</i>	12	2	-

HKAI : hip or knee arthroplasty infection; MRSA : Meticillin resistant *Staphylococcus aureus* ; MDR: multidrug resistant Bacteria; GNB: Gram negative bacilli

Table IV –Univariate and mulivariate Cox proportional hazards models of mortality after hip or knee arthroplasty

Variables		Univariate analysis			Multivariate analysis*			
		n	Mortality rate (%)	p	Hazard ratio	(95% CI)		p
Age	< 75	17,427	2.23	NA	1	Reference		NA
	≥ 75	15,251	8.65	10-3	3.37	3.00	3.80	<10-3
Gender	Female	19,600	4.79	NA	1	Reference		NA
	Male	13,078	5.87	10-3	1.192	1.080	1.32	<10-3
Location	Hip	21,557	6.57	NA	1	Reference		NA
	Knee	11,025	2.52	10-3	0.41	0.36	0.47	<10-3
Year of replacement	2008	8,514	7.26	NA	1	Reference		NA
	2009	8,091	5.80	10-3	1.18	1.04	1.34	0.01
	2010	8,054	4.53	10-3	1.38	1.20	1.60	<10-3
	2011	8,019	3.18	10-3	1.62	1.37	1.92	<10-3
HKAI	no	32,073	5.11	NA	1	Reference		NA
	yes	605	11.4	10-3	1.30	1.02	1.67	0.04
Diabetes mellitus	no	29,270	4.92	NA	1	Reference		NA
	yes	3,408	7.95	10-3	1.09	0.95	1.25	0.20
Ulcer sore	no	31,558	4.75	NA	1	Reference		NA
	yes	1,120	18.66	10-3	2.19	1.86	2.57	<10-3
Tabacco	no	32,270	5.19	NA	1	Reference		NA
	yes	408	7.84	0.09	1.82	0.45	7.37	0.40
Hypertension	no	20,051	4.84	NA	1	Reference		NA
	yes	12,627	5.83	0.02	0.81	0.73	0.90	10-3
Cardiological device	no	31,789	4.99	NA	1	Reference		NA
	yes	889	13.61	<10-3	1.30	1.07	1.58	0.01
Chronic renal failure	no	31,789	4.61	NA	1	Reference		NA
	yes	889	27.3	<10-3	2.86	2.46	3.32	10-3
Urinary tractus disorders	no	30,996	4.87	NA		Reference		NA
	yes	1,682	11.83	<10-3	1.17	0.99	1.37	0.06
Cancer	no	31,420	4.31	NA		Reference		NA
	yes	1,259	27.9	<10-3	3.97	3.51	4.50	<10-3
Chronic liver diseases	no	32,449	5.10	NA		Reference		NA
	yes	229	23.14	<10-3	1.89	1.39	2.58	<10-3
Alcohol abuse	no	32,270	5.10	NA	1	Reference		NA

	yes	408	15.20	<10-3	1.78	1.34	2.37	<10-3
HIV	no	32,672	5.21	NA	1	Reference		NA
	yes	6	50.0	<10-3	-			
Drug abuse	no	32,659	5.22	NA	1	Reference		NA
	yes	19	15.79	<10-3	-			
Obesity	no	28,761	5.46	NA	1	Reference		NA
	yes	3,917	3.47	<10-3	0.81	0.68	0.97	0.03
Undernutrition	no	31,745	4.77	NA	1	Reference		NA
	yes	933	20.79	<10-3	1.673	1.418	1.975	10-3
Neurologic diseases	no	32,438	5.14	NA	1	Reference		NA
	yes	240	16.67	10-3	1.94	1.41	2.66	10-3
Rheumatological diseases	no	32,336	5.21	NA	1	Reference		NA
	yes	342	6.14	0.66	-			
Organ graft	no	32,635	5.21	NA	1	Reference		NA
	yes	43	18.60	0.01	1.99	0.99	4.02	0.06
PVD	no	32,007	5.06	NA	1	Reference		NA
	yes	671	13.11	10-3	1.02	0.81	1.27	0.88

* N = 32,582

HKAI : hip or knee arthroplasty infection ; PVD: peripheral vascular disorders

FIGURES

Metric	Method of Detection
Global inhospital stays: 1,822,748 hospital stays	Regional Hospital Discharge Database (HDD), 2008-11
Primary replacement of hip or knee: 32,678 patients	French Common Classification of Medical Act (FCCMA) Codes - Hip replacement (NEKA010-NEKA021, NEMA018, NEMA020) - Knee replacement (NFKA006-NFKA009, NFMA013) + one Specific code of prosthetic material (Implant) Stratification by unique patient identification number (ANO)
First Hip/knee infections: 828 stays/603 patients	Defined by the presence in the resume and their associations or not of: International Classification of Diseases-10 (ICD-10) Codes or FCCMA codes, 2008-10 - Prosthetic joint specific infection or inflammation (T845, T846, T847, Z76800) - Infection codes - Septic arthritis (M000-002, M008-013, M016, M018, M130, M1315, M1316, M138, M1395, M1396) - Osteomyelitis (M860-M866, M868, M869, M900, M902) - Sepsis codes (A, B, R) - Abscesses (L022 L024 L980) +/- FCCMA Specific Surgical Procedure codes - debridement, prosthesis removal, exchange, or implant revision

Figure 1. Detection of primary knee or hip arthroplasty infections (HKAI) that occurred in patients aged 18 and older at 39 hospitals in Region Centre, France from 2008-12

PJI: prosthetic joint infection

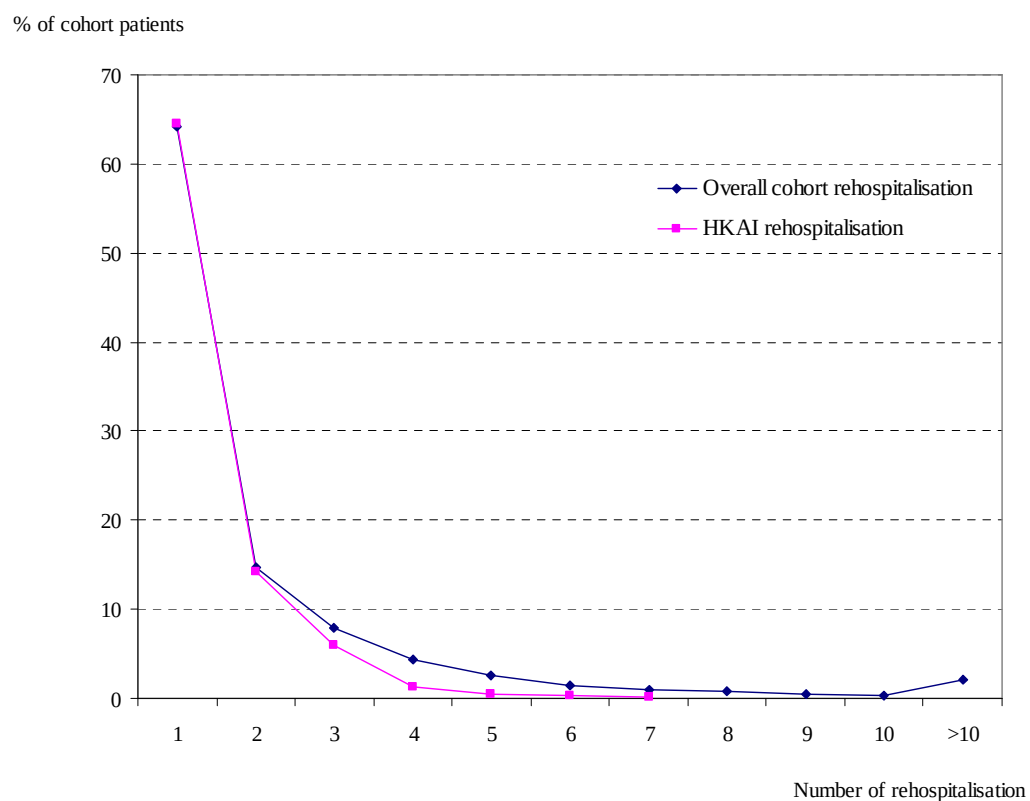


Fig 2. Frequency of rehospitalisation after HKA (HKAI hospitalization included), 2008-2012 cohort (N=32,678 patients)

