



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

Ecole Doctorale BioSE (Biologie-Santé-Environnement)

Thèse

Présentée et soutenue publiquement pour l'obtention du titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE HENRI POINCARÉ

Mention : « Science de la vie et de la santé »

Par : Djihane AHMED LECHEHEB

**Évaluation de l'exposition professionnelle à
l'éthanol contenu dans les solutions hydro-
alcooliques utilisées dans la lutte contre les
infections nosocomiales**

05/12/2012

Membres du jury :

Rapporteurs : 1/ Olivier THOMAS, Professeur, Ecole des Hautes Etudes en
Santé Publique, Rennes
2/ Michel VELTEN, Professeur, Laboratoire d'épidémiologie et
de santé publique, Strasbourg

Examineurs : 1/ Philippe HARTEMANN, Professeur, Faculté de médecine,
Université de Lorraine, directeur de thèse
2/ Alexis HAUTEMANIERE, MCU PH, Faculté de médecine,
Université de Lorraine, co-directeur de thèse
3/ Jacques CRIQUELION, Pharmacien, Directeur scientifique,
Laboratoires Anios, Lille

Sommaire

Liste des tableaux	9
Liste des figures	11
Liste des travaux et communications scientifiques	13
Liste des abréviations	18
Résumé	19
Introduction générale.....	22
I. Etat des connaissances.....	25
1. Les infections nosocomiales.....	25
1.1. Définitions.....	25
1.2. Causes des infections nosocomiales.....	26
1.3. Fréquence des infections nosocomiales	26
1.4. Prévention des infections nosocomiales.....	27
1.4.1. Etat des lieux de l'hygiène des mains du personnel soignants	28
1.4.2. La flore cutanée	29
1.4.3. Techniques de lavage des mains.....	30
1.4.4. Indications à l'hygiène des mains.....	30
2. Place des solutions hydro-alcooliques dans l'hygiène des mains	33
2.1. Recommandations de l'OMS dans le milieu médical	34
2.2. Introduction des solutions hydro-alcooliques à l'hygiène des mains.....	35
2.3. Composition des solutions hydro-alcooliques.....	39
2.3.1. Le rôle des alcools	39
2.3.2. Antiseptique associé	40
2.3.3. Les émoullients.....	40
2.3.4. L'eau.....	41
2.4. Formulations préconisées par l'OMS.....	41
2.5. Indicateur de consommation des solutions hydro-alcooliques (ICSHA).....	42
2.6. Les solutions hydro-alcooliques au CHU de Nancy	43
2.7. L'Indice de Consommation des Solutions Hydro-Alcooliques au CHU de Nancy (2007– 2011)	43
II. Etude bibliographique et justification scientifique de la recherche	44

1. Exposition professionnelle à l'éthanol	44
1.1. Augmentation de l'exposition professionnelle à l'éthanol chez les agents hospitaliers	44
1.2. Connaissances actuelles sur l'exposition à l'éthanol contenu dans les SHA	45
1.2.1. Exposition par voie cutanée	45
1.2.2. Exposition par voie respiratoire	46
1.2.3. Tolérance à l'éthanol contenu dans les SHA	48
1.2.3.1. Tolérance cutanée	48
1.2.3.2. Tolérance hépatique, pulmonaire, neurologique et cardiaque	48
1.2.4. Facteurs influençant l'exposition à l'éthanol contenu dans les SHA	48
1.3. Toxicité aiguë et chronique de l'éthanol	50
1.4. Métabolisme de l'éthanol	51
1.4.1. Etape 1 : Transformation de l'éthanol en acétaldéhyde	52
1.4.2. Etape 2 : Transformation de l'acétaldéhyde en acétate	54
1.4.3. Etape 3 : Devenir de l'acétate	55
1.5. Ethanol et stress oxydant	56
2. La peau : éléments descriptifs et facteurs influençant sa structure	58
2.1. Structure de la peau	58
2.1.1. L'épiderme	60
2.1.1.1. La couche cornée	60
2.1.1.2. La couche basale ou couche germinative	61
2.1.2. Le derme	61
2.1.3. La membrane sébacée ou l'hypoderme	61
2.2. Facteurs influençant la structure de la peau	62
2.3. Les types de peau selon la pigmentation	62
2.4. L'absorption percutanée	63
2.4.1. La diffusion passive	64
2.4.2. Les voies de passage	64
2.4.3. Facteurs influençant l'absorption percutanée	65
3. L'appareil respiratoire	67
3.1. Anatomie de l'appareil respiratoire	68
3.1.1. Les voies aériennes supérieures	68
3.1.2. La trachée (ou trachée-artère)	68
3.1.3. Les bronches	68
3.1.4. Les alvéoles pulmonaires	69

3.1.5. Les poumons.....	69
3.1.6. Le diaphragme	70
3. 2. Toxicité respiratoire	70
3.2.1. Les sources de contamination.....	70
3.2.3. Les substances gazeuses	72
III. Conception de la recherche.....	73
Objectif principal.....	73
Objectif secondaire.....	73
1. Type d'étude.....	74
1.1. Expérimentations réalisées au laboratoire (Partie A).....	74
1.1.1. Estimation en laboratoire de l'exposition pulmonaire des personnels de soins aux solutions hydro-alcooliques	74
1.1.2. Estimation en laboratoire de l'exposition pulmonaire des personnels de soins et des patients aux solutions hydro-alcooliques	75
1.2. Expérimentations réalisées au CHU de Nancy, l'étude DEESSES (Partie B).....	75
2. Résumé des bénéfices et des risques prévisibles et connus pour les personnes se prêtant à l'étude	76
3. Critère d'évaluation principal.....	77
4. Critères d'évaluation secondaires.....	77
4.1. Facteurs influençant l'exposition professionnelle à l'éthanol.....	77
4.1.1. Questionnaire DEESSES	78
4.1.2. Questionnaire GESTUEL	80
IV. Méthodologie de la recherche	82
1. Population.....	82
1.1. Description de la population	82
1.2. Sélection et exclusion des agents participant à l'étude	83
1.2.1. Critères d'inclusion.....	83
1.2.2. Critères d'exclusion.....	83
1.3. Durée de participation des personnes.....	84
1.4. Arrêt prématuré de participation d'une personne à la recherche	84
1.4.1. Critères et modalités d'arrêt	84
1.4.2. Modalités de remplacement des personnes	85
1.4.3. Modalités de suivi des personnes	85
1.5. Déroulement de l'inclusion des agents.....	85
1.2.1. Visite de pré inclusion	85

1.2.2. Visite d'inclusion.....	86
1.2.3. Visite de suivi.....	86
2. Déroulement de l'étude	86
3. Conditions de prélèvement, de transport et de traitement d'échantillons	91
3.1. Prélèvements biologiques.....	91
3.1.1. Prélèvements sanguins.....	91
3.1.2. Prélèvements urinaires.....	91
3.2. Prélèvements d'air expiré.....	92
3.3. Prélèvement d'air inspiré (uniquement pour les agents DEESSES Seconde)	92
4. Transport des prélèvements au laboratoire.....	92
5. Traitement des prélèvements biologiques	93
5.1. Dosages urinaires	93
5.2. Dosages sanguins	93
5.3. Analyse des prélèvements d'air (pour les agents DEESSES Seconde)	94
6. Analyse statistique.....	95
6.1. Tirage au sort des agents participant à l'étude DEESSES	95
6.2. Base de données	95
6.3. Analyse des résultats	96
V. Etude expérimentale et publications.....	97
Partie A : Expérimentations réalisées au laboratoire	97
1. Estimation en laboratoire de l'exposition pulmonaire des personnels de soins aux solutions hydro-alcooliques	98
Article 1: Assessment of ethanol vapours exposure released during Alcohol-Based Hand Rubs for healthcare workers.....	98
Hautemanière A, Cunat L, Ahmed-Lecheheb D, Hajjard F, Gerardin F, Morele Y, Hartemann P.....	98
2. Estimation en laboratoire de l'exposition pulmonaire des personnels de soins et des patients aux solutions hydro-alcooliques.....	112
Article 2: Assessment of ethanol exposure of patient hospitalized to Alcohol-Based Hand-Rub Solutions used for hand disinfection by healthcare workers.....	112
Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Delayen E, Cunat L, Hartemann P.	112

