
Rôle d'un composite cuivré dans la réduction des portages bactériens des éléments de chambre en chirurgie orthopédique dans une clinique

1- Introduction

En France, les infections associées aux soins (IAS) sont une source importante de morbidité et de mortalité. Près de 4200 décès par an leur sont imputables (1). Le surcoût généré par ces infections est évalué entre 2.4 et 6 milliards d'euros par an, notamment à cause de l'allongement de la durée d'hospitalisation, du traitement antibiotique, des examens de laboratoire et de la surveillance de l'infection (2).

On sait qu'environ 30% des IAS pourraient être évitées par des mesures d'hygiène appropriées y compris le lavage des mains (3). La place de l'environnement dans le processus infectieux semble, du moins pour certains germes, prouvé (4-5). Les travaux réalisés se sont plutôt intéressés aux objets touchés fréquemment par les mains, et donc qui deviennent des éléments de propagation de l'infection (6-9).

Les mesures de propreté habituelles semblent insuffisantes pour assurer cette hygiène, d'autant plus que certains germes restent présents longtemps et après le nettoyage (10-11) (ceci notamment pour le staphylocoque doré).

Parmi les mesures proposées pour diminuer le portage bactérien, on retrouve l'utilisation de produits actifs tels que le peroxyde d'hydrogène, mais aussi l'utilisation de matériaux antimicrobiens pour les surfaces les plus fréquemment utilisées (poignées de porte, abattant WC, robinets, interrupteurs...). L'application d'un matériau antimicrobien sur ces surfaces peut aider à réduire ces contaminations croisées (12-14). Un des produits bactéricides reconnu est le cuivre qui, in vitro, tue beaucoup de microorganismes dont *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline, *Listeria monocytogenes*, le virus influenza A ou encore *C. difficile* (15-19). Des produits à base de cuivre semblent montrer des résultats intéressants in vitro (20) et les études de Sasahara (21) et Casey (22) mettent en évidence une diminution significative des bactéries sur les surfaces traitées par le cuivre.

Cependant, le coût du cuivre massif et le nombre important de lieux ou objets à traiter rend la généralisation de leur utilisation peu probable ou trop coûteuse.

La société MetalSKin Technologies a mis au point MetalSkin Medical®, composite cuivré permettant de revêtir des poignées, robinets et autre matériel à un coût réduit compte tenu de la faible épaisseur (200 microns) en cuivre.

Le but de cette étude est de montrer l'efficacité de ce nouveau produit dans l'activité bactéricide au sein de chambres recevant des patients opérés pour chirurgie orthopédique.

2- Méthodes

Le comité d'éthique hospitalier du CHU de Nîmes a donné son accord pour l'évaluation des propriétés antimicrobiennes du composite cuivré qui équipe certains éléments de chambres en clinique.

2.1- Protocole clinique

L'alliage utilisé dans le composite contient 92% de cuivre. La proportion de cet alliage dans le composite total est d'au moins 60%. Ce produit a permis de revêtir les objets les plus fréquemment utilisés et touchés par les mains en chambre clinique.

L'expérience a concerné 6 chambres du service de chirurgie orthopédique de la clinique Saint Roch à Montpellier (France). Ce service a été choisi pour des raisons pratiques et également parce que le risque bactérien est critique dans les soins de chirurgie orthopédique. Parmi ces 6 chambres, 3 tirées aléatoirement ont été équipées avec le produit cuivré. Les éléments concernés dans chaque chambre traitée sont au nombre de 7 :

- 2 béquilles de porte (interne/externe),
- 1 interrupteur,
- 1 plateau adaptable,
- 1 abattant de WC,
- 1 barre d'appui dans la douche et
- 1 robinet mitigeur.
-

Les 3 autres chambres ont conservé le matériel habituel et ont donc constitué le groupe témoin.

L'étude a duré 8 semaines. Des prélèvements ont été réalisés tous les lundis, mercredis, jeudis et vendredis, dans chacune des 6 chambres, et sur chacun des 7 éléments concernés. Le nombre total de prélèvements s'élève donc à 1344.

Pour les semaines 5 à 8, deux chambres ont subi une permutation : une chambre traitée est devenue témoin et une chambre témoin est devenue traitée. Le schéma du plan d'expérience est donc le suivant :

	Chambre 1	Chambre 2	Chambre 3	Chambre 4	Chambre 5	Chambre 6
Semaines 1 à 4	Témoin	Témoin	Témoin	Traitée	Traitée	Traitée
Semaines 5 à 8	Témoin	Traitée	Témoin	Témoin	Traitée	Traitée

2.2- Méthodologie microbiologique et prélèvements

Le prélèvement est réalisé avec un applicateur et une boîte Cont-Tact® Biomerieux de 55mm de diamètre, au travers d'un gabarit stérile en silicone.

La stérilisation des gabarits a été réalisée par le service d'hygiène de la clinique St Roch. Après chaque cycle de stérilisation chaque gabarit était protégé individuellement dans une enveloppe scellée et hermétique.

Les gabarits étaient de taille adaptée aux éléments sujets à prélèvement :

- une surface de prélèvement de 5cm x 5cm pour l'abattant de WC, le plateau adaptable, l'interrupteur et la manette du mitigeur
- une surface de prélèvement de 5cm x 2,5cm pour les béquilles de porte et les barres d'appui.