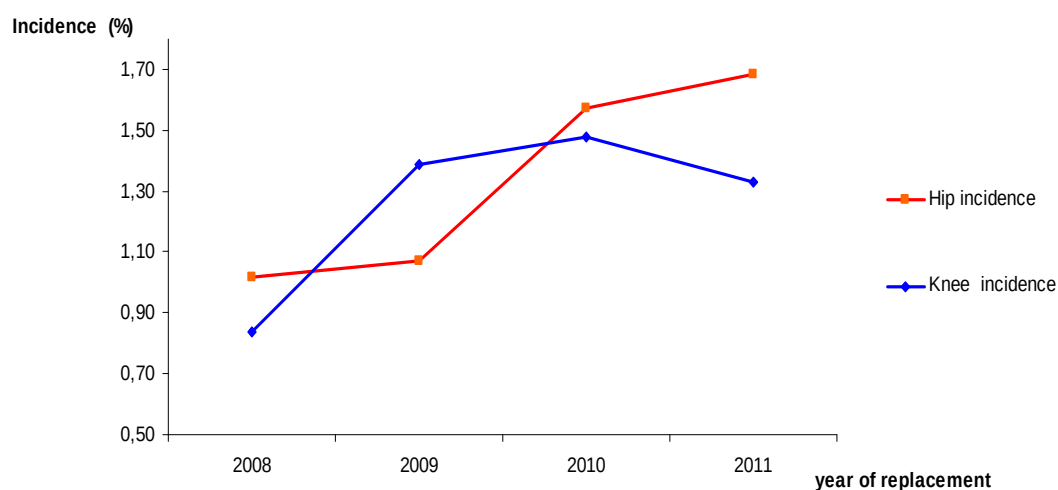


Fig 3. Year Incidence of Surgical Site Infection, by location

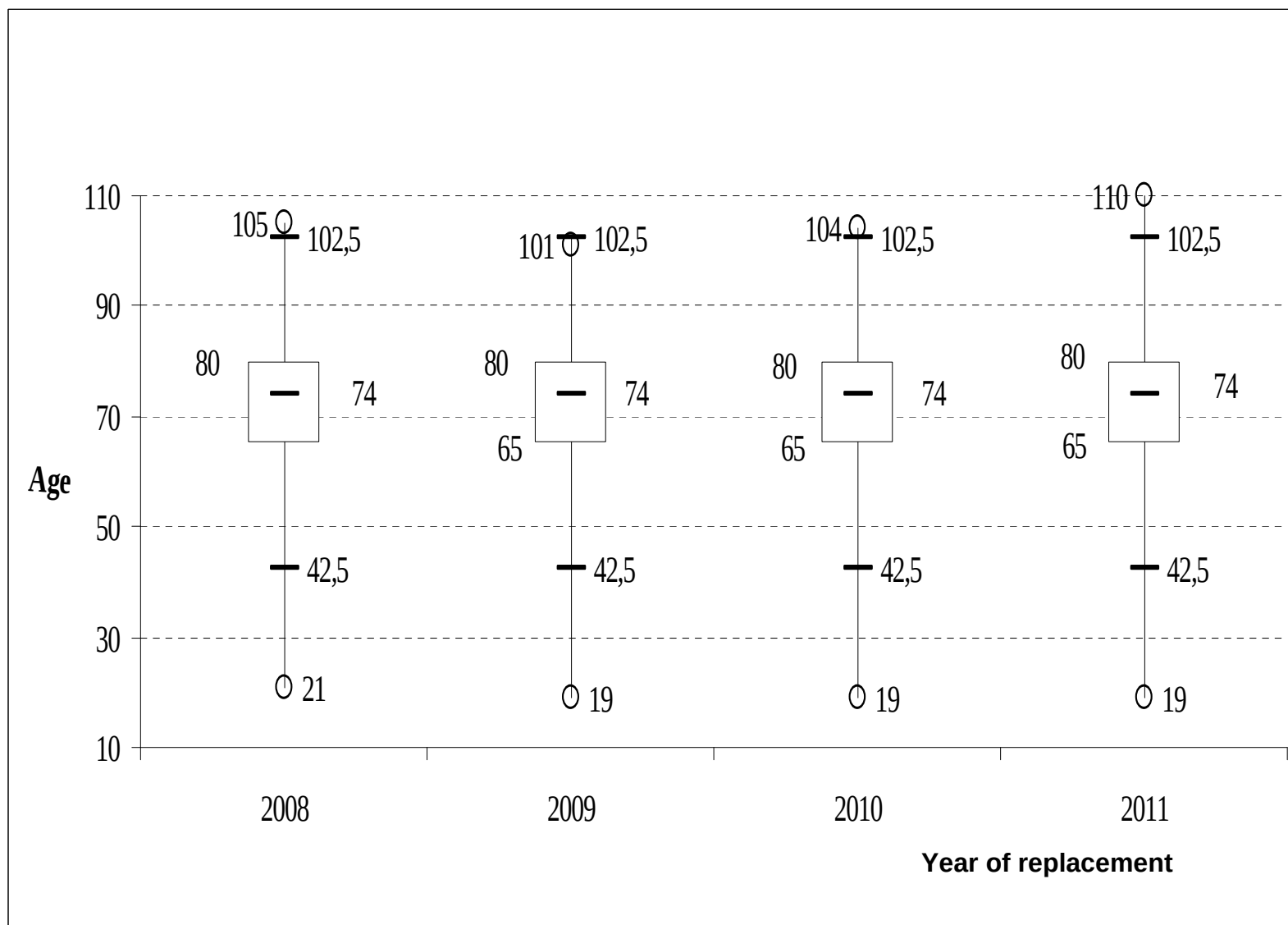


Fig 4. Distribution of age at arthroplasty, by year of replacement

Incidence /1,000
arthroplasties

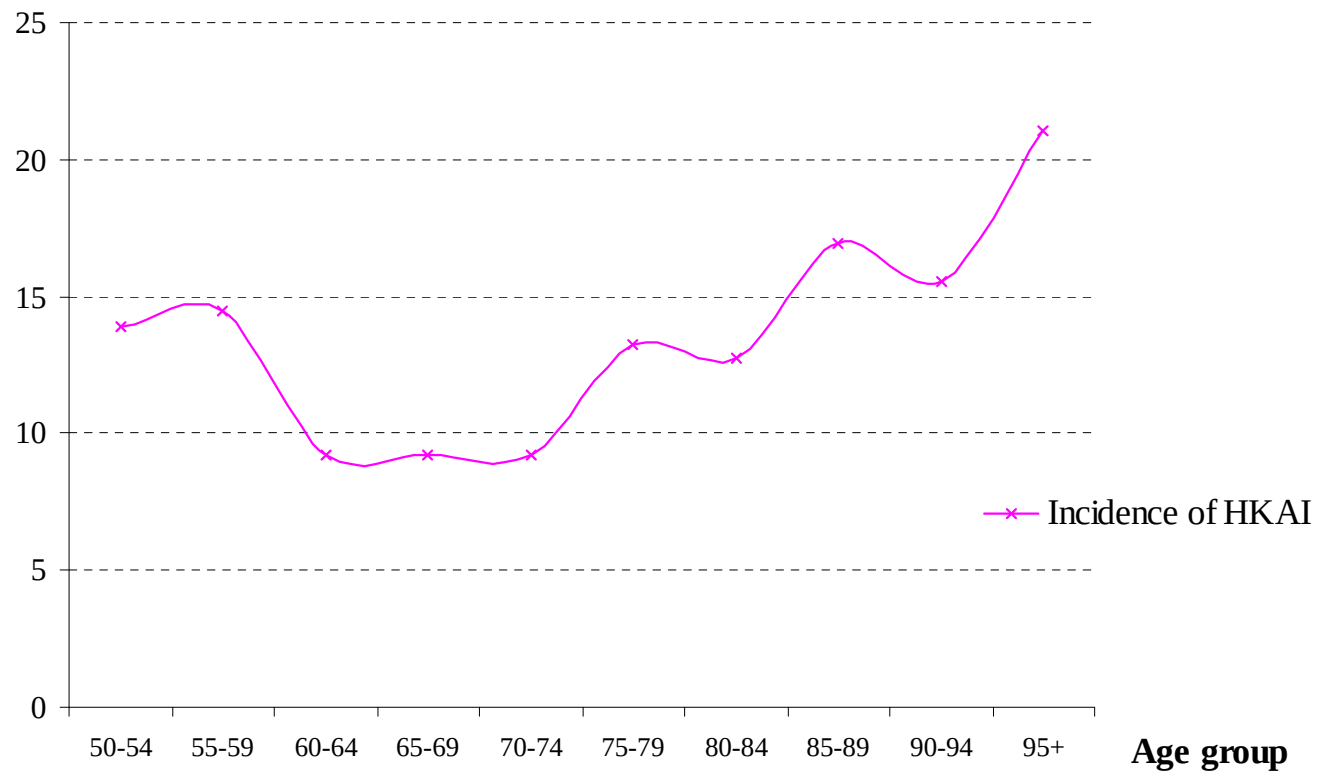


Fig 5. HKAI Incidence by Age Group at Replacement after 50 year

Hazard rate (HKAI per day)

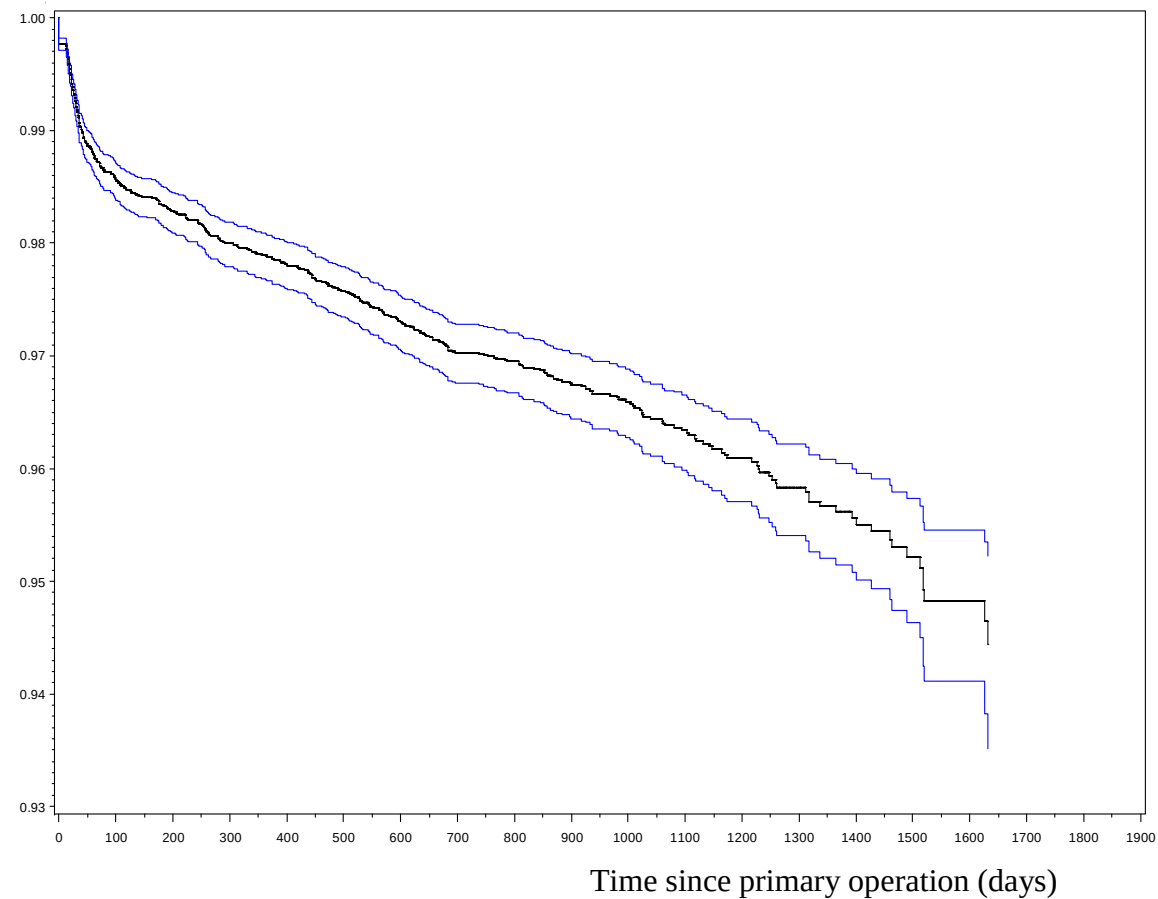


Fig 6. Risk of HKAI over the period, 2008-2012(black curve), with its confident interval (blue curve)

Hazard rate (death per day)

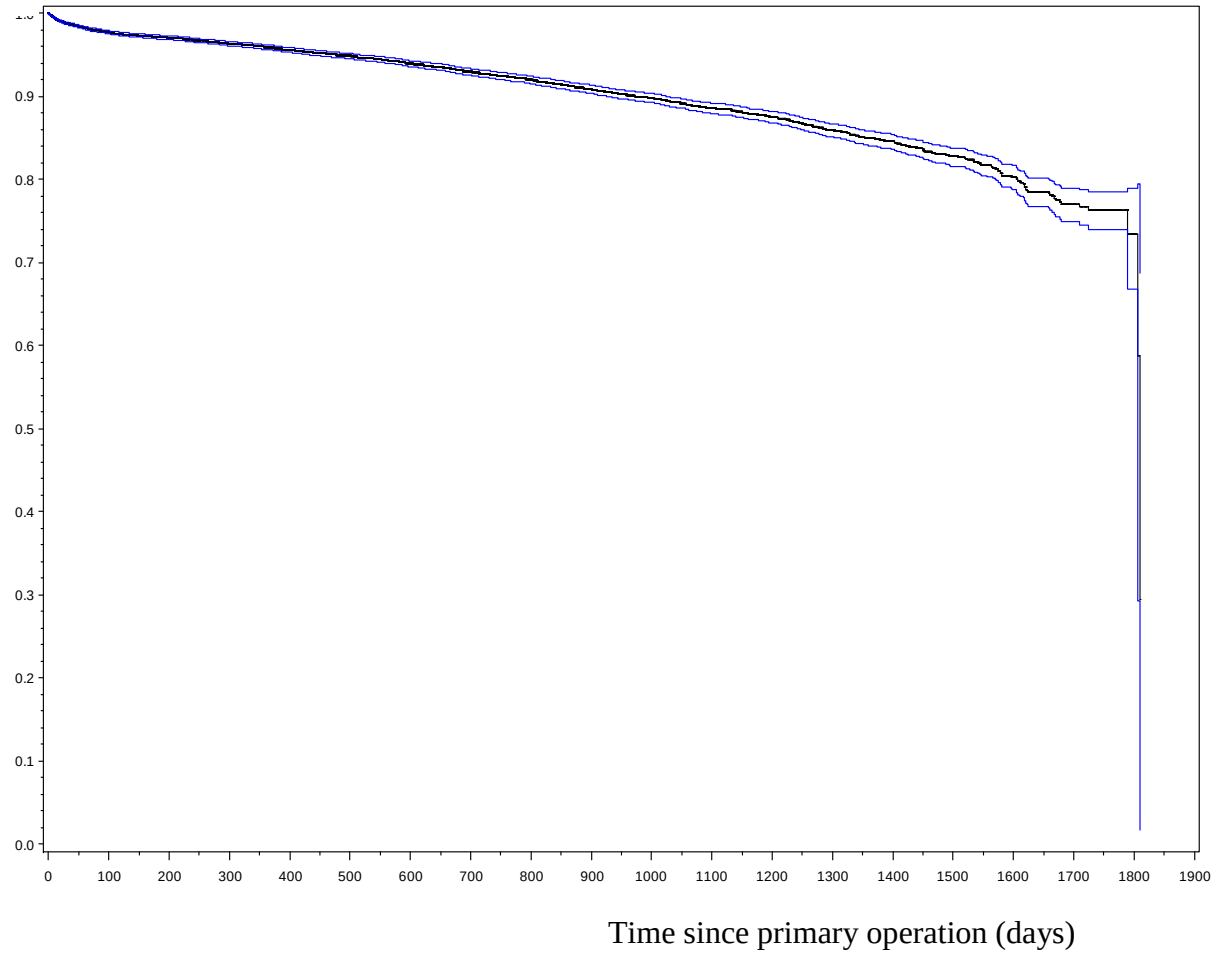


Fig 7. Risk of death over the period, 2008-2012(black curve), with its confident interval (blue curve)

Annexes

Publications complémentaires

Annexe 1 – Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008 : clinical and economical outcomes

Journal of Hospital Infection 82 (2012) 40–48



Available online at www.sciencedirect.com

Journal of Hospital Infection

journal homepage: www.elsevierhealth.com/journals/jhin



Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008: clinical and economic outcomes[☆]

L. Grammatico-Guillon^{a, b, c, *}, S. Baron^b, S. Gettner^b, A.-I. Lecuyer^b,
C. Gaborit^c, P. Rosset^d, E. Rusch^c, L. Bernard^a

^a Infectious Diseases Unit, University Hospital of Tours, Tours, France

^b Regional Unit of Epidemiology, University Hospital of Tours, Tours, France

^c Public Health Unit, University Hospital of Tours, Tours, France

^d Orthopaedic Unit, University Hospital of Tours, Tours, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 March 2012

Accepted 20 April 2012

Available online 26 June 2012

Keywords:

Bone and joint infection

Economic burden

Epidemiology

French National Hospital

Discharge Database

SUMMARY

Background: Adult bone and joint infections (BJIs) often require repeated and prolonged hospitalizations and are considered as a serious public health issue.

Aim: To describe the epidemiology and economical outcomes of BJI in France.

Methods: BJI hospitalizations with selected demographic, medical, and economic parameters from the French national hospital database for the year 2008 were identified. Overall patient characteristics and hospital stays for BJI underwent univariate analysis. Risk factors for device-associated infections were identified using multiple logistic regression modelling.

Findings: Of all hospitalizations in France, 0.2% were BJI-related, representing 54.6 cases per 100,000 population, with a higher prevalence in males (sex ratio: 1.54). BJIs were more often native (68%) than device-associated (32%). The mean age was 63.1 years. Only 39% of hospital discharges had microbiological information coded; *Staphylococcus* spp. were isolated in 66% of those cases. Obesity, *Staphylococcus* spp., male sex and age >64 years were important risk factors for device-associated infections, whereas diabetes and ulcer sores were significantly associated with native infections. The case fatality was 4.6%. Intensive care unit stays were needed in 6% of cases. Readmissions to hospital occurred in 19% of cases, with significantly longer stays for device-associated infections than for native BJIs (18.9 vs 16.8 days). The cost of BJIs was €259 million, or about €7,000 per hospitalization in 2008.

Conclusions: This is the largest BJI study to date. The high economic burden of BJIs was mostly associated with more frequent and prolonged hospitalizations, high morbidity, and complexity of care.

© 2012 The Healthcare Infection Society. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

Introduction

Bone and joint infections (BJIs), including septic arthritis, osteomyelitis and spondylodiscitis, are a significant cause of morbidity and occasional mortality. These infections can occur on native joints or be device-associated.

Most of the current epidemiological literature on BJI is postoperative and periprosthetic (device-associated); these

[☆] Presented at the Boston and Chicago Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 14 September 2010 (paper K-1676, session 185) and 19 September 2011 (paper K-1566, session 200).

* Corresponding author. Address: University Hospital of Tours, 2 BD Tonnelé, 37 000 Tours, France. Tel.: +33 2 47 47 37 14; fax: +33 2 47 47 37 31.