Partie B : Protocoles réalisés au CHU de Nancy (Etude DEESSES)..... 130

3. Etude DEESSES et présentation des résultats relatifs à la tolérance cutanée des personnels soignants utilisant des SHA.....	131
3.1. Description épidémiologique de la population.....	131
3.1.1 Résultats des inclusions de la population DEESSES à la fin de la première année de l'étude (période T0 et T1).....	133
3.1.2. Résultats des inclusions de la population DEESSES à la fin de la deuxième année de l'étude (période T2).....	135
3.1.3. Analyse descriptive de la population DEESSES inclus à T1	138
3.1.3.1. Caractéristiques de la population DEESSES (T1).....	138
3.1.3.2. Activité professionnelle de la population DEESSES (T1)	140
3.1.3.3. Données médicales de la population DEESSES (T1).....	142
3.1.3.4. Données relatives à l'utilisation des solutions hydro-alcooliques (T1) ..	147
3.1.3.4.1. Environnement professionnel (T0 versus T1).....	147
3.1.3.4.2. Pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA (T1)	148
3.1.3.5. Questions d'ordre sociologique (T0 versus T1).....	150
3.1.4. Analyse descriptive de la population DEESSES inclus à T2	153
3.1.4.1. Caractéristiques de la population DEESSES (T2).....	153
3.1.4.2. Activité professionnelle de la population DEESSES (T2)	154
3.1.4.3. Données médicales de la population DEESSES inclus à T2	157
3.1.4.4. Données relatives à l'utilisation des solutions hydro-alcooliques (T2) ..	161
3.1.4.4.1. Environnement professionnel (T1 versus T2).....	161
3.1.4.4.2. Pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA (T1 versus T2)	162
3.1.4.5. Questions d'ordre sociologique (T1 versus T2).....	165
3.1.5. Comparaison des questionnaires gestuels (T0 - T1 - T2).....	168
3.2. Evaluation de la tolérance cutanée des personnels soignants utilisant des solutions hydro-alcooliques à T1:(L'étude DEESSES).....	170
Article 3: Prospective observational study to assess hand skin condition after application of alcohol-based hand rub solutions.	170
Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A.	170
Données complémentaires non publiées: Evaluation de la tolérance cutanée des personnels soignants utilisant des solutions hydro-alcooliques à T2 (L'étude DEESSES).....	177

4. Evaluation de l'exposition professionnelle à L'éthanol contenue dans les solutions hydro-alcooliques à T1 (L'étude DEESSES Prime).....	178
Article 4: Dermal and pulmonary absorption of ethanol from alcohol-based hand rub.....	178
Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A.	178
Données complémentaires non publiées: Evaluation de l'exposition professionnelle à l'alcool éthylique contenue dans les solutions hydro-alcooliques à T2 (L'étude DEESSES Prime). 184	
5. Evaluation de l'absorption transpulmonaire de l'éthanol contenue dans les solutés hydro-alcooliques à T1 (L'étude DEESSES Seconde).....	188
Article 5: Assessment of transpulmonary absorption of ethanol from Alcohol-Based Hand-Rub.	188
Hautemanière A. Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P.	188
Données complémentaires non publiées: Evaluation de l'absorption transpulmonaire de l'éthanol contenue dans les solutés hydro-alcooliques à T1 (L'étude DEESSES Seconde).. 195	
VI. Discussion	198
1. Méthodes de dosage	200
2. Estimation en laboratoire de l'exposition pulmonaire aux solutions hydro-alcooliques	202
3. Evaluation en milieu hospitalier de l'exposition aux SHA (l'étude DEESSES)	206
3.1. Description épidémiologique de la population et des pratiques d'hygiène des mains	206
3.2. Evaluation observationnelle de la qualité de friction avec SHA.....	213
3.3. Evaluation de la tolérance cutanée aux SHA	215
3.4. Evaluation de l'exposition professionnelle à l'alcool éthylique contenue dans les solutions hydro-alcooliques à T1 et T2 (L'étude DEESSES Prime et DEESSES Seconde).....	218
3.4.1. L'étude DEESSES Prime	218
3.4.2. L'étude DEESSES Seconde	226
VII. Conclusion et perspectives	230
Liste des références	234
Annexes.....	249
LISTE DES ANNEXES.....	250

Remerciements

En préambule à ce manuscrit, je souhaiterais adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Je souhaite remercier en premier lieu mon directeur de thèse, Monsieur le Professeur Philippe Hartemann, directeur du laboratoire SERES « Service d'Etudes et de Recherches en Environnement et Santé », pour m'avoir accueillie au sein de son laboratoire. Je lui suis également reconnaissante pour sa disponibilité, ses qualités pédagogiques et scientifiques. Je lui adresse toute ma gratitude.

Je tiens à remercier Monsieur le Professeur Jean Louis Guéant, directeur de l'Unité Inserm U954, de m'avoir accueillie dans son laboratoire.

J'adresse mes remerciements les plus chaleureux à mon co-directeur de thèse, Monsieur le Docteur Alexis Hautemanière, Maître de Conférences de Santé Publique, environnement et société, pour m'avoir guidée tout au long de mon troisième cycle, pour tous les précieux conseils qu'il m'a donnés, pour la confiance qu'il m'a témoignée et sans qui ce travail n'aurait pas vu le jour. Merci très sincèrement de m'avoir proposé ce sujet de thèse.

J'adresse mes vifs remerciements à Monsieur le professeur Olivier Thomas et Monsieur le professeur Michel Velten pour avoir accepté d'être rapporteurs de ce travail. Je tiens également à remercier Monsieur Jacques Criquelion de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de thèse.

Je remercie sincèrement tous les membres de mon jury de thèse qui me font l'honneur de juger mes travaux de recherche.

Je tiens à remercier les financeurs du projet, la Direction de la Recherche et de l'Innovation CHU de NANCY, les laboratoires ANIOS de Lille et le laboratoire SERES, faculté de médecine, Nancy.

Je souhaite exprimer ma gratitude à Monsieur Jacques Criquelion et Madame Françoise Durand, laboratoires ANIOS, d'avoir encouragé et soutenu ce projet et de m'avoir accueillie au sein de leur entreprise. Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance pour m'avoir offert les moyens de présenter mes travaux dans des conférences internationales.

Mes plus vifs remerciements vont à Madame Virginie Bolle pour sa gentillesse et sa disponibilité.

J'adresse également mes sincères remerciements à toute l'équipe des laboratoires Anios.

Toute ma reconnaissance va à Madame le Docteur Lisiane Cunat, Il est difficile de trouver des qualificatifs assez forts pour souligner sa gentillesse, sa disponibilité et sa patience à prodiguer des conseils pertinents durant ces trois années de thèse. Merci pour votre aide et vos corrections.