Le prélèvement est fait par frottement exécuté 15 fois dans le sens longitudinal et 15 fois dans le sens latéral ou 15 fois dans le sens vertical et 15 fois dans le sens horizontal, selon la nature et la zone de prélèvement choisie.

Ensuite la boîte Cont-Tact® est refermée et mise en incubation à 37° C pendant 48 heures.

Un comptage et une identification sont par la suite réalisés.

Décompte des germes : un seul laboratoire (OC biologie) a réalisé le décompte des germes. Ce dernier a été réalisé en tenant compte d'un seuil de positivité. En dessous de 5 CFU par surface de 25 cm² ; le décompte est considéré comme nul (23)

Afin de standardiser les surfaces de calcul, cette dernière a été ramenée à 100 cm² pour tous les lieux de prélèvements. Ainsi, les décomptes sur les béquilles de porte et la barre d'appui ont été multipliés par 8 et sur les autres lieux multipliés par 4. En effet, pour l'abattant de WC, le plateau adaptable, l'interrupteur et les robinets mitigeurs la surface est de 25 cm² tandis que pour les béquilles de porte et la barre d'appui elle est de 12,5 cm².

Une fois par jour, les chambres sont nettoyées selon les procédures habituelles en vigueur dans l'établissement : détergence et désinfection des surfaces Le nettoyage a lieu habituellement entre 9 et 10 heures du matin. Tous les prélèvements ont quant à eux été réalisés après 16 heures (entre 16h et 17h le plus souvent). Les horaires exacts de nettoyage des chambres ont été recueillis, ainsi que ceux des prélèvements. Le délai entre nettoyage et prélèvements a de ce fait pu être calculé.

2.3- Méthodes statistiques

2.3.1- Calcul du nombre de prélèvements nécessaires

Il a été fait sur chaque élément puisque le but est de comparer la moyenne des nombres de bactéries (galerie d'identification : Biomérieux) totales sur chaque site de prélèvement entre le groupe de chambres témoins et le groupe de chambres traitées. Pour calculer le nombre de prélèvements nécessaires, nous avons émis l'hypo-

thèse que nos résultats seraient voisins de ceux obtenus dans l'étude de BIRMINGHAM.

Si on raisonne en moyenne de CFU globalement entre les chambres traitées et les chambres témoins dans l'étude de BIRMINGHAM, pour les dessus d'abattants de WC on passe de 2190 cfu à 6 en moyenne, ceci avec une grande variabilité (dans l'étude de BIRMINGHAM il y a eu seulement 200 échantillons). Mais ces abattants WC étaient très contaminés.

Nous pensons donc trouver en moyenne de 6 à 15 éléments sur chaque site chez les témoins et de 1 à 8 chez les éléments préparés. Soit un écart minimal moyen entre 9 et 7 ceci avec un écart type variant entre 2 et 5.

En se plaçant dans le cas moyen (écart type=4) ceci conduit à :

84 prélèvements sur chaque site (poignée...) et par groupe de chambres (écart moyen=2) et avec 10% de données ininterprétables à 94 prélèvements par groupe de chambres.

Or par site de prélèvements, nous avons prévu 48 prélèvements les 4 premières semaines (par groupe de chambres) et 48 les 4 semaines suivantes soit un total de 96. Donc le nombre prévu devrait suffire pour répondre à la question posée et ceci sur tous les sites.

2.3.2- Analyses statistiques

Le nombre total de CFU, tous lieux de prélèvements confondus, a tout d'abord été comparé entre les deux groupes de chambres. Puis, les mêmes comparaisons ont été faites par lieu de prélèvement (7 lieux).

Une comparaison du nombre de colonies de *Staphylococcus aureus* (\pm microcoques \pm bacillus) entre chambres traitées et chambre témoins a ensuite été réalisée, tous lieux de prélèvements confondus dans un premier temps, et lieu par lieu dans un second temps.

Le test non paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney (Mann-Whitney U test) a été utilisé pour toutes les comparaisons.

L'évolution temporelle du logarithme du nombre total de microorganismes a enfin été étudiée, à l'aide d'un modèle mixte à mesures répétées. En effet, une transformation logarithmique a été effectuée en raison de la non vérification de l'hypothèse de la normalité, nécessaire à la réalisation du modèle mixte.

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec SAS software 9.3, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA par l'équipe EA 2415 de Biostatistique et d'Epidémiologie de l'Université Montpellier I.

3- Résultats

- 6 chambres : 3 MetalSkin / 3 Témoins
- 7 items (Poignée interne / poignée externe / interrupteur / plateau / abattant WC / barre de douche / robinet)
- Echantillons prélevés 4 fois / semaine pendant 8 semaines

⇒ Données non indépendantes

⇒ On va prendre cela en compte par l'utilisation de modèles mixtes : 1 global puis 1 par item

Pour le modèle global :

- On va calculer pour chaque semaine et chaque chambre, le nombre moyen de colonies bactériennes recueillies, sur tous les 7 items :

ex : Nb moyen colonies semaine 1, chambre 314 =

Pour les modèles item par item :

- On va calculer pour chaque item et chaque chambre, le nombre moyen de colonies bactériennes recueillies pour chaque semaine : ex :

Nb moyen colonies semaine 1 robinet, chambre 314 =

Pour chaque modèle, on obtiendra ainsi 1 tableau de 48 données (8 semaines * 6 chambres).