E-mail address: leslie.guillon@univ-tours.fr (L. Grammatico-Guillon).

infections are increasingly more frequent due to higher numbers of arthroplasties.^{1–5} The incidence of septic arthritis is estimated in developed countries to be 4–10 per 100,000 population.⁶ Osteomyelitis, though rare in adults, occurs mainly in children (10 per 100,000).^{7–9} The incidence of spondylodiscitis, osteomyelitis of the spine, has been estimated at 2.4 per 100,000 in France.¹⁰

BJI can become very costly, due to prolonged hospital stays, complicated treatment protocols, and frequent readmissions. The overall length of stay (LOS) for patients who develop BJI after arthroplasties is estimated to be more than twice that of patients with uninfected procedures.^{11,12} The economic burden of BJI varies widely across studies, mainly due to differences in country-specific healthcare reimbursement systems.

A few studies have estimated the incidence of BJI; however, these rates are more often limited to reports of one hospital or area-specific hospital system. In France, each hospital discharge (HD), whether from a public or a private establishment, must be registered in the French National Hospital Discharge Database (NHDD). The NHDD is therefore a convenient medico-administrative database that can be mined for epidemiologic studies.

The objective of this study was to describe the epidemiology and the clinical and financial outcomes of hospitalized BJI cases in France using the 2008 NHDD.

Methods

Retrospective analysis of the NHDD for 2008 was conducted. An algorithm was used to create a case definition for BJI (Appendix 1). We selected any HD with a principal or secondary diagnosis of BJI appearing alone or in combination with either sepsis or a specific surgical procedure. International Classification of Diseases, Tenth Revision (ICD-10) codes included arthritis, osteomyelitis, spondylodiscitis and infectious complications of surgical care (T codes). The surgical procedures according to the French Common Classification of Medical Acts (FCCMA) included debridement, prosthesis removal, exchange, or implant revision. BJI was considered device-associated if the HD contained at least one T code or a device-specific procedure; otherwise, a BJI was considered native.

We linked multiple hospitalizations to anonymized patient data, using a unique and encrypted patient number, in order to obtain the patient database. HD data were used to describe hospitalizations and economic outcomes, whereas the patient database was used to describe the epidemiology of BJI cases.

Exclusion

Ambulatory stays ≤ 24 h ($N = 11,916$) as well as three outliers with stays ≥ 450 days were excluded from analysis. Paediatric BJI cases (ages ≤ 15 years) were also excluded from analysis ($N = 3048$) due to their low numbers and very different clinical presentation and outcomes.

Case definition

The BJI case definition was validated in two steps using a representative sample of hospital charts in one teaching

hospital as the gold standard. First, we assessed the reliability of the case definition by randomly selecting 100 BJIs from the local administrative database. The corresponding medical records were reviewed. Eighty-four records were true BJI; 16 records were miscoded as BJI and corresponded to vascular disorders ($N = 5$), previous BJI infection readmitted for a different reason ($N = 3$), suspected infection ($N = 3$), non-infectious inflammation ($N = 2$) and ulcer sores ($N = 3$), giving a positive predictive value (PPV) of 84%. In the second stage of validation, we measured the reliability of the case definition among 205 patients having undergone surgical intervention for orthopaedic device implants. We report a negative predictive value (PPN) of 98.8%, a PPV of 97.5%, a sensitivity of 95.1% and a specificity of 99.4% of the case definition.

Study variables

Variables used in the analysis of epidemiological outcomes included: demographic characteristics (age was presented as a continuous variable – mean and median – and categorized into five-year age groups, and as a binary variable (>64 years) for the logistic regression modelling), comorbidities, type of BJI, causative pathogens (monomicrobial or polymicrobial), hospital characteristics (public or private), type of admission (intensive care unit (ICU) stay or medical/surgical with a surgical procedure code), month of admission and discharge, discharge destination (home, transferred to other care centres, or in-hospital mortality). Variables related to economic outcomes included total LOS, including ICU stay, assigned diagnosis-related group (DRG) and total billed charges. In France, DRGs are assigned a severity index (0–2) according to co-morbidities to adjust the cost for the most complicated stays.

BJI cases were described with respect to comorbidities, type of BJI, and infection with or without an orthopaedic device. Rehospitalization was defined as the number of patients who were discharged and readmitted within 2008 divided by the total number of people who were discharged alive. The overall prevalence of BJI by age and sex was calculated using 2008 population data from the French National Institute of Statistics and Economic Studies (<http://www.insee.fr/fr/default.asp>). We described the case fatality rate and the mortality rate standardized by age and sex. The case fatality rate was calculated using as numerator the number of stays with in-hospital death, and as denominator all BJI patients. The mortality rate was calculated using as numerator the number of stays with in-hospital death, and as denominator the 2008 population estimates (<http://www.insee.fr/fr/default.asp>). Hospital costs (€) were measured by direct hospitalization cost to the society by taking into account various components of the DRG: fixed hospital stay charges adjusted for LOS and supplementary charges (for ICU, haemodialysis, and other care) giving the overall HD cost reimbursed by the National Health Insurance.¹³

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using SAS version 9.1 software for Microsoft Windows (SAS Institute, Cary, NC, USA). Results were presented as frequencies or as means and medians with range. The chi-squared test was used to compare

categories. Relative risk (RR) and 95% confidence intervals (CIs) were calculated. The means of continuous variables were compared using the *t*-test (parametric) and the Wilcoxon (non-parametric) test. Binary logistic regression analysis was performed to analyse the factors associated with increased device-associated infection rates. All possible explanatory variables were first tested in a univariate model. In the final logistic regression analysis, the variables were tested one at a time with adjustment for age, sex, diabetes, obesity, peripheral vascular disorder (PVD), ulcer sores and infection with *Staphylococcus* spp. Predictors of inpatient mortality were also assessed using binomial logistic regression modelling.

Results

Of the 16 million HDs in France in 2008, a total of 36,091 HDs met the case criteria for BJI hospitalization (0.2%). Ninety-nine percent of HDs were correctly linked to patient database, representing 28,579 patients. Septic arthritis represented 53% of BJIs, followed by osteomyelitis (34%), spondylodiscitis (9%), and infectious complications of orthopaedic device without a specific BJI type indicated (4%, ICD-10 codes T845, T846, and T847). The majority (68%) of BJI discharges was due to native infections (Table I).

Epidemiology

The male:female sex ratio was 1.54. The overall mean age of BJI cases was 63.1 years (median: 66; range: 15–105); males were significantly younger (mean age: 60 years; median: 62) than females (mean age: 68 years; median: 72). The overall prevalence of BJI (per 100,000 inhabitants) was 54.6; 24.5 for patients aged ≤50 years, and 157 for those aged ≥70 years. BJI prevalence was significantly higher among males than females (69.2 vs 41.2), irrespective of age (Figure 1).

The majority of patients was hospitalized for native BJI (Table I); one-third (9479) of patients had a device-associated BJI (58.1% of which were due to prosthesis). The mean age for device-associated BJI was higher than native BJI, 64.6 years (median: 69) versus 62.4 years (median: 65) respectively. The proportion of device-associated BJI was relatively stable for males across all age groups (~30%); however, among females, the proportion of device-associated BJI increased from a low of 22% at age 35 years to a high of 45% at age 85 years, significantly surpassing infection rates among males after 50 years of age.

A total of 13,501 patients (47%) had at least one comorbidity coded (Figure 2). The more frequently occurring comorbidities were diabetes, PVD, and ulcer sores. Of the 6961 patients with diabetes, 27% also had ulcer sores, 30% had PVD, and 12% had all three conditions coded. Diabetes was three times more

Table I

Clinical and economic hospital burden of bone and joint infection (BJI), France, 2008

	Native BJI	Device-associated BJI	P-value
Hospital stays	24,643 (68%)	11,448 (32%)	
Diagnosis coded			
Septic arthritis	10,368 (42.1%)	8235 (71.9%)	0.01
Osteomyelitis	10,852 (44.1%)	1654 (14.5%)	
Spondylodiscitis	3423 (13.9%)	174 (1.5%)	
Not indicated	0	1385 (12.1%)	
Public sector hospitalization	20,514 (83.2%)	7919 (69.2%)	0.01
Surgical ward stays	11,334 (46.0%)	8513 (74.3%)	0.01
ICU stays	1552 (6.3%)	689 (6.0%)	NS
Transfer destination			
Home	17,447 (70.8%)	6711 (58.6%)	0.01
Died	931 (3.8%)	391 (3.4%)	NS
Long-term stay	216 (0.9%)	111 (1.0%)	NS
Rehabilitation centres	3485 (14.1%)	3004 (26.2%)	0.01
Short term	2511 (10.1%)	1204 (10.5%)	NS
Psychiatric unit	53 (0.2%)	27 (0.2%)	NS
LOS [days (95% CI)]	16.8 (16.6–17.1)	18.9 (18.5–19.3)	0.01
Public sector	18.2 (17.9–18.5)	20.9 (20.4–21.4)	0.01
Private sector	10.2 (9.8–10.6)	14.5 (14.0–15.0)	0.01
Mean cost of stay	€6,721	€8,161	0.01
Patient demographics	19,100 (66.8%)	9479 (33.2%)	
Sex			
Male	12,188 (63.8%)	5043 (53.2%)	0.01
Female	6912 (36.2%)	4310 (45.5%)	0.01
Case fatality	931 (3.8%)	391 (3.4%)	NS
Diagnosis			
Septic arthritis	8463 (44.3%)	4944 (52.2%)	0.01
Osteomyelitis	8157 (42.7%)	1917 (20.2%)	0.01
Spondylodiscitis	2480 (13.0%)	212 (2.2%)	0.01
Unknown	0	2406 (25.4%)	—

ICU, intensive care unit; LOS, length of stay; NS, non-significant.

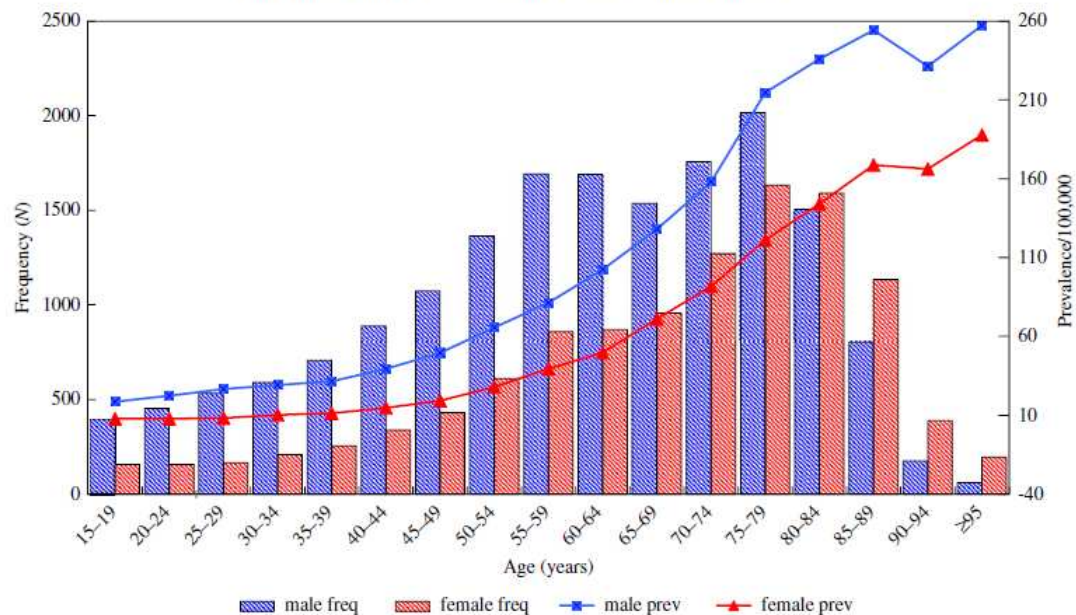


Figure 1. Prevalence and frequency of bone and joint infection, France, 2008. Blue bars: male frequency; red bars: female frequency; blue squares: male prevalence; red triangles: female prevalence.

frequent in native infections (32% among males and 27% among females) than in device-associated infections (12%, irrespective of sex); whereas obesity and cancer occurred more often in device-associated infection ($P < 0.001$).

The inpatient case fatality rate was 4.6% (1322 deaths). The mortality rate (per 100,000 inhabitants) was higher for males than for females (2.9 vs 2.1) (Table I, Figure 3). The mean age of those who died was 77.2 years (median: 79; range: 15–105). There was no difference in mortality with respect to device or type of BJI. BJI patients with at least one comorbidity were three times more likely to die than those without comorbidities (RR: 3.0; 95% CI: 2.7–3.4) and 72% ($N = 946$) of those who died were more likely to die during their first hospitalization.

Cases who developed device-associated infections tended to be aged >64 years (OR: 1.6; 95% CI: 1.5–1.7), female (1.3; 1.23–1.37), obese (1.8; 1.6–2.0), having *Staphylococcus* infection (1.5; 1.4–1.6), and less likely to have diabetes (0.29; 0.27–0.31) and PVD (0.26; 0.23–0.30) and ulcer sores (0.37; 0.33–0.41) than native infections (Table II).

Inpatient mortality was associated with older age (5.1; 4.4–5.9), *Staphylococcus* spp. (1.3; 1.2–1.5) and ulcer sores (1.9; 1.7–2.2) (Table II), whereas sex, device and diabetes had no independent effect.

Microbiology

Micro-organisms were reported in 14,128 (39%) HDs, the majority of which (12,426; 88%) implicated only one pathogen. *Staphylococcus* spp. were the most frequently coded agents (66%). When specified, *Staphylococcus aureus* corresponded to

43% and coagulase-negative staphylococcus to 28% of the *Staphylococcus* spp. Micro-organisms were found more frequently in device-associated BJI and were largely explained by *Staphylococcus* spp. (30%, RR: 1.3; 95% CI: 1.24–1.32). *Streptococci* spp. corresponded to 15.6% whereas *E. coli* accounted for 6.6% and other Gram-negative bacilli for 11.4% of HDs (Table III). These other pathogens were most often found in native septic arthritis.