Une pensée particulière à tous les membres du laboratoire SERES, qui m'ont tout de suite accueillie à bras ouverts, je n'oublierai jamais leur gentillesse et soutien dans les moments

difficiles, Annick Vanelle, Chantal Faye, Daniel Pauly, Magali Petitdidier. Philippe Buren et Jane Siess.

J'aimerais également remercier Melle Deblonde Tiphane, et Docteur Arnaud Florentin, Je ne peux pas oublier votre présence pendant ces trois années de thèse. Merci pour votre gentillesse et pour tous les moments qu'on a passés ensemble.

Je tiens à remercier Monsieur Yves Morelle et Monsieur Fabien Gerardin de l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour leur aide et leur formation sur les techniques de prélèvement d'air et pour m'avoir fourni les pompes de prélèvements. Merci pour votre disponibilité tout au long de ce travail.

Je remercie sincèrement toutes les personnes du CHU de Nancy qui ont accepté d'être volontaires au cours de notre étude pour leur disponibilité et leur gentillesse...sans vous, cette recherche n'aurait pu être poursuivie.

Mes dernières pensées iront à ma petite famille :

A mes parents, sans qui je ne serai jamais arrivée jusqu'ici. Merci d'avoir fait tous ces sacrifices pour me donner toutes les chances de réussir. Merci d'avoir toujours été présents dans les bons mais aussi dans les mauvais moments. Merci d'avoir toujours cru en moi, de m'avoir encouragée, soutenue et entourée d'amour. Aujourd'hui ma réussite est la vôtre. Je vous aime plus que tout au monde.

A ma sœur Sandra, pour son soutien tout au long de ce travail.

A mes chers frères, Nabil et Hakim.

A mes chères sœurs, Sonia, Randa et Yasmine.

A mon mari, pour ton soutien, ton amour, ta patience et ton aide.

A ma belle famille, pour leurs gentillesse et leurs soutiens dans les moments de stress.

Une toute dernière pensée à la mémoire de mes grands parents.

J'espère que tous ceux qui par leur présence, leur générosité, leur patience, leur soutien, leur accueil, ont cheminé avec moi, trouveront dans ces quelques lignes toute ma gratitude et mon amitié.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Formulation 1 préconisée par l'OMS	41
Tableau 2 : Formulation 2 préconisée par l'OMS	41
Tableau 3 : Valeurs limites d'exposition professionnelles à l'éthanol	47
Tableau 4 : Facteurs influençant l'état de la peau	62
Tableau 5: Les six grands types de peau selon la classification de Fitzpatrick	63
Tableau 6 : Le flux d'air au niveau des différentes zones du système respiratoire	71
Tableau 7 : Objectifs de l'étude DEESSES	83
Tableau 8: Méthodologie du déroulement de l'étude DEESSES dans sa globalité.....	87
Tableau 9 : Durée de travail des agents en milieu hospitalier	137
Tableau 10 : Synthèse de la population DEESSES validée pour évaluation à T0, T1, T2 ...	141
Tableau 11: Fréquence de travail le week-end et la nuit des agents participants à l'étude	142
Tableau 12: Caractéristiques et données médicales de la population DEESSES inclus à T1.....	143
Tableau 13: Pathologies déclarées par auto-évaluation à T1	145
Tableau 14: Environnement professionnel (T0 versus T1).....	147
Tableau 15: Pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA (T1).....	148
Tableau 16: Questions d'ordre sociologique (T0 versus T1)	150
Tableau 17: Durée de travail le week-end et la nuit des agents en milieu hospitalier (T2).....	157
Tableau 18: Fréquence de travail des agents participants à l'étude (T2).....	157
Tableau 19: Caractéristiques et données médicales de la population DEESSES inclus à T2.....	158
Tableau 20: Pathologies déclarées par auto-évaluation (T1 versus T2)	159
Tableau 21: Environnement professionnel (T1 versus T2).....	162
Tableau 22: Pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA (T1 versus T2).....	163
Tableau 23 : Questions d'ordre sociologiques (T1 versus T2).....	165
Tableau 24: Questionnaire gestuel (T0 - T1 - T2).....	169

Tableau 25: Mesures des paramètres biophysiques cutanées de la population DEESSES à T2.....	177
Tableau 26: Evolution de la consommation du SHA en grammes pendant 4 heures de travail en fonction des différentes catégories professionnelles du personnel soignant.....	185
Tableau 27: Evaluation DEESSES Prime à T2.....	187
Tableau 28: Evaluation DEESSES Seconde à T2.....	197

Liste des figures

Figure 1 : Les 5 indications de l'hygiène des mains	32
Figure 2 : Technique de friction des mains avec solution hydro-alcoolique	38
Figure 3 : Evolution de l'ICSHA au CHU de Nancy de 2007 à 2011	43
Figure 4 : Métabolisme de l'éthanol	52
Figure 5 : Structure de la peau	59
Figure 6 : L'appareil respiratoire	67
Figure 7 : Evaluation de la qualité de la friction des mains par la méthode de fluorescence.....	81
Figure 8 : L'étude DEESSES Prime	89
Figure 9 : Equipement d'un agent DEESSES Seconde avec la pompe Gilian	90
Figure 10a : Représentation schématique de la structure d'un filtre.....	90
Figure 10b : Photographie des filtres NIOSH	90
Figure 11 : Flowchart de l'étude DEESSES (T1).....	133
Figure 12 : Flowchart de l'étude DEESSES Prime (T1)	134
Figure 13 : Flowchart de l'étude DEESSES Seconde (T1)	134
Figure 14 : Flowchart de l'étude DEESSES (T2)	135
Figure 15: Flowchart de l'étude DEESSES Prime (T2)	136
Figure 16: Flowchart de l'étude DEESSES Seconde (T2)	137
Figure 17 : Latéralisation de la population DEESSES inclus à T1.....	138
Figure 18: Répartition de la population DEESSES inclus à T1 selon la classification de Fitzpatrick.....	139
Figure 19: Répartition de la population DEESSES inclus à T1 selon l'activité professionnelle.....	140
Figure 20: Répartition de la population DEESSES inclus à T1 selon le secteur d'activité professionnelle.....	141
Figure 21 : Latéralisation de la population DEESSES inclus à T2.....	154
Figure 22: Répartition de la population DEESSES inclus à T2 selon l'activité professionnelle.....	155

Figure 23: Répartition de la population DEESSES inclus à T2, selon le secteur d'activité professionnelle.....	156
Figure 24: Evolution de la consommation des SHA chez la population DEESSES	
Prime.....	184

Liste des travaux et communications scientifiques

- **Publications internationales**

- Hautemanière A, **Ahmed-Lecheheb D**, Cunat L, Hartemann P. Assessment of transpulmonary absorption of ethanol from Alcohol-Based Hand-Rub. *American journal of infection control*. 2013 Mar;41(3):e15-9. Epub 2013 Jan 16.

- Hautemanière A, Cunat L, **Ahmed-Lecheheb D**, Hajjard F, Gerardin F, Morele Y, Hartemann P. Assessment of ethanol vapours exposure released during Alcohol-Based Hand Rubs. *Journal of Infection and Public Health*. 2013 Feb;6(1):16-26. Epub 2012 Nov 24.

- Cunat L, **Ahmed-Lecheheb D**, Hartemann P, Hunter P R, Hautemanière A. Emergence of hand contamination with *Aspergillus* during demolition work. *American Journal of Infection Control*. 2013 Jan;41(1):83-5. Epub 2012 Jun 27.