- La variable à expliquer sera le log du (nombre de colonies+1), qui respecte l'hypothèse de normalité (vérifié pour chaque modèle).

Les variables explicatives (effets fixes) entrées dans le modèle seront le temps, le type de chambre (control / treated) et l'interaction temps*type de chambre.

Si l'interaction ne ressort pas significative, elle ne sera pas incluse dans le modèle final.

- Choix de la structure de covariance

Pour chaque modèle, on va tester plusieurs structures de covariance, et retenir celle dont les critères AIC (Critère d'information d'Akaike) / BIC (=SBC : critère Bayésien de Schwarz) sont les plus faibles.

- Une fois la structure de covariance choisie, les modèles sont lancés.

La normalité des résidus est vérifiée.

1. Nombre total de colonies bactériennes

- Descriptif du nombre de colonies bactériennes (CFU) par semaine (tous germes confondus)

	<i>MetalSkin</i> N=3	Contrôle N=3
CFU global (tous items confondus)		
Semaine 1		
Moyenne (STD)	48.92 (47.97)	74.75 (58.07)
Médiane (Min ; Max)	34 (1 ; 152)	57.5 (28 ; 246)
Semaine 2		
Moyenne (STD)	36.33 (25.39)	75.92 (49.25)
Médiane (Min ; Max)	27 (2 ; 78)	74 (11 ; 170)
Semaine 3		
Moyenne (STD)	40.17 (32.14)	61.08 (38.94)
Médiane (Min ; Max)	29.5 (14 ; 129)	46 (19 ; 139)
Semaine 4		
Moyenne (STD)	45.83 (49.24)	61.17 (34.29)
Médiane (Min ; Max)	35 (7 ; 188)	54 (21 ; 121)
Semaine 5		
Moyenne (STD)	41.17 (25.64)	85 (56.94)
Médiane (Min ; Max)	40.5 (9 ; 95)	77.5 (25 ; 201)
Semaine 6		
Moyenne (STD)	37.08 (15.35)	52.08 (26.27)
Médiane (Min ; Max)	39 (9 ; 54)	48 (21 ; 111)
Semaine 7		
Moyenne (STD)	40.33 (25.78)	78.08 (62.43)
Médiane (Min ; Max)	39.5 (4 ; 81)	67 (15 ; 214)
Semaine 8		
Moyenne (STD)	23.5 (11.57)	52.67 (21.26)
Médiane (Min ; Max)	23 (7 ; 44)	46.5 (23 ; 95)

- Modèle mixte global

Solution pour effets fixes				
Effet	Room type	Valeur estimée	Erreur type	Pr > t
Intercept		4.2753	0.04398	<.0001
temps		-0.02066	0.002077	0.0009
room type	Treated	-0.4050	0.06220	0.0027
	Control	0	.	.
temps*room type	Treated	-0.02619	0.002937	0.0013
	Control	0	.	.

Pour ce modèle, les variables qui ressortent sont :

- Le type de chambre (p=0.003) : la valeur estimée du coefficient est négative (-0.4), le nombre moyen de colonies bactériennes est donc significativement plus faible au niveau des chambres traitées avec MetalSkin Medical®.
- Le temps (p=0.0009) : la valeur estimée du coefficient est négative (-0.02), le nombre moyen de colonies bactériennes diminue significativement avec le temps.
- L'interaction entre le temps et le type de chambre (p=0.001) : cela signifie que le nombre moyen de colonies bactériennes évolue différemment au cours du temps selon le type de chambre.

2. Poignée de porte interne

- Descriptif du nombre de colonies bactériennes (CFU) par semaine (tous germes confondus)

	MetalSkin N=3	Contrôle N=3
CFU Poignée interne		
Semaine 1		
Moyenne (STD)	1.83 (2.44)	5.75 (4.25)
Médiane (Min ; Max)	0 (0 ; 6)	5 (1 ; 14)
Semaine 2		
Moyenne (STD)	2.83 (3.79)	4.33 (3.2)
Médiane (Min ; Max)	1.5 (0 ; 10)	3 (0 ; 10)

Semaine 3		
Moyenne (STD)	1.5 (1.83)	6.33 (5.53)
Médiane (Min ; Max)	1 (0 ; 6)	4.5 (0 ; 17)
Semaine 4		
Moyenne (STD)	2.92 (3.15)	5.67 (8.02)
Médiane (Min ; Max)	2.5 (0 ; 10)	3 (0 ; 28)
Semaine 5		
Moyenne (STD)	2 (2.37)	13.17 (14.23)
Médiane (Min ; Max)	2 (0 ; 8)	6.5 (1 ; 45)
Semaine 6		
Moyenne (STD)	5.08 (5.14)	3.25 (2.63)
Médiane (Min ; Max)	4 (0 ; 16)	3.5 (0 ; 9)
Semaine 7		
Moyenne (STD)	2.75 (3.44)	10.17 (9.69)
Médiane (Min ; Max)	2 (0 ; 11)	8.5 (0 ; 30)
Semaine 8		
Moyenne (STD)	1.42 (1.68)	7.33 (8.4)
Médiane (Min ; Max)	0.5 (0 ; 4)	6 (0 ; 30)

- **Modèle mixte**

<i>Solution pour effets fixes</i>				
<i>Effet</i>	<i>Room type</i>	<i>Valeur estimée</i>	<i>Erreur type</i>	<i>Pr > t </i>
<i>Intercept</i>		1.8508	0.1712	0.0004
<i>temps</i>		0.01059	0.002770	0.0220
<i>room type</i>	Treated	-0.6474	0.2422	0.0555
	Control	0	.	.
<i>temps*room type</i>	Treated	-0.01146	0.003918	0.0480
	Control	0	.	.