Clinical and economic outcomes

The majority (83.2%) of BJI discharges was from public hospitals. The overall mean LOS was 17.5 days, and was one

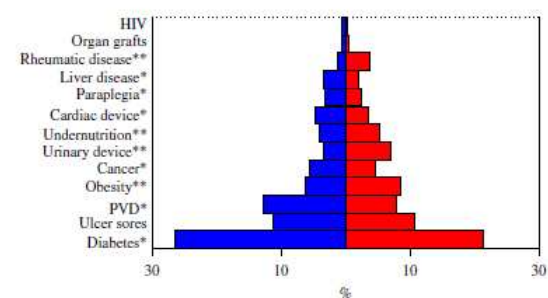


Figure 2. Comorbidity by sex for bone and joint infection, France, 2008. Blue bars: males; red bars: females. *Males, $P < 0.001$. **Females, $P < 0.001$. HIV, human immunodeficiency virus; PVD, peripheral vascular disorder.

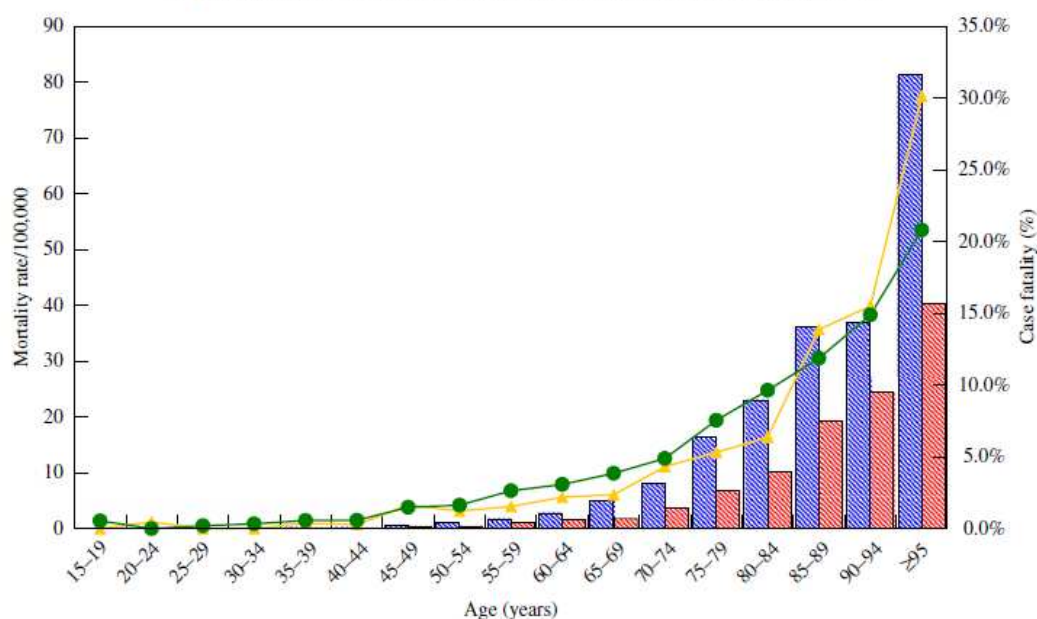


Figure 3. Mortality rate and device-associated case fatality by sex and age for bone and joint infection with or without device, France, 2008. Blue bars: male mortality rate; red bars; female mortality rate; yellow triangle: device-associated fatality; green circles: native fatality.

week longer in public hospitals (Table I). The LOS was two days longer for a device-associated BJI (18.9 days; 95% CI: 18.5–19.3) than for a native BJI (16.8 days; 95% CI: 16.6–17.1). Patients with at least one comorbidity had a higher mean LOS, as compared to those without any comorbidity (21 vs 14; $P < 0.001$). The LOS was especially higher for cases with diabetes (mean LOS: 21 days) or ulcer sores (mean LOS: 24 days). The presence of endocarditis (472 patients) increased the mean LOS to 27 days.

Device-associated BJI patients were more likely than native BJI patients to have a surgical stay (RR: 1.62; 95% CI: 1.59–1.64), contributing to an additional LOS of 2 days (Table I). For a total of 2241 (6.2%) stays, there was an ICU admission. A total of 19,154 (53%) HDs were in non-complicated DRG (severity index = 0), whereas 19% of stays were classified as complicated (severity index = 2). The proportion of complicated DRG was significantly higher in public hospitals than in private ones (21% vs 11%).

The overall rehospitalization rate in BJI cases was 19.3%, the majority (72%) of which was a single rehospitalization, mainly within 60 days of primary discharge. Device-associated BJI cases were more likely to be rehospitalized (RR: 1.11; 95% CI: 1.06–1.16) or discharged to rehabilitation centres (1.8; 1.78–1.94) as compared to native BJI cases (Table I).

In 2008, the total BJI-related cost to the National Health Insurance System amounted to €259 million, averaging €7,178 per HD. Device-associated costs were significantly higher than native BJI costs (€8,161 vs €6,721 per HD). Mean costs per HD of native BJI were higher in osteomyelitis and septic arthritis cases (€5,422 and €5,371 per HD, respectively) than in spondylodiscitis cases (€4,955 per HD).

Discussion

This national study demonstrates that BJI have a major clinical and economic impact. There was an overall BJI prevalence of 54 per 100,000, which is in the range of other studies.^{9,10,14} BJI prevalence was age and sex dependent, increasing six-fold from those aged <50 years to those aged >70 years. Males had a 60% higher rate of infection as compared to females, but among individuals aged >64 years the risk of device-associated BJIs among females was 23% higher than among males, paralleling the high prevalence of rheumatoid arthritis in this age and sex group.^{15,16}

Underlying diseases, especially diabetes, and related comorbidities (ulcer sores and vascular disorders) have been shown to be important risk factors for BJI.^{7,17–19} In our study, the most frequent comorbidities were diabetes, ulcer sores and PVD, and significantly predictive of native BJI, whereas obesity was significantly predictive of device-associated BJI (Table II). Only 39% of HDs had at least one micro-organism coded; and in a majority of cases (66%) *Staphylococcus* spp. were implicated. This pathogen was significantly more frequent in device-associated BJI, which is consistent with other reports.^{2,10,18,20–22}

The great proportion of unreported microbiological information can be explained in part by the difficulty in isolating a pathogen in 30–40% of cases.^{1,22} Blood culture is becoming an increasingly likely means of identifying the causative pathogen, especially with surgical device-associated infections.¹⁸ However, we could not cross-validate our microbiological results with laboratory data. An absence of specific administrative ICD-10 codes or a lack of financial motivation for

Table II

Factors significantly associated with the device-associated bone and joint infection (BJI) and death factors

Variable	Univariate analysis ^a OR (95% CI)	Multivariate analysis ^a OR (95% CI)
Associated factors for device BJI ^b		
Sex		
Female	1	—
Male	0.66 (0.63–0.70)	0.77 (0.73–0.81)
Age (years)		
≤64	1	—
>64	1.32 (1.26–1.39)	1.60 (1.52–1.69)
Diabetes	0.30 (0.28–0.32)	0.29 0.27–0.31
<i>Staphylococcus</i> spp.	1.54 (1.46–1.62)	1.52 1.43–1.60
Obesity	1.20 (1.10–1.32)	1.82 (1.64–2.03)
Peripheral vascular disorders	0.17 (0.15–0.19)	0.26 (0.23–0.30)
Ulcer sores	0.25 (0.23–0.28)	0.37 (0.33–0.41)
BJI death factors ^c		
Device-associated BJI	0.91 (0.81–1.03)	—
Sex	0.81 (0.72–0.90)	1.00 (0.90–1.13)
Age	5.31 (4.60–6.20)	5.09 (4.36–5.93)
Diabetes	1.27 (1.12–1.43)	—
<i>Staphylococcus</i> spp.	1.32 (1.17–1.48)	1.31 (1.16–1.47)
Obesity	0.98 (0.79–1.22)	—
Peripheral vascular disorders	1.82 (1.60–2.10)	—
Ulcer sores	2.20 (1.93–2.50)	1.92 (1.68–2.20)

OR, odds ratio; CI, confidence interval.

^a Modelling by logistic regression.^b Device-associated BJI model includes: age, sex, diabetes, staphylococcus infection, obesity, peripheral vascular disorders, and ulcer sores.^c Death predictive factor final model includes: age, sex, staphylococcus infection, and ulcer sores.

documentation of micro-organisms could also explain the lack of robustness of microbiological information in the HD.¹⁰ As of 2009, new financial incentives have been instilled for hospitals to report microbiological data, including antibiotic resistance.

We report BJI-associated mortality and case fatality rates of 2.5 per 100,000 and 4.5% respectively, more than double the 2008 estimated rates for all-cause adult (15 years and older) mortality and in-hospital fatality rates in France (8.5 per 1000 population and 1.9% respectively).²³

In our study, those who died were more likely to be older, as expected, and more likely to have multiple comorbidities, especially ulcer sores. Case fatality and mortality rates were higher among males at all ages, as reported in other studies.²⁴

The majority of hospitalizations occurred in the public sector, where LOS was on average one week longer than in private hospitals. Public hospitals had a significantly greater burden of complicated stays, which partly explains why their mean LOS was longer. The overall mean LOS (17.5 days) for BJI in France is significantly longer than in the USA or in the UK, where the average LOS can range between 5 and 13 days.^{18,21,25} This could be due to a shortage of rehabilitation centres in France; patients are more often kept as inpatients for rehabilitation therapy. Inpatient rehabilitation can contribute

Table III

Distribution of causative micro-organisms coded (*N* = 14,128)

Micro-organisms	Frequency
Staphylococci	9424 (66.7%)
<i>Staphylococcus aureus</i>	4070
Coagulase negative	263
Streptococci	2208 (15.6%)
Gram-negative bacilli ^a	2548 (15.7%)
<i>Escherichia coli</i>	940
Anaerobes	75 (0.05%)
Tuberculosis	936 (6.6%)
Atypical mycobacterium	21 (0.15%)
Actinomyces	7 (0)
Brucella	11 (0)
Borrelia (Lyme)	80 (0.57%)
<i>Coxiella burnetii</i>	6 (0)
Treponema	73 (0.52%)
Gonococcus	283 (2.0%)
Chlamydia	3 (0.0%)
Meningococci	26 (0.18%)
Virus ^b	91 (0.6%)
Candida	191 (1.2%)
Other fungi ^c	23 (0.16%)
Other micro-organisms: mycoplasma, nocardia, bartonella, parasites	11 (0)

^a *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, haemophilus, paratyphoid, salmonella, shigella, klebsiella, *E. coli*.^b Adenovirus, parvovirus, papovavirus, varicella, rubella, mumps, infectious mononucleosis virus, other viruses.^c Coccidioidomycosis, histoplasmosis, blastomycosis, paracoccidioidomycosis, sporotrichosis, chromomycosis, aspergillosis, cryptococcosis, zygomycosis, mycetoma.

to a mean inpatient stay of 2–4 weeks.²⁶ Moreover, there are few financial incentives to limit LOS in France.

The 2008 total direct cost of BJI-related care totalled €259 million (€7,178 per stay). A main contributor to this was the rate of rehospitalization (19%). Lipsky *et al.* showed a similar pattern in the USA.¹⁸ However, that amount does not account for the cost of long-term care, rehabilitation, or the vast array of indirect costs. Only 10% of the total costs are healthcare-related; the remainder is social and labour-related costs.²⁷ Device-associated infections had a greater financial cost than native BJI due to longer LOS and greater surgical management.

The epidemiologic use of the national health administrative data in France is an innovative idea but not without methodological limitations and potential biases, including inter-coder reliability.^{10,13,18,28} Bozic *et al.* have reported an acceptable degree of accuracy and correlation for ICD-9 diagnosis codes and clinical diagnosis.²⁹ To account for the variability in coding, we created a case definition with a robust reliability (a PVP of 84% in all BJI and a higher PVP of 97% when an orthopaedic implant procedure was done). We chose to be more specific than sensitive in our case definition by excluding soft tissue infection codes. Clinical data are often coded with cost-effectiveness in mind, and not all comorbidities are necessarily documented. Despite these limitations, the NHDD is a very useful tool for monitoring BJIs and clinical management information.

This report is one of the largest exhaustive hospital-based studies on BJI. We were able to describe the epidemiology of

BJI and estimate its economic impact. The frequency of BJIs is likely to increase with the increasing numbers of arthroplasties. The literature suggests that patients who have orthopaedic procedures at high-volume centres tend to have a lower risk of contracting a periprosthetic infection, and possibly a lesser risk of rehospitalization, ultimately leading to a lower overall cost to the National Health System.³⁰ In France hospital reference centres for the treatment of complicated BJI were created in 2009, and the impact of these centres has yet to be evaluated. Furthermore, establishing a prosthetic joint registry, similar to that already implemented in other countries, would not only add to our knowledge and understanding of BJI but it would also be cost-efficient.^{31,32}

Acknowledgements

We thank the French medical doctors who coded the HD, and Prof. P. Astagneau for reading and commenting on the manuscript. This study has been approved by the Commission nationale de l'informatique et des libertés, Paris, France, on 7 July 2010 (n° 1417805).

Conflict of interest statement

None declared.

Funding sources

None.

Appendix 1

Case definition

Two diagnostic situations, according to the specific ICD-10 (International Classification of Diseases, Tenth Revision) codes and the French Common Classification of Medical Acts (FCCMA) and their hierarchy in the discharge summary, were defined as definite or possible (bone and joint infection) BJI (Table 1) from the extraction of the 2008 National Hospital Discharge Database (NHDD).