- **Ahmed-Lecheheb D**, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A. Dermal and pulmonary absorption of ethanol from alcohol-based hand rub. *Journal of Hospital Infection*. 2012;81(1):31-5.

- **Ahmed-Lecheheb D**, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A. Prospective observational study to assess hand skin condition after application of alcohol-based hand rub solutions. *American Journal of Infection Control*. 2012;40(2):160-4.

- **Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Delayen E, Cunat L, Hartemann P.** Assessment of ethanol exposure of patient hospitalized to Alcohol-Based Hand-Rub Solutions used for hand disinfection by healthcare workers. American Journal of Infection Control. (soumis).

- **Publications en préparation**

- **Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A.** The evolution of hand rubs quality among healthcare workers for three years post-training on hand hygiene.

- **Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A.** Long term effects of professional exposure to ethanol-based hand-rubs used by several categories of healthcare workers.

- **Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A.** Can several alcohol-based hand-rub applications lead to change in hand skin condition?

- **Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Bezouich I, Cunat L, Hartemann P.** Assessment of skin and ring contamination after alcohol-based hand rub use and introduction of a specific gesture for ring disinfection.

- **Daval MC, Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hautemanière A.** Evolution à deux ans post formation de la qualité de la friction des mains avec une solution hydro-alcoolique.

- **Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P.** Influence of the healthcare workers aesthetic representations on the quality of hand hygiene.

- **Présentations à des congrès internationaux**

- **Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A.** Evaluation de l'exposition professionnelle à l'éthanol contenu dans les solutions hydro-alcooliques utilisées dans la lutte contre les infections nosocomiales. *Journée Hygiène Hospitalière « Les infections associées aux soins et l'évidence sur l'importance de l'hygiène des mains »*. Alger, Algérie. Octobre 2011.

- **Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Hajjar F, Daval MC, Cunat L, Hartemann P.** DEESSES project: Assessment of professional exposure to Ethanol-Based Hand Rub Solutions. Cairo, Egypt, October 2010.

- **Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Burnel D, Criquelion J, Hartemann P.** Skin tolerance assessment of healthcare workers after use of Alcohol-Based Hand-Rub Solutions (ABHRS). IFIC «*International Federation of Infection Control*» Vilnius (Lituanie), octobre 2009.

- **Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Burnel D, Criquelion J, Hartemann P.** Skin tolerance assessment of healthcare workers after use of Alcohol-Based Hand-Rub Solutions (ABHRS). FIS, Birmingham (UK), 2009.

- **Présentations à des congrès nationaux**

- **Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Hajjar F, Daval MC, Cunat L, Hartemann P.** DEESSES project : Évaluation de l'exposition professionnelle aux solutions hydro-

alcooliques utilisées pour la friction des mains. Journée Régionale d'Hygiène Hospitalière, Strasbourg, décembre 2010.

- Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Hajjar F, Daval MC, Cunat L, Hartemann P. DEESSES project : Évaluation de l'exposition professionnelle aux solutions hydro-alcooliques utilisées pour la friction des mains. ANIOS, Paris, Novembre 2010.

- Posters

- Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Bezouich I, Cunat L, Hartemann P. Assesment of skin and ring contamination after hand rubbing with alcohol solution and introduction of specific gesture for ring. IFIC «*International Federation of Infection Control*» Zagreb Croatia. 2012.

- Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Delayen E, Cunat L, Hartemann P. Assessment of ethanol exposure of patient hospitalized to Alcohol-Based Hand-Rub Solutions using for hand desinfection. IFIC «*International Federation of Infection Control*» Zagreb Croatia. 2012.

- Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A. Étude observationnelle prospective évaluant la tolérance cutanée des personnels soignants aux solutions hydro-alcooliques. *Congrès SFSP*. Lille, Novembre 2011.

- Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A. Prospective observational study to assess hand skin condition after application of Alcohol-Based Hand-

Rub Solutions. *ICPIC « International Conference on Prevention and Infection Control »*.
Geneva, Switzerland. July 2011.

- **Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A.** Etude de l'impact de facteurs individuels et professionnels sur l'alcoolémie plasmatique et le fonctionnement des enzymes du stress oxydant chez le personnel soignant utilisant des solutés hydro-alcooliques.
Congrès SFSP. Nantes 2009.

Liste des abréviations

ACGIH:	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ADH :	Alcool Déshydrogénase
AF NOR :	Association Française de Normalisation
AFSSAPS :	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé
AFSSET:	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
ALDH :	Acétaldéhyde Déshydrogénase
ANSES:	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ATP :	Adénosine TriPhosphate
CHU :	Centre Hospitalier et Universitaire
CoA :	Coenzyme A
CPG :	Chromatographie en Phase Gazeuse
CPP :	Comité de Protection des Personnes
CTIN	Comité Technique des Infections Nosocomiales
CTINLS	Comité Technique des Infections Nosocomiales et des Infection liées aux soins
DEESSES:	Description of the Exposure to Ethanolic Solutions and Epidemiological Survey
EDTA :	Acide Ethylène Diamine Tétraacétique
EOHH :	Equipe Opérationnelle d'Hygiène Hospitalière
ICALIN :	Indicateur composite des activités de lutte contre les infections nosocomiales
ICSHA :	Indice de Consommation de Soluté Hydro-Alcoolique
IN :	Infection Nosocomiale
INCHEM :	Site d'information sur la sécurité dans le milieu chimique
INRS :	Institut National de Recherche et de Sécurité
MAK :	Maximum Concentrations at the Workplace (Concentration Maximale d'une substance sous forme gazeuse)
MEOS :	Microsomal Ethanol Oxydizing System
Mn-SOD :	Superoxyde Dismutase à manganèse
MVE :	Moyenne des Valeurs d'Exposition
NAD :	Nicotinamide Adénine Dinucléotide
NADPH :	Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate
NIOSH:	National Institute for Occupational Safety and Health
NSP :	Ne Se Prononce pas
OMS :	Organisation mondiale de la santé
ORL:	Oto-Rhino-Laryngologie
PID:	Photoionization Detector
ppm :	Particules Par Million
RLO :	Radicaux Libres Oxygénés
SARM :	Staphylococcus Aureus Résistant à la Méricilline
SFHH :	Société Française d'Hygiène Hospitalière
SHA :	Solution Hydro-Alcoolique
SOD :	Superoxyde Dismutase
TNF α et β :	Tumor Necrosis Factor (Facteur de Nécrose Tumorale) α et β
VLCT :	Valeur Limite d'Exposition à Court Terme
VLEP :	Valeur Limite d'Exposition Professionnelle
VME :	Valeur Moyenne d'Exposition
XOC :	Xanthine Oxydase Catalase

Résumé

De nombreux travaux ont démontré que l'utilisation des SHA augmente l'observance du personnel hospitalier aux pratiques d'hygiène des mains et réduit le nombre d'infections nosocomiales. Cependant, la qualité de la friction avec les SHA a été rarement évaluée. Les risques d'intolérance cutanée peuvent influencer sur la qualité de friction. Un des objectifs de ce travail est d'évaluer la qualité de friction et la tolérance cutanée aux SHA sur le long terme. Lors d'une utilisation intensive en milieu hospitalier, les conséquences du passage systémique de l'alcool par pénétration cutanée ou par inhalation reste encore un sujet de débat, il existe un réel manque de données dans ce domaine. Le second objectif est d'évaluer l'exposition des professionnels de santé aux SHA, dans des conditions expérimentales au laboratoire, et dans les conditions réelles de travail en milieu hospitalier.