Pour ce modèle, les variables qui ressortent sont :

- Le type de chambre (tendance à 10% : $p=0.06$) : la valeur estimée du coefficient est négative (-0.65), le nombre moyen de colonies bactériennes au niveau de la poignée interne a donc tendance à être plus faible au niveau des chambres traitées avec MetalSkin Medical®.
- Le temps ($p=0.02$) : la valeur estimée du coefficient est positive (0.01), le nombre moyen de colonies bactériennes au niveau de la poignée interne augmente significativement avec le temps.
- L'interaction entre le temps et le type de chambre ($p=0.048$) : cela signifie que le nombre moyen de colonies bactériennes évolue différemment au cours du temps selon le type de chambre.

3. Poignée de porte externe

- Descriptif du nombre de colonies bactériennes (CFU) par semaine (tous germes confondus)

	<i>MetalSkin N=3</i>	<i>Contrôle N=3</i>
CFU Poignée externe		
Semaine 1		
Moyenne (STD)	3 (3.38)	10.58 (17.36)
Médiane (Min ; Max)	2 (0 ; 12)	5.5 (0 ; 64)
Semaine 2		
Moyenne (STD)	3.83 (4.9)	5.42 (4.85)
Médiane (Min ; Max)	1.5 (0 ; 14)	5 (0 ; 14)
Semaine 3		
Moyenne (STD)	3.58 (4.54)	5 (4.16)
Médiane (Min ; Max)	2 (0 ; 13)	4 (0 ; 13)
Semaine 4		
Moyenne (STD)	4.67 (4.66)	7.58 (9.37)
Médiane (Min ; Max)	3 (0 ; 13)	3.5 (0 ; 26)
Semaine 5		
Moyenne (STD)	4.75 (3.84)	5.17 (4.04)
Médiane (Min ; Max)	3.5 (0 ; 12)	4 (0 ; 13)

Semaine 6		
Moyenne (STD)	5.42 (4.78)	4.92 (3.85)
Médiane (Min ; Max)	5 (0 ; 18)	6 (0 ; 12)
Semaine 7		
Moyenne (STD)	4 (4.69)	10.58 (10.21)
Médiane (Min ; Max)	1.5 (0 ; 13)	7 (0 ; 29)
Semaine 8		
Moyenne (STD)	4.5 (5.28)	7.08 (5.05)
Médiane (Min ; Max)	2 (0 ; 13)	7.5 (0 ; 18)

- Modèle mixte

<i>Solution pour effets fixes</i>				
<i>Effet</i>	<i>Room type</i>	<i>Valeur estimée</i>	<i>Erreur type</i>	<i>Pr > t </i>
<i>Intercept</i>		1.8839	0.1554	<.0001
<i>temps</i>		0.02249	0.02541	0.3812
<i>room type</i>	Treated	-0.3970	0.1489	0.0560
	Control	0	.	.

Pour ce modèle, une variable ressort avec une tendance :

- Le type de chambre ($p=0.056$) : la valeur estimée du coefficient est négative (-0.40), le nombre moyen de colonies bactériennes au niveau de la poignée externe a donc tendance à être plus faible au niveau des chambres traitées par le MetalSkin.

4. Interrupteur

- Descriptif du nombre de colonies bactériennes (CFU) par semaine (tous germes confondus)

	<i>MetalSkin N=3</i>	<i>Contrôle N=3</i>
CFU Interrupteur		
Semaine 1		

Moyenne (STD)	3.17 (8.52)	8.25 (5.66)
Médiane (Min ; Max)	0 (0 ; 30)	6.5 (2 ; 19)
Semaine 2		
Moyenne (STD)	1 (1.86)	5.5 (5.62)
Médiane (Min ; Max)	0 (0 ; 6)	4 (0 ; 21)
Semaine 3		
Moyenne (STD)	3 (2.98)	5.83 (5.86)
Médiane (Min ; Max)	2 (0 ; 8)	4.5 (0 ; 22)
Semaine 4		
Moyenne (STD)	4.83 (11.98)	3.5 (3.21)
Médiane (Min ; Max)	0 (0 ; 41)	2.5 (1 ; 12)
Semaine 5		
Moyenne (STD)	4.17 (7.99)	9.58 (13.24)
Médiane (Min ; Max)	0.5 (0 ; 28)	5 (0 ; 45)
Semaine 6		
Moyenne (STD)	5.08 (4.25)	11.58 (8.1)
Médiane (Min ; Max)	4.5 (0 ; 13)	11 (0 ; 24)
Semaine 7		
Moyenne (STD)	8.33 (9.91)	9.67 (9.58)
Médiane (Min ; Max)	3 (0 ; 29)	6.5 (0 ; 31)
Semaine 8		
Moyenne (STD)	2.08 (2.87)	9 (6.28)
Médiane (Min ; Max)	1 (0 ; 8)	7.5 (2 ; 22)

- Modèle mixte

<i>Solution pour effets fixes</i>				
<i>Effet</i>	<i>Room type</i>	<i>Valeur estimée</i>	<i>Erreur type</i>	<i>Pr > t </i>
<i>Intercept</i>		2.0076	0.1424	0.0001

<i>temps</i>		0.009793	0.009587	0.3649
<i>room type</i>	Treated	-0.6422	0.1918	0.0286
	Control	0	.	.