- Definite case: hospital stay for which
 - the primary diagnosis corresponded to one of the diagnoses identified by one of the specific ICD-10 codes;

Table A1

Classification of bone and joint infection (BJI) case definition

BJI	Primary diagnosis	Secondary diagnosis	Procedure's code
Definite case	BJI	—	—
	Infection	BJI	—
	—	BJI + infection	—
Possible case	—	BJI	Specific BJI surgical procedures
	—	BJI	—
	—	BJI	—

- the primary diagnosis corresponded to a specific infection identified by an ICD-10 code, in combination with one of the specific codes used as secondary diagnosis and vice versa;
- the secondary diagnosis corresponded to one of the diagnoses identified by one of the specific ICD-10 codes, in combination with one or several specific codes of surgical procedures.
- Possible case: hospital stay with one specific code of BJI isolated in secondary diagnosis.

The subsequent analysis considers only hospital stays corresponding to this case definition, named BJI hospital stays.

It was decided to pool all the BJI cases due to the robustness of the case definition [negative predictive value (NPV) of 98.8%, a positive predictive value 97.5%, a sensitivity of 95.1% and a specificity of 99.4%]; the checking of the validated cases found only nine possible cases among the sample, with seven true cases among the nine.

Categorization of BJI type

The categorization of patients in septic arthritis, osteomyelitis, spondylodiscitis and orthopaedic device-associated infection followed the coding process.

- Septic arthritis corresponds to infection of joint or wound.
- Osteomyelitis corresponds to an infection of long bones.
- Spondylodiscitis is a bone and/or joint infection of the vertebral column, including vertebral osteomyelitis.
- Device-associated infection was an infection of orthopaedic device.

Table A2

International Classification of Diseases, Tenth Revision, codes

Codes	English definition	French definition
M000	Staphylococcal arthritis and polyarthritis	Arthrites à bactéries pyogènes staphylocoques
M001	Pneumococcal arthritis and polyarthritis	Arthrites à bactéries pyogènes pneumocoques
M002	Other streptococcal arthritis and polyarthritis	Arthrites à bactéries pyogènes streptocoques
M008	Arthritis and polyarthritis due to other specified bacterial agents	Arthrites à bactéries pyogènes autres bactéries précisées
M009	Pyogenic arthritis, unspecified	Arthrites à bactéries pyogènes bactéries pyogène sans précision
M010	Meningococcal arthritis	Arthrites infectieuses directes au cours de maladies infectieuses méningococcique
M011	Tuberculous arthritis	Arthrites infectieuses directes au cours de maladies infectieuses tuberculeuse

Table A2 (continued)

Codes	English definition	French definition
M012	Arthritis in Lyme disease	Arthrites infectieuses directes au cours de maladies infectieuses Lyme
M013	Arthritis in other bacterial diseases classified elsewhere	Arthrites infectieuses directes au cours de maladies infectieuses maladies bactériennes classées ailleurs
M014	Rubella arthritis	Arthrites infectieuses directes au cours de maladies infectieuses rubéole
M015	Arthritis in other viral diseases classified elsewhere	Arthrites infectieuses directes au cours de maladies infectieuses maladies virales classées ailleurs
M016	Arthritis in mycoses	Arthrites infectieuses directes au cours de maladies infectieuses mycoses
M018	Arthritis in other infectious and parasitic diseases classified elsewhere	Arthrites infectieuses directes au cours de maladies infectieuses autres maladies infectieuses et parasitaires classées ailleurs
M860	Acute haematogenous osteomyelitis	Ostéomyélite hématogène aiguë
M861	Other acute osteomyelitis	Autres ostéomyélites aiguës
M862	Subacute osteomyelitis	Ostéomyélite subaiguë
M863	Chronic multifocal osteomyelitis	Ostéomyélite chronique multiple
M864	Chronic osteomyelitis with draining sinus	Ostéomyélite chronique avec fistule de drainage
M865	Other chronic haematogenous osteomyelitis	Autres ostéomyélites hématogènes chroniques
M866	Other chronic osteomyelitis	Autres ostéomyélites chroniques
M868	Other osteomyelitis	Abcès de Brodie
M869	Osteomyelitis, unspecified	Ostéomyélite sans précision
M900	Tuberculosis of bone	Ostéopathie au cours de maladies classées ailleurs tuberculose osseuse
M901	Periostitis in other infectious diseases classified elsewhere	Ostéopathie au cours de maladies classées ailleurs périostite syphilitique secondaire
M902	Osteopathy in other infectious diseases classified elsewhere	Ostéopathie au cours de maladies classées ailleurs autres maladies infectieuses
A180	Bone tuberculosis	Tuberculose osseuse
M462	Osteomyelitis of vertebra	Autres spondylopathies inflammatoires ostéomyélite vertébrale
M463	Infection of intervertebral disc (pyogenic)	Autres spondylopathies inflammatoires infection d'un disque intervertébral
M465	Other infective spondylopathies	Autres spondylopathies inflammatoires autres spondylopathies infectieuses
M490	Tuberculosis of spine	Spondylopathies au cours de maladies classées ailleurs mal de Pott
M491	Brucella spondylitis	Spondylopathies au cours de maladies classées ailleurs brucellose
M492	Enterobacterial spondylitis	Spondylopathies au cours de maladies classées ailleurs entérobactérie
M493	Spondylopathy in other infectious and parasitic diseases classified elsewhere	Spondylopathies au cours de maladies classées ailleurs autres maladies infectieuses et parasitaires classées ailleurs
T845	Infection and inflammatory reaction due to internal joint prosthesis	Infection ou réaction inflammatoire dues à une prothèse articulaire interne
T846	Infection and inflammatory reaction due to internal fixation device (any site)	Infection ou réaction inflammatoire dues à un appareil de fixation interne
T847	Infection and inflammatory reaction due to other internal orthopaedic prosthetic devices, implants and grafts	Infection ou réaction inflammatoire dues à d'autres prothèses, implants et greffes orthopédiques interne

References

- Debarge R, Nicolle MC, Pinaroli A, Ait SS, Neyret P. Surgical site infection after total knee arthroplasty: a monocenter analysis of 923 first-intention implantations. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur* 2007;93:582.
- Bernard L, Hoffmeyer P, Assal M, Vaudaux P, Schrenzel J, Lew D. Trends in the treatment of orthopaedic prosthetic infections. *J Antimicrob Chemother* 2004;53:127–129.
- Zimmerli W. Infection and musculoskeletal conditions: prosthetic-joint-associated infections. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2006;20:1045–1063.
- Berbari EF, Hanssen AD, Duffy MC, et al. Risk factors for prosthetic joint infection: case-control study. *Clin Infect Dis* 1998;27:1247–1254.
- Saadatian-Elahi M, Teyssou R, Vanhems P. *Staphylococcus aureus*, the major pathogen in orthopaedic and cardiac surgical site infections: a literature review. *Int J Surg* 2008;6:238–245.
- Nade S. Septic arthritis. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2003;17:183–200.
- Chihara S, Segreti J. Osteomyelitis. *Dis Mon* 2010;56:5–31.
- Lew PD, Waldvogel PF. Osteomyelitis. *Lancet* 2004;364:369–379.
- Brady RA, Leid JG, Costerton JW, Shirtliff ME. Osteomyelitis: clinical overview and mechanisms of infection persistence. *Clin Microbiol Newslett* 2006;28:65–72.
- Grammatico L, Baron S, Rusch E, et al. Epidemiology of vertebral osteomyelitis (VO) in France: analysis of hospital-discharge data 2002–2003. *Epidemiol Infect* 2008;136:653–660.
- Kurtz SM, Lau E, Schmier J, Ong KL, Zhao K, Parvizi J. Infection burden for hip and knee arthroplasty in the United States. *J Arthroplasty* 2008;23:984–991.
- Jodra VM, Rodela AR, Martínez EM, Fresneña NL. Standardized infection ratios for three general surgery procedures: a comparison between Spanish hospitals and U.S. centers participating in the National Nosocomial Infections Surveillance System. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2003;24:744–748.
- Defez C, Fabbro-Peray P, Cazaban M, Boudemaghe T, Sotto A, Daurès JP. Additional direct medical costs of nosocomial infections: an estimation from a cohort of patients in a French university hospital. *J Hosp Infect* 2008;68:130–136.
- Mathews CJ, Weston VC, Jones A, Field M, Coakley G. Bacterial septic arthritis in adults. *Lancet* 2010;375:846–855.
- Wright JA, Nair SP. Interaction of staphylococci with bone. *Int J Med Microbiol* 2010;300:193–204.
- Berbari EF, Osmon DR, Duffy MCT, et al. Outcome of prosthetic joint infection in patients with rheumatoid arthritis: the impact of medical and surgical therapy in 200 episodes. *Clin Infect Dis* 2006;42:216–223.
- Ernst JE, Humphreys H. Monitoring infective complications following hip fracture. *J Hosp Infect* 1998;38:1–9.
- Lipsky BA, Weigelt JA, Gupta V, Killian A, Peng MM. Skin, soft tissue, bone, and joint infections in hospitalized patients: epidemiology and microbiological, clinical, and economic outcomes. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007;28:1290–1298.
- Malinzak RA, Ritter MA, Berend ME, Meding JB, Olberding EM, Davis KE. Morbidly obese, diabetic, younger, and unilateral joint arthroplasty patients have elevated total joint arthroplasty infection rates. *J Arthroplasty* 2009;24:84–88.
- Tarkowski A. Infection and musculoskeletal conditions: infectious arthritis. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2006;20:1029–1044.
- Dubost JJ, Soubrier M, De Champs C, Ristori JM, Bussi  re JL, Sauvezie B. No changes in the distribution of organisms responsible for septic arthritis over a 20 year period. *Ann Rheum Dis* 2002;61:267–269.
- Ber  nius M, Bergman B, Andersson R. Vertebral osteomyelitis in G  teborg, Sweden: a retrospective study of patients during 1990–95. *Scand J Infect Dis* 2001;33:527–532.
- Lalande F, Veber O. *La mort    l'h  pital*. Paris: Inspection g  n  rale des affaires sociales; 2009.
- Partanen J, Syrj  l   H, V  h  nikil   H, Jalovaara P. Impact of deep infection after hip fracture surgery on function and mortality. *J Hosp Infect* 2006;62:44–49.
- Peterson MGE, Cioppa-Mosca J, Finerty E, Graziano S, King S, Sculco TP. Effectiveness of best practice implementation in reducing hip arthroplasty length of stay. *J Arthroplasty* 2008;23:69–73.
- Cserh  ti P, Fekete K, Berglund-R  d  n M, Wingstrand H, Thorngren K-G. Hip fractures in Hungary and Sweden – differences in treatment and rehabilitation. *Int Orthop* 2002;26:222–228.
- Alfonso JL, Perep  rez SB, Canoves JM, Mart  nez MM, Mart  nez IM, Mart  n-Moreno JM. Are we really seeing the total costs of surgical site infections? A Spanish study. *Wound Repair Regen* 2007;15:474–481.
- Lipsky BA, Tabak YP, Johannes RS, Vo L, Hyde L, Weigelt JA. Skin and soft tissue infections in hospitalised patients with diabetes: culture isolates and risk factors associated with mortality, length of stay and cost. *Diabetologia* 2010;53:914–923.
- Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, Ong K, Vail TP, Berry DJ. The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:128–133.
- Katz JN. Total joint replacement in osteoarthritis. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2006;20:145–153.
- S  derman P, Malchau H, Herberts P, Z  gner R, Regn  r H, G  rell  ck G. Outcome after total hip arthroplasty: Part II. Disease-specific follow-up and the Swedish National Total Hip Arthroplasty Register. *Acta Orthopaed Scand* 2001;72:113–119.
- Paxton EW, Inacio M, Slipchenko T, Fithian DC. The Kaiser Permanente National Total Joint Replacement Registry. *Perm J* 2008;12:12–16.

Annexe 2– Pediatric Bone and Joint Infections are more Common in Boys and Toddlers : a National Epidemiology Study

Grammatico-Guillon L, Maakaroun Vermesse Z, Baron S, Gettner S, Rusch E, Bernard L. Paediatric bone and joint infections are more common in boys and toddlers: a national epidemiology study. *Acta Paediatr* 2013;102:e120-5

REGULAR ARTICLE

Paediatric bone and joint infections are more common in boys and toddlers: a national epidemiology study

L Grammatico-Guillon (leslie.guillon@univ-tours.fr), Z Maakaroun Vermesse, S Baron, S Gettner, E Rusch, L Bernard

Tours University Hospital, Tours, France

Keywords

Epidemiology, Hospital discharge database, Osteomyelitis, Paediatric, Septic arthritis

Correspondence

L Grammatico-Guillon, Service of public Health, University Hospital, 2 BD Tonnellé, 37000 Tours, France.

Tel: +33 2 47 47 37 14 |
Fax: +33 2 47 47 37 31 |
Email: leslie.guillon@univ-tours.fr

Received

27 August 2012; revised 25 October 2012;
accepted 29 November 2012.

DOI:10.1111/apa.12115

ABSTRACT

Aim: Little is known about bone and joint infections (BJIs) in children, despite the risk of growth disturbance. This study examined BJIs epidemiology using the French National Hospital Discharge Database (HD).

Methods: Any child <15 years hospitalized with an HD diagnosis of BJI, alone or in combination with sepsis or orthopaedic procedure, was included. The majority of BJIs (96%) were haematogenic infections. We conducted descriptive analyses to evaluate epidemiological and economic outcomes of paediatric haematogenic BJIs.

Results: There were 2592 paediatric patients with 2911 BJI hospitalizations and an overall incidence of 22 per 100 000. BJIs occurred more frequently in boys than girls (24 vs 19 per 100 000) and in toddlers. Septic arthritis (52%) and osteomyelitis (44%) were the most frequent infections, 16.6% of patients had a micro-organism coded (61% were *Staphylococci*) and 13% of had comorbidities. The mean hospital stay was 8.6 days, costing approximately €5200 per BJI stay.

Conclusion: This national study of paediatric BJIs in France showed a higher prevalence in toddlers and boys and demonstrated that the HD database can be used to study BJIs. However, the number of BJI cases was maybe overestimated by coding reactive arthritis as septic arthritis in the absence of bacterial evidence.