A cet effet, la quantification de l'éthanol dans l'air ambiant, en laboratoire a été mesurée en utilisant un détecteur Multi PID-2, et la méthode de piégeage des vapeurs de l'éthanol dans un tube rempli de charbon actif par pompage. En milieu hospitalier, un questionnaire a été administré tout les ans (pendant 3 ans) à des volontaires du CHU de Nancy tirés au sort, il décrit leur, identité, activité professionnelle, environnement de travail, utilisation des SHA et données médicales. L'évaluation de la qualité de friction a été réalisée en utilisant, comme critère de jugement principal, la superficie cutanée de la main dominante couverte par la SHA après avoir réalisé une friction. La tolérance cutanée a été évaluée par combinaisons des mesures de propriétés biophysiques de la peau (hydratation cutanée, pH de la peau et taux de sébum) et l'auto-évaluation. Afin de déterminer si une absorption (passage transcutanée et/ou inhalation par voie respiratoire) existe, des prélèvements sanguins et urinaires ont été réalisés avant et après 4 heures de travail. La concentration d'éthanol dans l'air expiré a été mesurée à l'aide d'un éthylotest. La concentration d'éthanol dans l'air inspiré a été mesurée par la méthode de pompage des vapeurs de l'éthanol.

Ce travail de thèse a démontré une baisse de la qualité de friction et du respect des préalables à l'utilisation des SHA à trois ans de la formation à l'utilisation des SHA. L'utilisation des SHA augmente l'hydratation de la peau et préserve la barrière transcutanée, et les SHA sont tolérées par le personnel soignant.

Les mesures réalisées en laboratoire, ont montré que l'exposition à l'éthanol lors de la manipulation des SHA est de brève durée mais à des concentrations importantes. La quantification de l'éthanol dans l'air ambiant d'une chambre de patient, durant huit heures d'utilisation intensive de SHA, a montré que le patient et le soignant sont exposés à la même quantité de vapeurs d'éthanol, cependant cette quantité est largement inférieure à la valeur limite d'exposition professionnelle française.

L'étude réalisée en milieu hospitalier, a montré que l'exposition des soignants aux SHA à court terme, ne conduit pas à une absorption décelable de l'éthanol et de ses métabolites. La quantification des vapeurs d'éthanol dans l'air inhalé, reste nettement inférieure aux valeurs limites réglementaires françaises. L'ensemble de ce projet se déroule sur 10 ans, il permettra de vérifier les possibles effets secondaires liés à l'utilisation des SHA sur le long terme.

Mots –clés : Infections nosocomiales, exposition aux solutions hydro-alcooliques, éthanol, tolérance cutanée, passage transcutanée, passage transpulmonaire.

Title: Assessment of professional exposure to ethanol content in alcohol-based hand-rubs used in the prevention of nosocomial infections.

Abstract

Previous studies have shown that the use of Alcohol-Based Hand Rubs (ABHRs) has been associated with increased hand hygiene compliance and reduced rates of nosocomial infections. However, the quality of hand rubbing with ABHRs has rarely been evaluated. The risk of cutaneous intolerance can affect the quality of hand hygiene. The first aim of this work is to evaluate the quality of hand rubbing and skin tolerance to ABHRs in the long term. The consequences of systemic passage of alcohol by inhalation or dermal absorption during intensive use of these products in hospitals remains a subject of debate, there is a real lack of data in this area. The second aim of our work is to assess the exposure of Healthcare Workers (HCWs) to ABHRs, under experimental conditions in the laboratory and under a real situation of work shift in hospital.

For this purpose, the quantification of ethanol in ambient air in the laboratory was measured using a detector Multi-PID 2, and the method of trapping ethanol vapours in a tube filled with charcoal by pumping air. In the hospital setting, a questionnaire was administered every year (for 3 years) to volunteers of the University Hospital of Nancy selected by random. They describe, their identity, work situation, working environment, medical data and ABHRs use. The quality assessment of hand rubbing was performed by using the skin surface of the dominant hand covered by the ABHR after hands rubbing. Skin tolerance was assessed by combinations of the skin biophysical properties (skin hydration, skin pH and rate of sebum) and HCWs self-assessment. To determine the transdermal and/or pulmonary ethanol absorption, blood and urine samples were collected before and after 4 hours of work shift. The ethanol concentration in the expired air was measured using a breathalyzer. The ethanol concentration in the inspired air was measured by the method of pumping ethanol vapours.

Our study demonstrated a decrease in the quality of hand rubbing and compliance prerequisites for ABHRs use. The use of these products increases skin hydration. ABHRs are well tolerated by HCWs and do not dry the skin.

The measurements made in the laboratory showed that exposure to ethanol during ABHRs handling is of short duration but at high concentrations. The quantification of ethanol in ambient air of a patient room for eight hours of ABHRs intensive use showed that the patient and HCW are exposed to the same amount of ethanol vapours. However this amount remains far inferior to the French guidelines for professional exposure limits to ethanol over 8 hours.

The hospital study showed that exposure of HCWs to ABHR at short term does not lead to detectable absorption of ethanol and its metabolites. Quantification of ethanol vapour in the inhaled air remains well below the levels known to be toxic in humans. The whole project takes place over 10 years; it will verify the potential side effects associated with the ABHRs use for a long-term.

Key words: Nosocomial Infections , Alcohol-Based Hand-Rubs exposition, Ethanol, Skin tolerance, Transcutaneous absorption, Transpulmonary absorption.

*« Au lieu de s'ingénier à tuer les microbes dans les plaies, ne serait-il pas plus raisonnable
de ne pas en introduire ».*

Louis Pasteur, Compte rendu de l'Académie des Sciences, 28 Avril 1878.

Introduction générale

L'utilisation des solutions hydro-alcooliques (SHA) pour la friction des mains a un rôle très important dans la lutte contre les infections nosocomiales liées au manuportage. L'augmentation de la consommation des SHA est l'un des objectifs du programme national de lutte contre les infections nosocomiales. Par conséquent, cela se traduit par une augmentation de l'exposition des personnels de santé à l'éthanol contenu dans ces produits hydro-alcooliques. L'exposition à l'éthanol contenu dans les SHA, chez le personnel soignant, peut se faire par passage transcutané ou par inhalation. Son métabolisme étant variable d'un individu à l'autre, le suivi de facteurs individuels et professionnels est important pour montrer le risque d'apparition d'effets secondaires éventuels dans un contexte d'exposition prolongée. L'objectif de ce travail est de rechercher quels sont les facteurs pouvant avoir un impact lors de l'exposition aux SHA chez les professionnels de santé et tester, en fonction de la consommation de SHA, divers paramètres biologiques quantifiant l'exposition et l'absorption d'éthanol.

L'étude DEESSES, constituée de 300 agents du CHU de Nancy tirés au sort parmi les 4925 agents préalablement formés à l'utilisation des SHA, a été utilisée pour répondre à un questionnaire, analyser la pratique de friction des mains et évaluer la tolérance cutanée aux solutions hydro-alcooliques.

L'étude DEESSES Prime porte sur 80 agents, issus de l'étude DEESSES, chez lesquels sont réalisés des prélèvements biologiques. L'exposition aux SHA a été mesurée en quantifiant les teneurs en alcool éthylique dans l'air expiré, le plasma et les urines.

L'étude DEESSES Seconde, se compose de 30 agents participant à l'étude DEESSES Prime, son objectif est de se focaliser sur l'exposition respiratoire à l'éthanol. Les participants sont

équipés d'un dispositif placé à proximité des voies respiratoires permettant de capturer et piéger les vapeurs d'éthanol. Cette méthode permet de quantifier les vapeurs d'éthanol dans l'air inhalé.