Pour ce modèle, une variable ressort :

- Le type de chambre ($p=0.029$) : la valeur estimée du coefficient est négative (-0.64), le nombre moyen de colonies bactériennes au niveau de l'interrupteur est donc significativement plus faible au niveau des chambres traitées par le MetalSkin.

5. Plateau

- Descriptif du nombre de colonies bactériennes (CFU) par semaine (tous germes confondus)

	<i>MetalSkin N=3</i>	<i>Contrôle N=3</i>
CFU Plateau		
Semaine 1		
Moyenne (STD)	3.58 (3.55)	13.5 (16.48)
Médiane (Min ; Max)	3 (0 ; 13)	6 (1 ; 46)
Semaine 2		
Moyenne (STD)	3.58 (3.53)	7.83 (13.21)
Médiane (Min ; Max)	3 (0 ; 9)	4.5 (0 ; 48)
Semaine 3		
Moyenne (STD)	6 (9.54)	13.17 (14.55)
Médiane (Min ; Max)	2 (0 ; 30)	8 (0 ; 46)
Semaine 4		
Moyenne (STD)	8.25 (11.92)	11.08 (12.64)
Médiane (Min ; Max)	4 (0 ; 41)	6 (0 ; 45)
Semaine 5		
Moyenne (STD)	8.33 (12.87)	9.67 (8.62)
Médiane (Min ; Max)	4 (0 ; 45)	9 (1 ; 32)

Semaine 6		
Moyenne (STD)	6.17 (5.42)	15.42 (14.66)
Médiane (Min ; Max)	5 (0 ; 21)	8 (0 ; 41)
Semaine 7		
Moyenne (STD)	6.58 (5.55)	15.92 (16.81)
Médiane (Min ; Max)	5.5 (0 ; 18)	9 (0 ; 55)
Semaine 8		
Moyenne (STD)	3.75 (6.21)	5.5 (5.27)
Médiane (Min ; Max)	0 (0 ; 21)	3.5 (1 ; 19)

- Modèle mixte

<i>Solution pour effets fixes</i>				
<i>Effet</i>	<i>Room type</i>	<i>Valeur estimée</i>	<i>Erreur type</i>	<i>Pr > t </i>
<i>Intercept</i>		2.1131	0.3055	<.0001
<i>temps</i>		0.02434	0.06742	0.7247
<i>room type</i>	Treated	-1.0365	0.05113	<.0001
	Control	0	.	.

Pour ce modèle, une variable ressort :

- Le type de chambre ($p < 0.0001$) : la valeur estimée du coefficient est négative (-1.04), le nombre moyen de colonies bactériennes au niveau du plateau est donc significativement plus faible au niveau des chambres traitées par le Me-talSkin.

6. Abattant WC

- Descriptif du nombre de colonies bactériennes (CFU) par semaine (tous germes confondus)

	<i>MetalSkin N=3</i>	<i>Contrôle N=3</i>
CFU WC		
Semaine 1		
Moyenne (STD)	8 (10.44)	3.33 (6.51)
Médiane (Min ; Max)	2 (0 ; 30)	0.5 (0 ; 23)
Semaine 2		
Moyenne (STD)	3 (3.95)	13.75 (20.08)
Médiane (Min ; Max)	1.5 (0 ; 12)	7 (0 ; 67)
Semaine 3		
Moyenne (STD)	7.17 (10.67)	2 (3.3)
Médiane (Min ; Max)	3 (0 ; 36)	0.5 (0 ; 10)
Semaine 4		
Moyenne (STD)	10.92 (15.31)	10.83 (14.6)
Médiane (Min ; Max)	3.5 (0 ; 41)	5.5 (0 ; 48)
Semaine 5		
Moyenne (STD)	2.17 (6)	11.42 (15.29)
Médiane (Min ; Max)	0 (0 ; 21)	3.5 (0 ; 41)
Semaine 6		
Moyenne (STD)	1.58 (3.06)	3.92 (6.82)
Médiane (Min ; Max)	0 (0 ; 10)	0 (0 ; 18)
Semaine 7		
Moyenne (STD)	4.17 (6.25)	6.75 (6.57)
Médiane (Min ; Max)	2 (0 ; 18)	6.5 (0 ; 22)
Semaine 8		
Moyenne (STD)	3.33 (6.39)	3.67 (5.35)
Médiane (Min ; Max)	0 (0 ; 20)	1.5 (0 ; 17)

- Modèle mixte

<i>Solution pour effets fixes</i>				
<i>Effet</i>	<i>Room type</i>	<i>Valeur estimée</i>	<i>Erreur type</i>	<i>Pr > t </i>
<i>Intercept</i>		1.9257	0.2974	<.0001
<i>temps</i>		-0.04817	0.06057	0.4310
<i>room type</i>	Treated	-0.2772	0.1683	0.1749
	Control	0	.	.