INTRODUCTION

Bone and joint infections (BJIs), including septic arthritis, osteomyelitis and spondylodiscitis, may be a significant cause of morbidity. These BJIs infections can occur throughout life and can be native or device associated, although the latter is rare in childhood. The overall incidence of paediatric bone and joint infection is not well estimated in Western countries (1,2), particularly in France, where only a few studies have been conducted.

Although they do not occur frequently, paediatric BJIs are an important public health issue because they require hospitalization and can potentially cause growth disturbance and sequelae, including severe motion limitation (2–6). BJIs constitute a diagnostic and therapeutic emergency in children due to the risk of growth disturbance (7–10). Due to the very rich vascularization of children's bones, antibiotics can diffuse readily, reducing the risk of failure and chronicity (1,9).

The small numbers of studies that have estimated the incidence of BJIs have often been limited, as they have focused on one hospital or a hospital system in a specific area. In France, every single hospital discharge (HD) from a public or a private hospital must be registered with the French National Hospital Discharge Database (NHDD). The aim of this study was to describe the national

epidemiology and clinical and financial outcomes of hospitalized paediatric BJI cases using the 2008 NHDD.

METHODS

A retrospective analysis of the 2008 NHDD was conducted, with an algorithm used to create a case definition for BJI (see Appendix S1 for supporting information). Children under 15 years of age were selected if they were discharged from hospital with a primary or secondary diagnosis of BJI, which appeared alone or in combination with either sepsis or a specific orthopaedic surgical procedure. The International

Key notes

- This French study showed a bone and joint infection (BJI) prevalence rate of 22 per 100 000, with a higher prevalence in toddlers <2 years and males.
- By using the French National Hospital Discharge Database, we estimated that the cost of paediatric BJI care is approximately €16 million per year.
- It is possible that the number of BJI cases has been overestimated by coding reactive arthritis as septic arthritis in the absence of bacterial evidence.

Classification of Diseases, Tenth Revision (ICD-10) codes for septic arthritis, osteomyelitis, spondylodiscitis and infectious complications of surgery were used. The orthopaedic procedure codes were selected from the French Common Classification of Medical Acts (FCCMA). Osteomyelitis and septic arthritis were distinguished based on the coding process of medical doctors.

The patient database was created by linking multiple hospitalizations to anonymized patient data, using a unique and encrypted patient number. The great majority (96%) of BJIs were due to haematogenic infections. Ambulatory stays ≤ 24 h were excluded from the analysis. Device-associated BJI cases, considered if the HD contained at least one infectious complication or specific procedure code, were also excluded from the analysis ($N = 114$ patients) due to their low numbers, and very different clinical presentation and outcomes. Traumatic cases of BJIs were also excluded from the analysis to focus specifically on haematogenic BJIs. HD data were used to describe hospitalization characteristics and economic outcomes, while the patient database was used to describe the epidemiology of BJI cases.

The BJI case definition was validated in two steps using a convenience sample of hospital charts as the gold standard (11–14):

- To measure the predictive positive value (PPV) of the case definition, a clinician specialized in infectious diseases read the complete medical reports on the BJI cases, which were selected from the administrative database in four hospitals, including two paediatric teaching hospitals. This covered the clinical data, all microbiological assays, X-rays or MRI scans, including the radiologist's interpretation. The corresponding 202 medical records were then reviewed: 163 records were true BJIs, and 39 records were miscoded (false positive), corresponding to suspected septic arthritis, which was ultimately diagnosed as reactive arthritis or only joint pain. This gave a PPV of 81% [CI 95% 75–86%]. We also checked the microbiological identification in the sample.
- The second stage of validation involved measuring the predictive negative value (PNV) of the case definition among 196 children hospitalized for orthopaedic fractures. This yielded a PNV of 100%.

We calculated the sensitivity and specificity of the case definition using the overall checked medical reports ($N = 398$), with sensitivity = 100% and specificity = 80%, PPV = 81% and PNV = 100%.

Study variables

Variables used in the analysis for epidemiological and economical outcomes included:

- Demographic characteristics – age was presented as a continuous variable and categorized into age groups.
- Type of BJI.
- Most frequent comorbidities potentially linked to infectious diseases.

- Coded pathogens – monomicrobial or polymicrobial.
- Hospital characteristics – public or private.
- Type of stay – intensive care unit (ICU) medical or surgical with a surgical procedure code.
- Patient outcomes – discharge destination (home, transferred), death, rehospitalization (number of patients who were discharged and readmitted in 2008 divided by the total number who were discharged alive) and
- Economic outcomes – total length of stay (LOS), Diagnosis Related Group (DRG) assignments, severity index and total billed charges.

In France, DRGs are assigned a severity index (0–2) based on the presence of comorbidities, to adjust the cost for the most complicated hospital stays.

We calculated the incidence of BJIs in children under 15 years, by age and gender, using the 2008 population data from the French National Institute of Statistics and Economic Studies [www.insee.fr]. The overall HD cost reimbursed by the national health insurance system was measured in Euros using the direct hospitalization cost to the society, taking into account various components of the DRG, including fixed hospital stay charges adjusted for LOS and supplementary charges (for ICU, haemodialysis and other care) (11).

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using SAS version 9.1 software for Microsoft Windows (SAS Institute, Cary, NC, USA). Results were presented as frequencies or means. The chi-square test was used to compare categories. Relative risk (RR) and 95% confidence intervals (CI) were calculated. The means of continuous variables were compared using the *t*-test and the Wilcoxon test. Statistical significance was defined as $p < 0.05$.

RESULTS

A total of 2592 children fulfilled the recruitment criteria for a paediatric native BJI, with 2911 hospital stays. More than half of the BJI patients were coded as septic arthritis (52.5%), followed by osteomyelitis (43.9%) and spondylodiscitis (3.7%) (Table 1; Fig. 1).

Epidemiology

The male/female ratio was 1.4:1. The overall mean age of BJI cases under the age of 15 was 5.6 years, with boys being significantly older (mean age 5.8 years) than girls (mean age 5.2 years). The incidence in children under 15 years of age was 21.7 cases per 100 000 population, with a predominance among boys (24.5 per 100 000 vs 18.7 per 100 000 in girls) regardless of age. The highest incidence was among toddlers aged 1–2 years (Fig. 2).

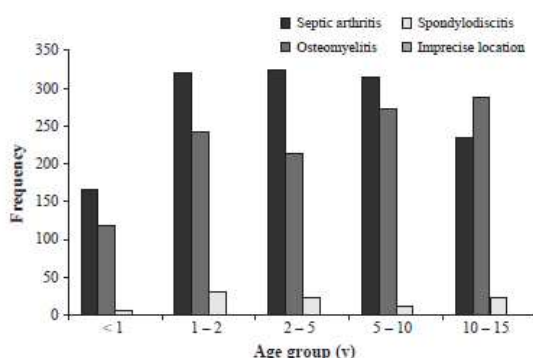
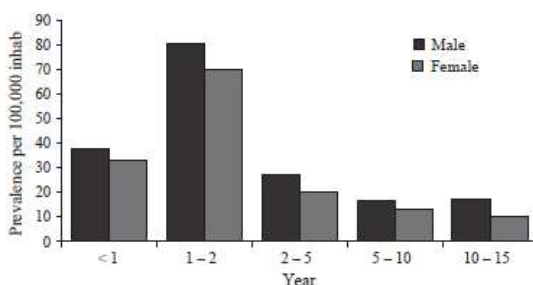
A total of 329 (12.7%) children had at least one comorbidity. The most frequently reported comorbidities included skin and soft tissues infections (185 cases, including subcutaneous tissue, dermatitis, ulcer sore), respiratory diseases (97 cases, including upper and lower respiratory

Table 1 Children and hospital stays with bone and joint infection

	Patients		Hospital stays	
	N	%	N	%
Diagnosis coded				
Septic arthritis	1359	52.5	1489	51.1
Osteomyelitis	1136	43.9	1308	44.9
Spondylodiscitis	95	3.7	113	3.8
Not indicated	1	0	1	0
Surgical ward stays*	785	29	838	27.5
Specific procedure for BJI*	785	29	1213	39.8
Total	1591	100	2911	100

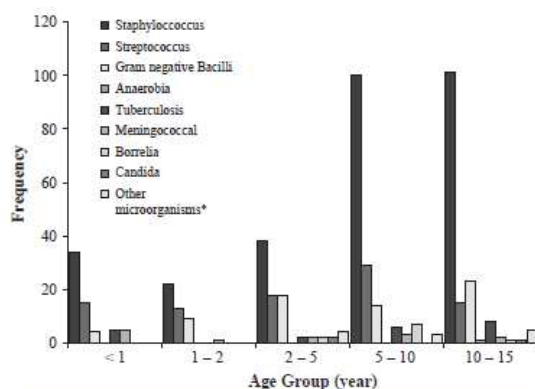
*BJI, bone and joint infection.

†A 'surgical patient' is one who has undergone at least one surgical procedure.

**Figure 1** Bone and joint infection distribution by age group.**Figure 2** Annual incidence of paediatric bone and joint infection by age and sex.

disorders), sickle cell (46 cases) and fractures (19 BJI consequences). Boys were twice as likely to have soft tissues infections and fractures as girls.

There were three deaths in the HD database, all with multiple BJI hospitalizations. The first was a 34-day-old infant (girl) with osteomyelitis of the leg, the second was a 13-year-old boy with septic arthritis of the elbow, a chronic

**Figure 3** Distribution of micro-organisms coded in paediatric bone and joint infection. *Mycoplasma, nocardia, bartonella, parasites.

ulcer sore and bacteremia, and the third was a 13-year-old girl with septic arthritis of the hip who was receiving concurrent chemotherapy for leukaemia. No micro-organisms were coded for the three dead patients; we only found imprecise bacterial sepsis codes.

Microbiology

Micro-organisms were reported in 482 (16.6%) of the HDs, and the majority of these (64.5%) implicated a single pathogen. *Staphylococcus spp.* was isolated in 60.8%, followed by *Streptococcus spp.* (Fig. 3). We only found three infections due to group B *Streptococcus*, and all of these were in infants <3 months of age. Tuberculosis was identified in 20 infections. Among the polymicrobial cases, 80% had two micro-organisms coded, with *Staphylococcus spp.* most often isolated in association with *Streptococci* or Gram-negative bacilli.

In the case validation sample, we found 48 identified micro-organisms in the 163 true cases, which corresponded to 29% of cases with microbiological proof. There was no polymicrobial infection. *Staphylococcus spp.* was isolated in 50% of cases (including 75% MSSA and 8% MRSA). *Streptococci* corresponded to 23%, *Kingella kingae* to 13%.

Surgical treatment procedures

Twenty-six percent of patients had a surgical stay – defined as a hospital stay associated with a specific surgical procedure (defined by the type of DRG). A further 39.8% had a hospital stay associated with a specific orthopaedic procedures to diagnose or manage BJIs.

- In septic arthritis, procedures were performed in 59% (evacuations, washing out by arthrotomy or needle lavage, synovectomies and punctures).
- In osteomyelitis, 23% had at least one procedure (biopsies, evacuations, abscess drainage).

One hundred and forty-four children had repeated aspirations (119 cases had two interventions), and 13

children had repeated surgeries during the same hospital stay (12 had two interventions).

Economic burden

The overall mean LOS for a BJI stay was 8.4 days, and the majority (96%) were in the public sector. Just under two-thirds (63%) of the public hospital stays were in teaching hospitals, with more frequent surgical stays, specific procedures and a longer LOS (Table 2). The average LOS was longer in public hospitals (8.7 days, 95% CI: 1–368) than in private hospitals (5.9 days, 95% CI: 1–27). The proportion of surgical stays was higher in the private sector (69% vs 26% in public hospitals). A total of 2,570 (89.0%) HDs involved an uncomplicated DRG (severity index = 0). A total of 57 (2.0%) stays had an ICU admission. The overall rehospitalization rate was 9.7%, the majority of which were for a single rehospitalization. Most of the BJI patients were discharged home (2803; 92%).

Expenses for the national health insurance system were estimated to be €16 million, with a mean cost of €5168 per HD and an extra-cost of € 1200 for public sector hospitals.

DISCUSSION

Paediatric BJIs are an important public health issue, because of the need for hospitalization and the potential for growth disturbance (2–6). The annual BJI incidence in children under 15 years of age was 22 per 100 000 and highest among infants. We report a male predominance and

a higher prevalence of BJIs among boys of all ages. Skin infections and trauma have been shown to be risk factors for BJIs in childhood (7,10,15). We also found that males had more skin disorders and fractures than females. Only three children died.

The paediatric orthopaedic infection guidelines emphasize that the management and treatment of BJIs should consist of a combined medical and surgical approach, where the site of infection is washed out (1,4,6,16,17,18,19,20,21). We found that less than 30% of hospitalizations involved a surgical stay, and only 40% involved a specific procedure (e.g. needle aspiration, puncture).

We categorized septic arthritis, osteomyelitis and spondylodiscitis in BJI in the same way as a number of other authors (1,15,16,22). However, Offiah et al. discussed the important clinical differences that have led many authors in the past to consider neonatal osteomyelitis a separate entity from osteomyelitis in the older child (16).