Selon le service hospitalier, la quantité journalière d'alcool manipulée est importante (évaluée entre 75,6 g/8h et 324 g/8h en service de soins et à 10,8 g pour une friction chirurgicale). Il est donc licite de prévoir les impacts de son utilisation en milieu professionnel et d'évaluer les effets à court et long termes de cette pratique à diffusion massive, afin de savoir si les moyens de lutte contre les infections nosocomiales ne représente pas un nouveau risque professionnel.

Dans un premier chapitre de ce travail de thèse, nous présenterons la problématique de la transmission des infections nosocomiales et les moyens de prévention de ces infections, en particulier, l'introduction de l'utilisation des solutions hydro-alcooliques pour la friction des mains. Une synthèse sur la définition, la composition et la consommation de ces produits en milieu hospitalier, notamment au CHU de Nancy, sera présentée.

Le deuxième chapitre expose la justification scientifique et la description générale de la recherche. Une synthèse bibliographique sur l'exposition aux SHA, incluant la définition, la toxicité et le métabolisme de l'éthanol sera présentée. Une attention particulière sera donnée aux deux principaux organes concernés par l'exposition (la peau et l'appareil respiratoire).

Dans le troisième chapitre, nous présenterons les objectifs de la recherche. Ensuite, nous répertorierons un résumé des bénéfices et des risques prévisibles et connus pour les personnes se prêtant à participer à l'étude. Nous détaillerons, par la suite, la conception et la méthodologie de l'étude.

Les résultats de ce travail seront présentés dans un chapitre intitulé étude expérimentale et publications. Ce chapitre est une exposition des principales publications scientifiques (publiées et soumises) des résultats de ce projet de recherche. Ce dernier est divisé en deux grandes parties. La première, concerne les essais réalisés au laboratoire sur l'exposition aux SHA dans des conditions purement expérimentales. La deuxième partie, concerne l'application des protocoles de recherche en milieu hospitalier, sur des volontaires, constitués de personnel soignant, tirés au sort, dans des conditions réelles d'utilisation des SHA en milieu professionnel.

Le dernier chapitre sera une discussion générale des résultats de ce travail. Dans cette partie, nous résumerons les principaux résultats, nous les discuterons, et nous donnerons les premiers éléments de réponse à la thématique abordée. Finalement, nous présenterons une conclusion générale sur les évaluations réalisées dans cette étude, incluant les perspectives d'évolution pour les travaux à venir sur l'exposition professionnelle à l'alcool éthylique contenu dans les solutions hydro-alcooliques.

I. Etat des connaissances

1. Les infections nosocomiales

1.1. Définitions

Infection : pénétration dans un organisme d'un agent étranger (bactérie, virus, champignon, parasite) capable de s'y multiplier et d'y induire des lésions pathologiques. L'infection peut s'accompagner de manifestations cliniques.

Nosocomial : vient du grec " nosos" maladie et de "komein" soigner, qui forment le mot nosokomeion, hôpital. Qualifie ce qui se contracte à l'hôpital.

Les infections nosocomiales (IN) sont les infections contractées dans un établissement de santé. Cette définition, issue des « 100 recommandations pour la surveillance et la prévention des infections nosocomiales » édité en 1999, a été actualisée en novembre 2006, par le Comité Technique des Infections Nosocomiales et des Infections Liées aux Soins (CTINILS), avec la participation de membres de la Commission Nationale des Accidents Médicaux et la consultation d'experts pluridisciplinaires.

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.

Les infections nosocomiales sont de deux types :

Les infections endogènes : Le patient est infecté par ces propres germes au cours de certains soins (actes chirurgicaux, sondage urinaire, injection sous cutanée, respiration artificielle,...).

Les infections exogènes : Le patient est infecté par des germes provenant d'autres personnes (personnel soignant, autre malade, visiteur) ou de l'environnement. On parle d'infections croisées. Ces dernières sont soit des infections croisées transmises d'un malade à un autre, soit des infections provoquées par les germes du personnel porteur, soit des infections liées à la contamination de l'environnement hospitalier.

1.2. Causes des infections nosocomiales

Pour développer une infection nosocomiale, trois éléments doivent être réunis, un agent infectieux, un mode de transmission et un sujet réceptif. Il existe plusieurs facteurs favorisant ce développement, tels que, le comportement du personnel hospitalier qui parfois sous-estime le risque et la mobilité des patients (fréquemment transférés d'un établissement ou d'un service à un autre). Cependant, la cause majeure est le manque d'hygiène.

1.3. Fréquence des infections nosocomiales

L'enquête nationale de prévalence 2006 a documenté les caractéristiques de 358 353 patients dans 2 337 établissements. Avec une couverture globale représentant 95% des lits

d'hospitalisation en France, elle est proche de l'exhaustivité et constitue la plus importante enquête de ce type jamais réalisée. Cette forte participation autorise une description précise des caractéristiques un jour donné des patients hospitalisés, des dispositifs invasifs auxquels ils sont exposés, et de leurs éventuelles IN. Elle constitue une référence utile pour identifier les infections les plus fréquentes et les groupes de patients les plus exposés au risque nosocomial, et prioriser les mesures de prévention tant au niveau local que national. Il s'agissait d'une enquête de prévalence un jour donné, incluant tous les services d'hospitalisation complète et tous les patients hospitalisés depuis au moins 24 heures (1).

Le jour de l'enquête 2006, la prévalence de patients infectés est de 4,97% et la prévalence des IN est de 5,38%. La comparaison de la prévalence entre 2001 et 2006, au sein des établissements ayant participé aux deux enquêtes, et sur la base des mêmes définitions pour les 2 enquêtes, montre que la prévalence des patients infectés a diminué de 8 % (2).

L'application des règles d'hygiène est le premier moyen de lutte contre ces infections.

Ces règles s'appliquent à trois niveaux :

- L'hygiène des mains du personnel soignant
- L'asepsie lors des soins
- La sécurité de l'environnement du patient

1.4. Prévention des infections nosocomiales

La prévention des infections nosocomiales nécessite un programme intégré, contrôlé, dont les éléments clés sont les suivants (3) :

- Limiter la transmission d'agents microbiens de patient à patient pendant les activités de soins directs par une hygiène des mains adéquate et le port de gants, et en observant des pratiques et stratégies d'asepsie, d'isolement, de stérilisation, de désinfection et de nettoyage appropriés du linge et des instruments.
- Maîtriser les risques infectieux liés à l'environnement.
- Protéger les patients par l'usage approprié d'anti-infectieux à titre prophylactique, par l'alimentation et par les vaccinations.
- Limiter le risque d'infection endogène par la réduction des gestes invasifs et par la promotion d'un usage optimal des anti-infectieux.
- Surveiller les infections, identifier et maîtriser les flambées.
- Assurer la prévention des infections chez les membres du personnel.
- Renforcer les pratiques de soins et assurer la formation continue du personnel.

L'hygiène des mains est la première des actions à entreprendre pour prévenir la transmission des germes et le développement des infections nosocomiales (4, 5).

1.4.1. Etat des lieux de l'hygiène des mains du personnel soignants

L'absence d'hygiène des mains est à l'origine de la majorité des transmissions de divers micro-organismes, aussi bien ceux présents sur la peau saine que ceux récoltés au gré de multiples activités qu'il s'agisse ou non de situations de soins dans l'environnement ou à partir des patients.