Pour ce modèle, aucune variable ne ressort significative.

7.Barre de douche

- Descriptif du nombre de colonies bactériennes (CFU) par semaine (tous germes confondus)

	<i>MetalSkin N=3</i>	<i>Contrôle N=3</i>
CFU Douche		
Semaine 1		
Moyenne (STD)	21.75 (26.12)	22.83 (24.23)
Médiane (Min ; Max)	8 (0 ; 70)	18 (3 ; 93)
Semaine 2		
Moyenne (STD)	11.42 (19.32)	21.42 (37.34)
Médiane (Min ; Max)	2.5 (0 ; 68)	8 (0 ; 136)
Semaine 3		
Moyenne (STD)	11.92 (14.2)	17 (17.63)
Médiane (Min ; Max)	7.5 (0 ; 41)	9 (2 ; 50)
Semaine 4		
Moyenne (STD)	4.92 (7.79)	14.42 (15.96)
Médiane (Min ; Max)	1 (0 ; 23)	9.5 (0 ; 47)

Semaine 5		
Moyenne (STD)	12.83 (16.28)	20.17 (21.78)
Médiane (Min ; Max)	6 (0 ; 47)	11.5 (1 ; 67)
Semaine 6		
Moyenne (STD)	6.92 (9.92)	6.75 (8.15)
Médiane (Min ; Max)	1 (0 ; 26)	4.5 (0 ; 25)
Semaine 7		
Moyenne (STD)	7.33 (9.96)	15 (17.2)
Médiane (Min ; Max)	3 (0 ; 29)	9 (0 ; 55)
Semaine 8		
Moyenne (STD)	5 (6.27)	13.17 (9.26)
Médiane (Min ; Max)	4 (0 ; 23)	12.5 (4 ; 36)

- Modèle mixte

<i>Solution pour effets fixes</i>				
<i>Effet</i>	<i>Room type</i>	<i>Valeur estimée</i>	<i>Erreur type</i>	<i>Pr > t </i>
<i>Intercept</i>		3.2351	0.1218	<.0001
<i>temps</i>		-0.1079	0.02402	0.0067
<i>room type</i>	Treated	-0.5927	0.07934	0.0027
	Control	0	.	.

Pour ce modèle, deux variables ressortent :

- Le temps ($p=0.007$) : la valeur estimée du coefficient est négative (-0.11), le nombre moyen de colonies bactériennes au niveau de la barre de douche diminue significativement avec le temps.
- Le type de chambre ($p=0.003$) : la valeur estimée du coefficient est négative (-0.59), le nombre moyen de colonies bactériennes au niveau de la barre de douche est donc significativement plus faible au niveau des chambres traitées par le MetalSkin.

8.Robinet

- Descriptif du nombre de colonies bactériennes (CFU) par semaine (tous germes confondus)

	<i>MetalSkin</i> N=3	Contrôle N=3
CFU Robinet		
Semaine 1		
Moyenne (STD)	7.58 (11.47)	10.5 (15.25)
Médiane (Min ; Max)	5 (0 ; 42)	4.5 (0 ; 51)
Semaine 2		
Moyenne (STD)	10.67 (11.5)	17.67 (18.35)
Médiane (Min ; Max)	7 (0 ; 33)	11 (0 ; 67)
Semaine 3		
Moyenne (STD)	7 (6.18)	11.75 (12.35)
Médiane (Min ; Max)	6.5 (0 ; 20)	7 (2 ; 45)
Semaine 4		
Moyenne (STD)	9.33 (14.18)	8.08 (8.88)
Médiane (Min ; Max)	2.5 (0 ; 45)	4 (1 ; 31)
Semaine 5		
Moyenne (STD)	6.92 (8.49)	15.83 (20.65)
Médiane (Min ; Max)	4.5 (0 ; 30)	5 (0 ; 63)
Semaine 6		
Moyenne (STD)	6.83 (9.3)	6.25 (7.98)
Médiane (Min ; Max)	2 (0 ; 29)	2.5 (0 ; 22)
Semaine 7		
Moyenne (STD)	7.17 (7.16)	10 (14.82)
Médiane (Min ; Max)	6 (0 ; 18)	2.5 (0 ; 45)
Semaine 8		
Moyenne (STD)	3.42 (2.94)	6.92 (4.76)
Médiane (Min ; Max)	2.5 (0 ; 10)	4 (2 ; 16)

- Modèle mixte

Solution pour effets fixes				
Effet	Room type	Valeur estimée	Erreur type	Pr > t
Intercept		2.8475	0.1574	<.0001
temps		-0.1121	0.02740	0.0013
room type	Treated	-0.3590	0.1338	0.0140
	Control	0	.	.

Pour ce modèle, deux variables ressortent :

- Le temps ($p=0.001$) : la valeur estimée du coefficient est négative (-0.11), le nombre moyen de colonies bactériennes au niveau du robinet diminue significativement avec le temps.
- Le type de chambre ($p=0.01$) : la valeur estimée du coefficient est négative (-0.36), le nombre moyen de colonies bactériennes au niveau du robinet est donc significativement plus faible au niveau des chambres traitées par le MetalSkin.