Microbiologic information was sparsely reported in our population (17%) and less frequently than reported in the literature (4,6,8,10,20,22). Our case validation sample of medical charts, identified up to 29% with microbiological information. A large part of this underrepresentation was attributed to the lack of coding of microbiological data in the NHDD, due to the lack of financial allocation for pathogen coding prior to 2010 (13,21). Nonetheless, we found *Staphylococci* were implicated in the majority of cases where microbiological information was coded (61%). Although the prevalence of *Kingella Kingae* is not precisely known, recent

Table 2 Children with bone and joint infections: stays by teaching hospital, general hospital or other type of hospital

Hospitalization centre of paediatric BJI patient					
	Teaching hospital	General hospital	Private hospital		Mixed hospitals*
Patients N [†] (%)	1694 (100)	860 (100)	100 (100)	p-value	50 (100)
Sex					
Male	979 (57.8)	498 (57.9)	61 (61)	NS	26 (52)
Female	715 (42.2)	362 (42.1)	39 (39)		24 (48)
Comorbidity (at least one)	213 (12.6)	109 (12.7)	21 (21)	<0.001	10 (20)
Mean age [year (CI 95%)]	4.5 (4.3–4.7)	5.4 (5.1–5.7)	8.1 (7.1–9.0)	<0.001	4.8 (3.5–6.2)
Hospital stays N (%)	1824 (100)	928 (100)	106 (100)		53 (100)
Diagnosis coded					
Septic arthritis	923 (50.6)	500 (53.9)	45 (42.4)	<0.001	23 (43.4)
Osteomyelitis	825 (45.2)	398 (42.9)	61 (57.6)		30 (56.6)
Spondylodiscitis	76 (4.2)	30 (3.2)	0 (0)		0 (0)
Surgical ward stays [‡]	537 (29.4)	126 (13.6)	71 (67.0)	<0.001	13 (24.5)
Specific procedure for BJI	892 (48.9)	231 (24.9)	47 (44.3)	<0.001	20 (37.7)
Micro-organism	206 (11.3)	205 (22.1)	32 (30.2)	<0.001	0 (0)
LOS* [days (CI 95%)]	8.9 (8.3–9.3)	8.0 (7.1–8.8)	5.7 (4.7–6.7)	<0.02	9.4 (7.8–10.9)
Mean cost of stay (euro€)	5389	4659	3679	<0.001	4845

BJI, Bone and joint infection; LOS, length of stay; CI, confidence interval.

*Mixed hospitals are a very particular type of organization: private hospitals that also work in the public hospital sector.

[†]One patient could be hospitalized in different types of hospitals and be counted in more than one category.

[‡]A 'surgical patient' is one who has undergone at least one surgical procedure.

studies suggest it may play an important role in the aetiology of paediatric BJIs (23), especially among very young patients (1,9,22,24–26). We were not able to report on this pathogen without any specific ICD-10 code, but we found that 13% of the 163 validated showed *Kingella Kingae*. Among the bacteriological coding, GNB could represent the part of *Kingella Kingae*; among the polymicrobial cases, the GNB often found in association with *Staphylococci* could also correspond to *Kingella Kingae*.

Our study quantifies the economic burden of BJIs at €5168 per stay, significantly lower than the cost of an adult stay by approximately €2000 (11). This difference in cost is largely due to the nature of the infection – one-third of adult BJIs are device associated (11) – together with shorter and less complicated hospital stays and a higher frequency of home discharges for children.

One limitation of this study is the reliability of the HD coding in general, as data are coded by different healthcare professionals (11,13,14). This fact may affect the reliability of using ICD codes as proxies for diseases in surveillance or epidemiological studies (13). The robustness of the definition was confirmed by checking a sample of hospital discharges against complete medical records. We report an annual incidence of 22 per 100 000 population, which is overestimated, but within the range reported in other studies (1,7,15,27,28). We calculated a PPV of 81%, implying that the true incidence of paediatric BJIs is probably lower, between 17 and 19 per 100 000 population. Diagnosis is difficult in younger children because the mild clinical symptoms and physical signs are often subtle, the laboratory data may be within normal limits, and BJIs may be mistaken for other conditions, such as transient synovitis (4, 8).

In conclusion, despite the limitations of the epidemiologic use of administrative data, this approach allows exhaustive hospital-based analyses of paediatric BJIs. So, the French NHDD seems to be a useful tool for analysing trends that may occur over several decades. We have also demonstrated (11) that the DRG system can be used to study clinical management of BJIs in adults and evaluate the economic burden.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the following: The French medical doctors who coded the HD. A I Lecuyer, C Gaboriti, the engineers who helped us manage the database. Professor C Bonnard PhD, who approved the manuscript. Professor Emmanuel Grimpel MD, who read and commented the manuscript. Doctors Sophie Guillard PhD, Nathalie Surer MD, Eric Eynard MD, Veronique Legros MD, Guillaume Levard PhD, Laurence Boinot MD and Mr Bernard Collot, for their important help in the final validation of the case definition.

References

- Grimpel E, Cohen R. [Epidemiology and physiopathology of osteoarticular infections in children (newborns except)]. *Arch Pediatr* 2007; 14: S81–5.
- Gutierrez K. Bone and joint infections in children. *Pediatr Clin North Am* 2005; 52: 779–94.
- Frederiksen B, Christiansen P, Knudsen FU. Acute osteomyelitis and septic arthritis in the neonate, risk factors and outcome. *Eur J Pediatr* 1993; 152: 577–80.
- Christiansen P, Frederiksen B, Glazowski J, Scavenius M, Knudsen FU. Epidemiologic, bacteriologic, and long-term follow-up data of children with acute hematogenous osteomyelitis and septic arthritis: a ten-year review. *J Pediatr Orthop B* 1999; 8: 302–5.
- Kariminasab MH, Shayesteh Azar M, Sajjadi Saravi M. Surgical intervention for treatment of septic arthritis in infancy and childhood; a retrospective study. *Arch Iran Med* 2009; 12: 409–11.
- Chihara S, Segreti J. Osteomyelitis. *Dis Mon* 2010; 56: 5–31.
- Blyth MJ, Kincaid R, Craigen MA, Bennet GC. The changing epidemiology of acute and subacute haematogenous osteomyelitis in children. *J Bone Joint Surg Br* 2001; 83: 99–102.
- Chen CE, Ko JY, Li CC, Wang CJ. Acute septic arthritis of the hip in children. *Arch Orthop Trauma Surg* 2001; 121: 521–6.
- Grimpel E, Lorrot M, Hass H, Pinquier D, Ferroni A, Cohen R. Infections ostéo-articulaires: études cliniques Osteoarticular infections: clinical studies. *Arch Pediatr* 2008; 15: S68–75.
- Baker AD, Macnicol MF. Haematogenous osteomyelitis in children: epidemiology, classification, aetiology and treatment. *Paediatr Child Health* 2007; 18: 75–84.
- Grammatico-Guillon L, Baron S, Gettner S, Lecuyer A-I, Gaboriti C, Rosset P, et al. Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008: clinical and economic outcomes. *J Hosp Infect* 2012; 82: 40–8.
- Defez C, Fabbro-Peray P, Cazaban M, Boudemaghe T, Sotto A, Daurès JP. Additional direct medical costs of nosocomial infections: an estimation from a cohort of patients in a French University Hospital. *J Hosp Infect* 2008; 68: 130–6.
- Grammatico L, Baron S, Rusch E, Lepage B, Surer N, Desenclos JC, et al. Epidemiology of vertebral osteomyelitis (VO) in France: analysis of hospital-discharge data 2002–2003. *Epidemiol Infect* 2008; 136: 653–60.
- Lipsky BA, Weigelt JA, Gupta V, Killian A, Peng MM. Skin, soft tissue, bone, and joint infections in hospitalized patients: epidemiology and microbiological, clinical, and economic outcomes. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; 28: 1290–8.
- Dahl LB, Høyland AL, Drømsdahl H, Kaarsen PI. Acute osteomyelitis in children: a population-based retrospective study 1965 to 1994. *Scand J Infect Dis* 1998; 30: 573–7.
- Maxson S, Darville T. Acute hematogenous long-bone osteomyelitis. *Semin Pediatr Infect Dis* 1997; 8: 220–33.
- Grimpel E, Lorrot M, Haas H, Pinquier D, Perez N, Ferroni A, et al. Bone and Joint Infections: treatment proposals from the Group of Pediatricians Specialised in Infectious Diseases (GPIP) French Pediatrics Society. *Arch Pediatr* 2008; 15: S74–80.
- Kaplan SL. Osteomyelitis in children. *Infect Dis Clin North Am* 2005; 19: 787–97.
- Goergens ED, McEvoy A, Watson M, Barrett IR. Acute osteomyelitis and septic arthritis in children. *J Paediatr Child Health* 2005; 41: 59–62.
- Peltola H, Pääkkönen M, Kallio P, Kallio MJT. Clindamycin vs. first-generation cephalosporins for acute osteoarticular infections of childhood – a prospective quasi-randomized controlled trial. *Clin Microbiol Infect* 2012; 18: 582–9.
- Peltola H, Pääkkönen M, Kallio P, Kallio MJT. Short- versus long-term antimicrobial treatment for acute hematogenous osteomyelitis of childhood: prospective, randomized trial on 131 culture-positive cases. *Pediatr Infect Dis J* 2010; 29: 1123–8.

22. Ferroni A. Epidemiology and bacteriological diagnosis of paediatric acute osteoarticular infections. *Arch Pediatr* 2007; 14(Suppl 2): S91–6.
23. De Boeck H. Osteomyelitis and septic arthritis in children. *Acta Orthop Belg* 2005; 71: 505–15.
24. Offiah AC. Acute osteomyelitis, septic arthritis and discitis: differences between neonates and older children. *Eur J Radiol* 2006; 60: 221–32.
25. Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, Ong K, Vail TP, Berry DJ. The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91: 128–33.
26. Moumile K, Merckx J, Glorion C, Berche P, Ferroni A. Osteoarticular infections caused by *Kingella kingae* in children: contribution of polymerase chain reaction to the microbiologic diagnosis. *Pediatr Infect Dis J* 2003; 22: 837–9.
27. Chometon S, Benito Y, Chaker M, Boisset S, Ploton C, Bérard J, et al. Specific real-time polymerase chain reaction places *Kingella kingae* as the most common cause of osteoarticular infections in young children. *Pediatr Infect Dis J* 2007; 26: 377–81.
28. Young TP, Maas L, Thorp AW, Brown L. Etiology of septic arthritis in children: an update for the new millennium. *Am J Emerg Med* 2011; 29: 899–902.

SUPPORTING INFORMATION

Additional Supporting Information may be found in the online version of this article:

Appendix S1 Case definition.

Annexe 3 - Letter in response to the article on bone and joint infection in the United States: French data

Grammatico-Guillon L, Baron S, Gaborit C, Rosset P, Rusch E, Bernard L. Letter in response to the article on bone and joint infection in the United States: French data. J Arthroplasty 2013;28:1055.



Letter in Response to the Article on Bone and Joint Infection in the United States: French Data

Dear Editor,

We read with interest the in press article from Steven M. Kurtze et al, «Economic Burden of Periprosthetic Joint Infection in the United States».

We also used the national hospital discharge database in order to study and estimate the economic burden of bone and joint infection (BJI) in France. In 2008, we found that 36,091 hospital stays in France were BJI related, representing 28,579 patients. Device-associated infections (DJI) represented 9479 patients (58.1% due to prosthesis infection) [1].

The incidence rate was lower in France than in the United States: 0.06% for all BJIs and 0.02% for DJIs as compared to approximately 2% in the United States. The proportion of DJI was relatively stable for males across all age groups (~30% of all BJIs); however, among females, the proportion of DJI increased from a low of 22% at age 35 to a high of 45% at age 85, significantly surpassing infection rates among males after 50 years of age.

DJIs had significantly longer stays than in the United States (average 18.9 vs 9.5 days) and were more likely to be rehospitalized as compared to native BJI cases (RR= 1.11, 95% CI: 1.06-1.16). The total BJI-related cost to the National Health Insurance System amounted to 259 million euros per year (368 million dollars), averaging 7178 dollars (0.325 dollar) per stay. DJI costs were higher

(8161 euros per stay=11,739 dollars), which is lower than United States' estimations (for hip PJI, 93,600 dollars; for knee, 24,200 dollars) [1].

Your published study, associated with our French results, demonstrates the important burden of BJI and PJI worldwide and their important economic impact, even if significant differences exist.

Leslie Grammatico-Guillon MD
Sabine Baron MD
Christophe Gaborit
Philippe Rosset MD, PhD
Emmanuel Rusch MD, PhD
Louis Bernard MD, PhD

CHRU de Tours, 2, boulevard Tonnellé - F-37044 Tours, France

Available online xxxx

Reference

1. Grammatico-Guillon L, Baron S, Gettner S, et al Bone and joint infections in hospitalized patients in France, 2008: clinical and economic outcomes. J Hosp Infect 2012;82:40.

Définition de cas d'IPOA via le PMSI

ANNEXE 4– Appendix

Identification of hospital stays for primary hip or knee arthroplasty (HKA) and case definition of prosthetic joint infection (PJI)

We removed from the regional hospital discharge database 2008-2009 any hospital discharge (HD) with a code of surgical procedure corresponding to a first replacement of the hip or knee joint, according to the French Common Classification of Medical Acts (FCCMA) (Table I). We identify the hospital stays for joint replacement by the association between the FCCMA code and the specific code of implant = prosthetic material (*dispositif médical implantable* = DMI).

Table I - Codes of the French Common Classification of Medical Acts corresponding to a replacement of hip or knee joint

FCCMA	Entitled
HIP	
NEKA010 until NEKA021	Total replacement of the hip joint
NEMA018	Partiel hip replacement
NEMA020	Partiel hip replacement
Knee	
NFKA006 until NFKA009	Total replacement of the knee joint
NFMA006	Partiel knee replacement
NFMA013	Partiel knee replacement

Case definition of prosthetic joint infection

Three diagnostic situations, according to the specific ICD-10 (International Classification of Diseases, Tenth Revision) codes and the FCCMA and their hierarchy in the discharge summary, were defined as hip or knee arthroplasty-related infection (HKA- related infection) (Table II) from the extraction of the 2008-2009 regional hospital discharge database (HDD). The case definition of HKA- related infection depended on the diagnosis and procedure codes used in the HD summary, based on their position in the resume and their associations or not. The algorithm was designed to link three types of diagnosis codes with FCCMA codes:

- representative HKA-related infection codes, **specific ICD-10 T code**: Infection and inflammatory reaction due to internal joint prosthesis (T845, T846, T847, Z76800) (Table II) or
- orthopaedic infection codes: **septic arthritis or osteomyelitis, infection codes –A or B codes-** (Table III) or
- imprecise codes of HKA complication: **unspecific code for prosthetic infection** : Unspecified complication of internal orthopaedic prosthetic device, including mechanical complication (T840, T841, T842, T843, T844) or unspecified complication (T813, T814, T818, T848, T849, Z470) (Table IV)

- with FCCMA codes of procedures performed for the management of HKA- related infection (including debridement, prosthesis removal, exchange, or implant revision) (Table V),

Building various algorithms

- Algorithm A was created using an association of two precise variables among: representative HKA- related infection code (–T84 codes–) and/or orthopaedic infection code and/or a FCCMA procedure code.
- Algorithm B was the combination of an imprecise T code with an orthopaedic infection code or a surgical procedure code.
- Algorithm C corresponded to the presence of only one diagnosis code or FCCMA code.