Le lavage des mains est assuré par plusieurs techniques complémentaires qui visent à rompre la chaîne de transmission manuportée des micro-organismes.

Les réservoirs de micro-organismes sont constitués par les ongles longs, les faux ongles, le vernis à ongles, les bijoux, les manches longues. C'est autour et sous les ongles que se

concentrent les populations bactériennes (6). Les ongles longs ainsi que les faux ongles, peu accessibles au lavage, doivent être proscrits. Les vernis à ongles colorés, obscurcissent les espaces sous unguéaux, peuvent masquer les souillures et doivent être évités.

L'hygiène des mains constitue une arme simple mais efficace et capitale pour la prévention de la transmission par manuportage des agents infectieux.

1.4.2. La flore cutanée

La flore cutanée est divisée en deux groupes principaux, incluant la flore **permanente** composée de germes et bactéries dont le nombre et la composition sont stables dans le temps et la flore **transitoire** provenant de l'environnement extérieur (7).

a. La flore résidente (permanente) est un ensemble de micro-organismes existant en permanence sur la peau. Les germes tels que : staphylocoques à coagulase négative, corynébactéries, levures... vivent et se multiplient dans la couche superficielle de la peau des sujets sains (8). Le pouvoir pathogène de ces microbes est faible sauf s'ils sont introduits par effraction dans l'organisme (plaie, effraction chirurgicale, mise en place d'un cathéter...). Les germes résidents sont difficilement éliminés par le lavage ou même par un brossage intense. C'est le lavage ou la friction chirurgical des mains qui diminue le plus la flore résidente.

b. La flore transitoire est constituée de micro-organismes présents sur la couche cornée de la peau par « accident », cette flore étant acquise au contact de personnes ou des surfaces touchées au cours des gestes quotidiens.

Ces micro-organismes ne s'y multiplient pas. *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter*, *Pseudomonas aeruginosa*... sont des micro-organismes manuportés et leur diminution est l'objectif de l'hygiène des mains. Toutefois, s'il est facile de réduire leur

concentration par un lavage simple, leur élimination nécessite un lavage antiseptique ou une friction hygiénique des mains avec SHA (8).

1.4.3. Techniques de lavage des mains

On distingue plusieurs types de lavage ou de désinfection des mains. Le choix de la technique va dépendre du niveau de salissure des mains, du niveau de risque infectieux du geste qui va être ou qui a été réalisé et des équipements disponibles sur le lieu des soins.

- **Lavage simple des mains**

Opération ayant pour but d'éliminer les salissures et de réduire la flore transitoire par action mécanique, en utilisant de l'eau et du savon.

- **Lavage hygiénique des mains et traitement hygiénique des mains par frictions**

Opération ayant pour but d'éliminer ou de réduire la flore transitoire, par lavage ou par friction, en utilisant un produit désinfectant.

- **Désinfection chirurgicale des mains par lavage**

Opération ayant pour but d'éliminer la flore transitoire et de réduire la flore résidente de façon prolongée, par lavage chirurgical ou par désinfection chirurgicale par friction en utilisant un produit désinfectant ou par l'association d'un lavage simple et d'une friction chirurgicale.

1.4.4. Indications à l'hygiène des mains

Les indications à l'hygiène des mains ont été précisées dans les recommandations de l'OMS (5, 9) portant aussi bien sur les moments où l'hygiène des mains doit être réalisée, que sur le choix de la techniques adaptée. Ces recommandations sont présentées aux professionnels

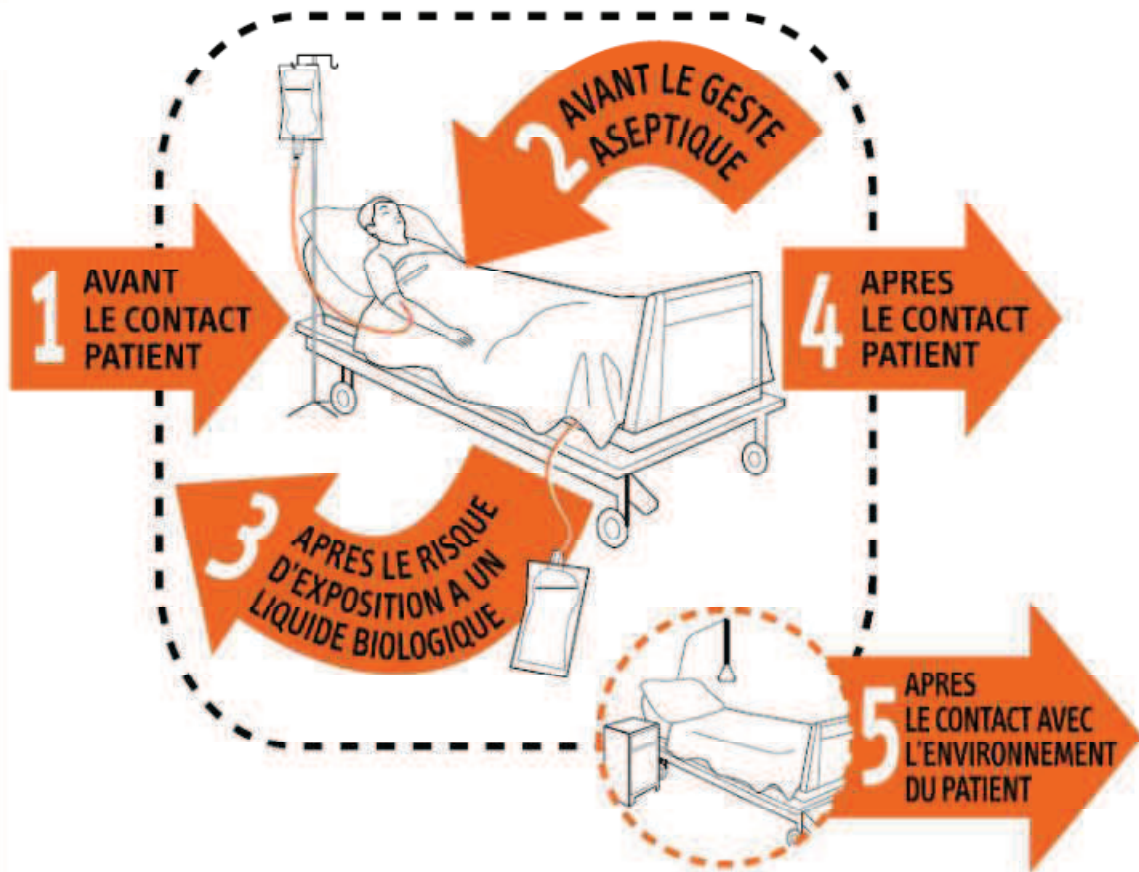
soignants sous forme de cinq indications, concernent tout professionnel en contact avec le patient. Elles s'articulent autour de chaque patient et d'un espace autour du patient et sont logiquement intégrées à l'administration des soins (10). Elles sont basées sur l'évidence en matière de transmission des germes par les mains et lorsqu'elles s'appliquent, elles permettent, dans la mesure où l'hygiène des mains est réalisée, de préserver le patient et le soignant de la contamination et de l'infection, et de limiter la dissémination des germes dans l'environnement. Les indications à l'hygiène des mains sont les suivantes :

1. Avant de toucher un patient
2. Avant un geste aseptique
3. Après un risque d'exposition à un liquide biologique
4. Après avoir touché un patient
5. Après avoir touché l'environnement d'un patient.