4- Discussion et conclusion

L'étude de Noyce *et al.* (14) est expérimentale sur trois souches de *Staphylococcus aureus*. Sur les surfaces recouvertes de cuivre, à 22° C, ces trois souches sont tuées à 45, 60 et 90 minutes respectivement. Sur les surfaces recouvertes d'acier inoxydable, à 22° C et après 72 heures, des colonies vivantes sont retrouvées pour les trois souches de *Staphylococcus aureus*. Les auteurs trouvent également que, à 4° C, les colonies microbiennes sont totalement détruites après 6 heures.

En utilisant la méthode de Noyce, Wheeldon *et al.* (18) comparent l'effet d'une préparation de cuivre par rapport à celle en acier inoxydable sur la contamination par *Clostridium difficile* NCTC 11204 et *Clostridium difficile* 027 R20291. L'acier inoxydable ne montre pas d'activité antimicrobienne contre les cellules végétatives de *C. difficile* après 30 minutes d'exposition (pas de réduction d'activité à 3 heures). Par contre, le cuivre a une activité antimicrobienne ($p<0.05$) contre les cellules végétatives de *C. difficile*, ceci dès 60 minutes après exposition. À 3 heures, avec le cuivre, il y a une réduction de 99.79% et de 99.87% du logarithme des spores germinantes de *C. difficile* NCTC 11204 et 027 R20291 respectivement.

Casey *et al.* (21), grâce à une étude en cross-over sur les éléments de chambres de soins médicaux aigus, ont comparé le nombre de microorganismes entre les éléments contenant du cuivre et ceux n'en contenant pas. Après 5 semaines, les élé-

ments contenant du cuivre et ceux n'en contenant pas ont été échangés (prélèvements réalisés une fois par semaine à deux heures différentes : 7 et 17h). Les valeurs médianes du nombre de microorganismes hébergés sur les éléments cuivrés sont entre 50% et 100% inférieures aux valeurs médianes observées dans le groupe témoin, ceci à 7h comme à 17h. Les différences sont significatives sauf pour une localisation.

L'étude en cross-over sur 19 chambres réalisée par Karpanen *et al.* (22) a porté sur 14 lieux de chambre en soins aigus. La durée de l'étude a été de 24 semaines avec 12 semaines en utilisant des produits cuivrés (plus de 58% de cuivre) puis 12 semaines sans utiliser le cuivre. Le nombre de microbes aérobies ainsi que la présence d'indicateurs de microorganismes ont été étudiés. Pour 8 éléments sur 14, les auteurs ont retrouvé significativement moins de microorganismes sur les produits cuivrés (par rapport aux produits sans cuivre). Pour les 6 autres éléments, il y a une réduction dans le sens des produits cuivrés, sans qu'elle soit significative.

Les résultats que nous avons obtenus vont dans le sens de ceux trouvés dans la littérature, avec un nombre total de colonies bactériennes plus faible pour les éléments traités avec MetalSkin Medical®. Ils montrent qu'il y a significativement moins de bactéries dans les chambres avec le revêtement pour les sites: poignée interne, poignée externe (limite), interrupteur, plateau adaptable (très significatif), barre de douche et robinet.

Il y a aussi un effet temps significatif sur la poignée interne avec un écart entre les chambres avec revêtement et les chambres sans revêtement qui augmente avec le temps, un effet temps significatif pour la barre de douche avec une diminution au cours du temps du nombre de colonies bactériennes et un effet temps pour le robinet avec une diminution au cours du temps. (pour ces deux sites, la diminution temporelle est parallèle entre les chambres traitées et les chambres non traitées)

Donc ces résultats sont en faveur de l'effet bactéricide du revêtement utilisé, ceci avec un effet sur l'essentiel des sites concernés. (les prélèvements ont été réalisés à distance du nettoyage journalier des chambres). Pour une majorité des sites, on constate dans les chambres traitées une diminution significative des bactéries au cours du temps. Pour la poignée interne, il y a eu une augmentation significative mais qui est beaucoup plus importante pour les chambres non traitées que pour les autres.

Il est important de noter que le taux de cuivre présent dans l'alliage proposé est très élevé (donc comparable à celui des autres produits proposés); la différence se situe au niveau de l'épaisseur de la préparation (200 microns), beaucoup plus fine que pour les autres produits.

Par conséquent, compte tenu de la réduction du coût de ce produit par rapport aux autres produits cuivrés, coût directement lié à la quantité totale de cuivre (et donc pas seulement au pourcentage), et du fait que la diminution des comptes de mi-

croorganismes est voisine de celle obtenue avec des quantités en cuivre plus élevées (concentrations voisines), nous pensons que le produit proposé a un réel intérêt dans la réduction du portage et de la transmission des bactéries dans les chambres de soins aigus.

Enfin, l'analyse de l'évolution temporelle du nombre total de microorganismes au sein des 6 chambres nous conduit à penser que le composite MetalSkin Medical® utilisé, en diminuant le nombre de microorganismes dans les chambres concernées, permet de réduire la contamination des autres chambres non protégées.