Table II - ICD 10 specific codes of infection and inflammatory reaction due to a prosthetic joint

Codes	English definition	French definition
T845	Infection and inflammatory reaction due to internal joint prosthesis	Infection ou réaction inflammatoire dues à une prothèse articulaire interne
T846	Infection and inflammatory reaction due to internal fixation device [any site]	Infection ou réaction inflammatoire dues à un appareil de fixation interne
T847	Infection and inflammatory reaction due to other internal orthopaedic prosthetic devices, implants and grafts	Infection ou réaction inflammatoire dues à d'autres prothèses, implants et greffes orthopédiques interne
Z76800	Z76.8 Persons encountering health services in other specified circumstances	Sujet ayant recours aux services de santé après une réunion de concertation pluridisciplinaire dans un centre de référence des IOA

Table III – ICD 10 codes of sepsis

ICD-10 sepsis codes	Code		
Salmonellosis	A021	Pyogenic granuloma	L980
Localized salmonella infections	A022	ICD-10 sepsis codes	Code
With arthritis+ (M01.3*)	A028	Cutaneous abscess, furuncle and carbuncle of trunk	L022
Salmonella	A03	Cutaneous abscess, furuncle and carbuncle of limb	L024
Shigella	A040	Staphylococcal arthritis and polyarthritis	M000
E coli infection	A041	Pneumococcal arthritis and polyarthritis	M001
E coli infection	A042	Other streptococcal arthritis and polyarthritis	M002
E coli infection	A043	Arthritis and polyarthritis due to other specified bacterial agents ; Use additional code (B95-B96), if desired, to identify bacterial agent	M008
Tuberculosis of bones and joints	A180	Pyogenic arthritis, unspecified	M009
Other forms of tularaemia	A218	Meningococcal arthritis (A39.8+)	M010
Brucellosis	A23	Tuberculous arthritis (A18.0+)	M011
Leptospirosis	A27	Arthritis in Lyme disease (A69.2+)	M012
Other zoonotic bacterial diseases, not elsewhere classified (pastellera, Cat-scratch disease, yersinia)	A28	Arthritis in other infectious and parasitic diseases classified elsewhere	M013
Other mycobacterial infections	A318	Arthritis in mycoses (B35-B49+)	M016
Mycobacterial infection, unspecified	A319	Arthritis in other infectious and parasitic diseases classified elsewhere	M018
Acute meningococcaemia	A392	Other arthritis	M130
Chronic meningococcaemia	A393	Monoarthritis, not elsewhere classified knee	M1316
Meningococcaemia, unspecified	A394	Monoarthritis, not elsewhere classified knee	M1315
Other meningococcal infections ;Meningococcal arthritis+ (M01.0*)	A398	Monoarthrits	M138
Meningococcal infection, unspecified	A399	Monoarthritis, not elsewhere classified hip	M1395
Streptococcal sepsis	A40	Arthritis, unspecified knee	M1396
Other sepsis	A41	Fistula of joint hip	M2515
Sepsis due to Staphylococcus aureus	A410	Fistula of joint knee	M2516
Sepsis due to other specified staphylococcus	A411		
Sepsis due to unspecified staphylococcus	A412	Acute Ostéomyelitis	M860
Sepsis due to Haemophilus influenzae	A413	Other acute osteomyelitis	M861
Sepsis due to anaerobes	A414	Other subacute osteomyelitis	M862
Sepsis due to other Gram-negative organisms	A415	Chronic osteomyelitis	M863
Other specified sepsis	A418	Chronic osteomyelitis with fistula	M864
Sepsis, unspecified	A419	Other Chronic osteomyelitis	M865
Actinomycotic sepsis	A427	Other Chronic osteomyelitis	M866
Other forms of actinomycosis	A428	Brodie Abscess	M868
Actinomycosis unspecified	A429	Osteomyelitis, unspecified	M869
Other forms of nocardiosis	A438	Tuberculosis of bone (A18.0+)	M900
Nocardiosis, unspecified	A439	Osteopathy in other infectious diseases classified elsewhere	
Bartonella	A448	Osteomyelitis:	
Bartonella	A449	echinococcal (B67.2+)	M902
Other sepsis	A488	gonococcal (A54.4+)	
Other bacterial diseases, not elsewhere classified	A49	salmonella (A02.2+)	
Other late congenital syphilis, symptomatic	A539	Syphilitic osteopathy or osteochondropathy (A50.5+, A52.7+)	
Gonococcal infection of musculoskeletal system	A544		
Chlamydial infection, unspecified	A749		
Candidal sepsis	B377		
Candidiasis of other sites	B378		
Candidiasis, unspecified	B379		
Unspecified mycosis	B49		
Streptococcus and staphylococcus as the cause of diseases classified to other chapters	B95		
Other specified bacterial agents as the cause of diseases classified to other chapters	B96		
Other and unspecified infectious diseases	B99		
Systemic Inflammatory Response Syndrome [SIRS] without organ failure	R650		
Systemic Inflammatory Response Syndrome of infectious origin with organ failure	R651		

Table IV - ICD 10 Unspecific codes of reaction due to a prosthetic joint

Codes	English definition	French definition
T813	<i>disruption of operation wound, not elsewhere classified</i>	Désunion de plaie
T814	<i>infection following a procedure, not elsewhere classified</i>	Infection après un acte à visée diagnostique ou thérapeutique, non classée ailleurs
T818	<i>other complications of procedures, not elsewhere classified</i>	autres complications d'actes thérapeutiques (fistules...)
T848	<i>other complications of internal orthopaedic prosthetic devices, implants and grafts</i>	Autres complications d'une prothèse orthopédique, implants ou greffe
T849	<i>unspecified complication of internal orthopaedic prosthetic device, implant and graft</i>	Complications non précisées d'une prothèse orthopédique, implants ou greffe
T840	<i>mechanical complication of internal joint prosthesis</i>	Complication mécanique d'une prothèse articulaire interne
T841	<i>mechanical complication of internal fixation device of bones of lim</i>	Complication mécanique d'une prothèse interne d'autres os
T842	<i>mechanical complication of internal fixation device of other bones</i>	Complication mécanique d'une prothèse interne, osseuse imprécis
T843	<i>mechanical complication of other bone devices, implants and grafts</i>	Complication mécanique d'autres prothèses orthopédiques, implants ou greffe
T844	<i>mechanical complication of other internal orthopaedic devices, implants and grafts</i>	Complication mécanique d'autres prothèses orthopédiques, implants ou greffe orthopédique interne
Z470	<i>follow-up care involving removal of fracture plate and other internal fixation device</i>	Ablation ou changement de prothèse articulaire

Tableau V- Procédures chirurgicales spécifiques pour la prise en charge des IPOA

Acte CCAM de chirurgie spécifique aux infections sur matériel prothétique de hanche ou de genou	Code
Nettoyage de l'articulation coxofémorale, par arthrotomie	NEJA001
Évacuation de collection de l'articulation coxofémorale, par arthrotomie	NEJA002
Évacuation de collection ou synovectomie de l'articulation sacro-iliaque, par arthrotomie	NEJA003
Évacuation de collection périprothétique de l'articulation coxofémorale, par arthrotomie	NEJA004
Nettoyage de l'articulation coxofémorale, par arthroscopie	NEJC001
Évacuation de collection de l'articulation coxofémorale, par voie transcutanée	NEJB001
Exploration de l'articulation coxofémorale, par arthroscopie	NEQC001
Synovectomie coxofémorale, par arthroscopie	NEFC001
Synovectomie coxofémorale, par arthrotomie par deux abords dont un abord postérieur	NEFA003
Synovectomie coxofémorale, par arthrotomie par un abord	NEFA004
Biopsie unicorticale de l'os coxal, par voie transcutanée	NAHB001
Biopsie de la corticale interne de l'os coxal, par abord direct	NAHA001
Biopsie de la corticale externe de l'os coxal, par abord direct	NAHA002
Biopsie d'une articulation de la ceinture pelvienne [du bassin], par abord direct	NEHA001
Biopsie de l'articulation coxofémorale, par abord direct	NEHA002
Nettoyage de l'articulation du genou, par arthrotomie	NFJA001
Évacuation de collection de l'articulation du genou par arthrotomie	NFJA002
Nettoyage de l'articulation du genou par arthroscopie	NFJC001
Évacuation de collection de l'articulation du genou par arthroscopie	NFJC002
Synovectomie du genou, par arthroscopie antérieure et par arthroscopie postérieure	NFFC001
Synovectomie antérieure du genou, par arthroscopie	NFFC002
Synovectomie antérieure du genou, par arthrotomie	NFFA004
Synovectomie antérieure du genou par arthroscopie avec synovectomie postérieure par arthrotomie, sans changement de position	NFFA005
Synovectomie du genou, par arthrotomie antérieure et par arthrotomie postérieure avec changement de position du patient	NFFA006
Exploration de l'articulation du genou, par arthroscopie	NFQC001
Biopsie d'un os et/ou d'une articulation du membre inférieur, par abord direct	NZHA001
Biopsie d'un os et/ou d'une articulation du membre inférieur, par voie transcutanée sans guidage	NZHB001
Ponction ou cytoponction d'une articulation du membre inférieur, par voie transcutanée sans guidage	NZHB002
Ponction ou cytoponction d'une articulation du membre inférieur, par voie transcutanée avec guidage scanographique	NZHH001
Biopsie d'un os et/ou d'une articulation du membre inférieur, par voie transcutanée avec guidage scanographique	NZHH002
Biopsie d'un os et/ou d'une articulation du membre inférieur, par voie transcutanée avec guidage radiologique	NZHH003
Ponction ou cytoponction d'une articulation du membre inférieur, par voie transcutanée avec guidage radiologique	NZHH004
Évacuation de collection articulaire du membre inférieur, par voie transcutanée sans guidage	NZJB001

Intérêt et Limites du PMSI dans la Surveillance des Infections de Prothèses Orthopédiques

La surveillance des infections sur prothèses ostéo-articulaires (IPOA) est une cible de la surveillance des infections nosocomiales, calcul d'incidence difficile et peu robuste (données manquantes, pas de suivi à long terme), sur cette chirurgie à faible incidence d'infection du site opératoire (ISO). Le PMSI est une base exhaustive de données médico-administratives, permettant de suivre la trajectoire des patients (chainage). L'objectif de la thèse était d'évaluer la validité du PMSI pour la surveillance des IPOA et d'estimer son utilisation en routine sur une cohorte régionale.

Une cohorte rétrospective régionale de patients avec première arthroplastie de hanche ou de genou a été constituée en utilisant la base PMSI. La définition d'IPOA était basée sur un algorithme PMSI utilisant les codes CIM-10 et les actes CCAM. Une étude de sensibilité sur 1 000 dossiers médicaux était réalisée par une enquête cas-témoin nichée dans la cohorte. L'application de la définition validée (Se 97%, Spe 95%, VPP 87%, VPN 98%) dans la cohorte a permis le calcul du taux d'IPOA, 2,2/100 pers-année [IC 95% 2,0- 2,6] et d'estimer les facteurs de risque : sexe masculin, dénutrition, obésité, maladies chroniques. La médiane de survenue de l'IPOA était 71 jours (1 à 1 650 j) mais un tiers des IPOA survenait plus d'un an après la pose.

Ce travail a démontré le potentiel de l'outil PMSI (fiabilité, facilité d'utilisation, moindre coût) pour la surveillance des ISO, sous conditions d'un algorithme approprié de sélection des cas.

Les mots clés : systèmes d'information hospitalier, PMSI, infections du site opératoire, infection de prothèse ostéo-articulaire

Title: Surveillance of prosthetic joint infection: benefits and limits of hospital discharge databases

One target of surgical site infections (SSI) surveillance is hip or knee arthroplasty infections (HKAI); however, HKAI incidence estimations are considered to be poorly effective, especially regarding data collection and patient follow-up. In France, each hospital discharge must be registered in the National Hospital Discharge Database (HDD), convenient and permanent medico-administrative database that can be mined for epidemiological studies and evaluation. This study aims to assess performance criteria of using the HDD as an additional tool to survey SSI occurring after HKA and to study its use in routine.

A cohort study was conducted using retrospectively collected regional data from the French HDD. Surveillance of HKAI occurrence was performed based on various algorithms using the ICD-10, and the classification of procedures in a case-control study nested in the cohort. The HKAI case definition was validated by checking 1,000 medical charts as the gold standard, giving performance criteria as Se 97%, Spe 95%, PPV 87%, PNV 98%. The HKAI incidence density was 2.2/100 pers-year [CI95% 2.0- 2.6] and risk factors were male gender, undernutrition, obesity, chronic diseases. The median time for HKAI occurrence was 71 days (1-1,650 d), but 1/3 of HKAI occurred more than one year after arthroplasty.

The HDD potential for routine SSI surveillance in low risk surgery was demonstrated, under conditions of having appropriate algorithm for selecting infections.

Key words: clinical research; hospital discharge database; French DRG; surgical site infection; prosthetic joint infection