Il est à noter que depuis la réalisation de cette étude un nouveau référentiel normatif a été créé par l'AFNOR (24) qui permet de qualifier l'activité bactéricide de base des surfaces non poreuses. MetalSkin Medical® a été testé selon cette norme et a démontré une réduction logarithmique moyenne de 3,45 log en 1 heure. Cette efficacité vient soutenir les résultats constatés lors de l'étude.

Références

1. Vasselle A. La politique de lutte contre les infections nosocomiales. Rapport A.N. n° 3188, Sénat n° 421. Office parlementaire d'évaluation des politiques de santé, 2006.
2. Desenclos JC, Brun-Buisson C. Editorial. Control of healthcare-associated infections: despite some advances, mobilization must go on! *Bull Epidemiol Hebd* 2011; (15-17):177-178.
3. Kaatz GW, Gitlin SD, Schaberg DR, et al. Acquisition of *Clostridium difficile* from the hospital environment. *Am J Epidemiol* 1988; 127:1289-1294.
4. Aygun G, Demirkiran O, Utku T, et al. Environmental contamination during a carbapenem resistant *Acinetobacter baumannii* outbreak in an intensive care unit. *J Hosp Infect* 2002; 52:259-262.
5. Martinez JA, Ruthazer R, Hansjosten K, Barefoot L, Snyderman DR. Role of environmental contamination as a risk factor for acquisition of vancomycin-resistant enterococci in patients treated in a medical intensive care unit. *Arch Intern Med* 2003 ;163:1905-1912.
6. Boyce JM, Potter-Bynoe G, Chenevert C, King T. Environmental contamination due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* : possible infection control implications. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1997; 18:622-627.
7. Ray AJ, Hoyen CK, Taub TF, Eckstein EC, Donskey CJ. Nosocomial transmission of vancomycin-resistant enterococci from surfaces. *J Am Med Assoc* 2002; 287:1400-1401.
8. Hayden MK, Blom DW, Lyle EA, Moore CG, Weinstein RA. Risk of hand or glove contamination after contact with patients colonized with vancomycin-resistant Enterococcus or the colonized patients' environment. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008; 29:149-154.
9. Oie S, Kamiya A. Survival of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) on naturally contaminated dry mops. *J Hosp Infect* 1996; 34:145-149.
10. Blythe D, Keenlyside D, Dawson SJ, Galloway A. Environmental contamination due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *J Hosp Infect* 1998; 38:67-70.
11. French GL, Otter JA, Shannon KP, Adams NMT, Watling D, Parks MJ. Tackling contamination of the hospital environment by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA): a comparison between conventional terminal cleaning and hydrogen peroxide vapour decontamination. *J Hosp Infect* 2004; 57:31-37.
12. Hardy KJ, Gossain S, Henderson N, et al. Rapid recontamination with MRSA of the environment of an intensive care unit after decontamination with hydrogen peroxide vapour. *J Hosp Infect* 2007; 66:360-368.
13. Taylor L, Phillips P, Hastings R. Reduction of bacterial contamination in a healthcare environment by silver antimicrobial technology. *J Infect Prevention* 2009; 10:8-14.
14. Noyce JO, Michels H, Keevil CW. Potential use of copper surfaces to reduce survival of epidemic methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in the healthcare environment. *J Hosp Infect* 2006; 63:289-297.
15. Noyce JO, Michels H, Keevil CW. Use of copper cast alloys to control *Escherichia coli* O157 cross-contamination during food processing. *Appl Environ Microbiol* 2006; 72:4239-4244.
16. Wilks SA, Michels HT, Keevil CW. Survival of *Listeria monocytogenes* Scott A on metal surfaces: implications for cross-contamination. *Int J Food Microbiol* 2006; 111:93-98.
17. Noyce JO, Michels H, Keevil CW. Inactivation of influenza A virus on copper versus stainless steel surfaces. *Appl Environ Microbiol* 2007; 73:2748-2750.
18. Wheeldon LJ, Worthington T, Lambert PA, Hilton AC, Lowden CJ, Elliott TS. Antimicrobial efficacy of copper surfaces against spores and vegetative cells of *Clostridium difficile*: the germination theory. *J Antimicrob Chemother* 2008; 62:522-525.
19. Hall TJ, Wren MWD, Jeanes A, Gant VA. A comparison of the antibacterial efficacy and cytotoxicity to cultured human skin cells of 7 commercial hand rubs and Xgel, a new copper-based biocidal hand rub. *Am J Infect Control* 2009; 37:322-326.

20. Sasahara T, Niiyama N, Ueno M. Use of copper and its alloys to reduce bacterial contamination in hospitals. *J JRICu* 2007; 46:1-6.
21. Casey AL *et al.* Role of copper in reducing hospital environment contamination. *J Hosp Infect* (2009), doi:10.1016/j.jhin.2009.08.018.
22. Karpanen TJ, *et al.* The antimicrobial efficacy of copper alloy furnishing in the clinical environment: a crossover study. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 2012; 33:3-9.
23. Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé, Air, eaux et surfaces, Ministère de la Santé, DGS/DHOS, CTIN, 2002
24. Méthode d'évaluation de l'activité bactéricide de base des surfaces non poreuses. AFNOR Editions, Mai 2019.