Deux de ces cinq indications, s'appliquent avant un contact ou une procédure de soins, les trois autres s'appliquent après un contact ou une exposition à des liquides biologiques. Les indications «Avant» soulignent la nécessité de prévenir tout risque de transmission microbienne au patient. En revanche, les indications «Après» visent à prévenir les risques de transmission microbienne au personnel soignant et dans l'environnement de soins (c'est-à-dire aux autres patients, à leurs environnements respectifs et à l'environnement de soins) (11).

Les cinq indications sont illustrées dans la figure suivante (Figure 1) (9).

Les 5 indications à L'HYGIENE DES MAINS



1 AVANT LE CONTACT PATIENT	QUAND ? Le professionnel pratique l'hygiène des mains lorsqu'il s'approche du patient pour le toucher POURQUOI ? Pour protéger le patient des germes transportés par les mains du professionnel
2 AVANT LE GESTE ASEPTIQUE	QUAND ? Le professionnel pratique l'hygiène des mains immédiatement avant d'exécuter un geste aseptique POURQUOI ? Pour protéger le patient de l'inoculation de germes y compris ceux provenant de son propre corps
3 APRES LE RISQUE D'EXPOSITION A UN LIQUIDE BIOLOGIQUE	QUAND ? Le professionnel pratique l'hygiène des mains immédiatement après avoir été exposé potentiellement ou effectivement à un liquide biologique POURQUOI ? Pour protéger le professionnel et l'environnement de soins des germes
4 APRES LE CONTACT PATIENT	QUAND ? Le professionnel pratique l'hygiène des mains immédiatement lorsqu'il quitte le patient après l'avoir touché POURQUOI ? Pour protéger le professionnel et l'environnement de soins des germes
5 APRES LE CONTACT AVEC L'ENVIRONNEMENT DU PATIENT	QUAND ? Le professionnel pratique l'hygiène des mains lorsqu'il quitte l'environnement du patient après avoir touché des surfaces et objets - même sans avoir touché le patient POURQUOI ? Pour protéger le professionnel et l'environnement de soins des germes

Figure 1: Les 5 indications de l'hygiène des mains (9)

2. Place des solutions hydro-alcooliques dans l'hygiène des mains

L'intérêt du lavage des mains dans la prévention de la transmission des agents infectieux est connu depuis de nombreuses années, cependant son application reste trop souvent insuffisante. Différentes raisons sont alors invoquées : intolérance aux savons, manque de temps, absence de point d'eau...

Ce constat incite à promouvoir de nouvelles techniques d'hygiène des mains, comme la technique de désinfection des mains avec un produit hydro-alcoolique.

Cette technique de friction des mains avec un produit à forte teneur en alcool (solution ou gel hydroalcoolique) permet une hygiène des mains rapide, même en l'absence de point d'eau à proximité du lieu de soin comme au domicile du patient ou en situation d'urgence. Son utilisation a été recommandée par le Comité Technique des Infections Nosocomiales (CTIN) dans un avis rendu le 5 décembre 2001 (12).

Son utilisation a fait l'objet d'une campagne d'information lors de la journée nationale de l'hygiène des mains par le Ministère de la Santé le 23 mai 2008 (13).

Il est prouvé que la friction hydro-alcoolique est la méthode la plus efficace en termes d'élimination de la flore portée sur les mains (14, 15). Les principes actifs (alcools) de ces produits hydro-alcooliques ont une excellente activité *in vitro*, bactéricide y compris sur les Bactéries Multi-Résistantes aux antibiotiques (*Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline (SARM)), fongicide et virucide sur les virus enveloppés (virus herpès simplex, HIV, virus de la grippe, virus respiratoire syncytial, virus de l'hépatite B et à degré moindre sur les virus nus. La réduction de la contamination des mains quelque soit le produit testé, est toujours supérieure à celle d'un lavage des mains même effectué avec un savon antiseptique à temps de contact égal. Les produits choisis doivent répondre à des normes bien définies.

Le respect de ces normes, avec le temps de friction qui y est associé, est repris dans la liste positive des antiseptiques et désinfectants éditée chaque année, jusqu'au 2009, par la SFHH (16), outil d'aide pour le choix, par les professionnels de santé, d'un produit hydro-alcoolique.

2.1. Recommandations de l'OMS dans le milieu médical

L'OMS, avec son programme « Save lives, clean your hands » a recommandé en 2009 l'utilisation de SHA dans le monde en avançant les arguments suivants (15) :

- L'efficacité des SHA est prouvée : leur action est rapide et ils possèdent un large spectre d'activité avec un faible risque de résistance.
- Le procédé de friction hydro-alcoolique est pratique, ce qui permet une amélioration de l'observance dans le domaine de l'hygiène des mains. Le temps passé pour réaliser les gestes d'hygiène des mains, facteur déterminant de l'observance, a pu être réduit de l'ordre de 80% en implantant la technique de friction par SHA (17).
- L'emploi des SHA est possible dans des zones reculées du monde où l'accès à l'eau est difficile.
- L'utilisation de SHA est mieux acceptée et mieux tolérée que les autres produits d'hygiène des mains.
- Le coût de production d'un SHA est faible. L'OMS propose 2 formulations dont elle a évalué le coût global de production entre 0,30 \$ et 0,50 \$ les 100 mL.

Dans le milieu médical, l'OMS recommande de privilégier l'utilisation de SHA pour la désinfection hygiénique des mains lorsque celles-ci sont visiblement propres. Mais il faut tout de même avoir recours au lavage à l'eau et au savon lorsque les mains sont visiblement sales, ou souillées avec du sang ou d'autres liquides organiques. En cas d'exposition suspectée ou avérée à des spores pathogènes, tels que *Clostridium difficile*, le lavage des mains avec de

l'eau et du savon reste la méthode à privilégier car les SHA n'ont pas d'action sporicide, c'est pour cela, et uniquement dans ce cas, qu'il est préconisé un lavage à l'eau et au savon, suivi, sur des mains bien séchées, d'une friction aux SHA (bactéricide).

2.2. Introduction des solutions hydro-alcooliques à l'hygiène des mains

Les études comparant l'efficacité du lavage des mains et du traitement hygiénique par friction hydro-alcoolique au cours des soins ont montré que les mains restaient contaminées par une flore transitoire après lavage au savon doux. Par contre, cette contamination était absente lorsque les mains avaient été traitées par une solution hydro-alcoolique (18, 19). C'est ainsi que certaines études (20) ont trouvé qu'à temps de contact égal, la réduction de la contamination des mains, quel que soit le type de SHA testée, est toujours supérieure à celle d'un lavage des mains avec un savon antiseptique ou un savon doux. Une autre étude a confirmé ces résultats, en montrant que le traitement hygiénique par friction hydro-alcoolique avait une efficacité supérieure à celle d'une désinfection des mains de 30 secondes (21).

D'autres travaux sont en faveur de l'utilisation des SHA par rapport aux savons doux, y compris en présence de bijoux (22) ou de faux ongles (23). La durée de lavage des mains aussi est importante. Ainsi, un lavage de 30 secondes permet l'élimination de la flore transitoire (24).

Pour le volume de SHA à utiliser pour la friction, il a été démontré que 2,4 ml étaient suffisants pour couvrir les mains dans la quasi-totalité des tests, mais qu'un volume de 3,6 ml était plus efficace pour la réduction des micro-organismes (25). En termes de durée, l'efficacité microbiologique d'une friction pendant 15 secondes était inférieure à celle de 30 secondes (26). Il est donc fortement recommandé d'effectuer une friction hydro-alcoolique en

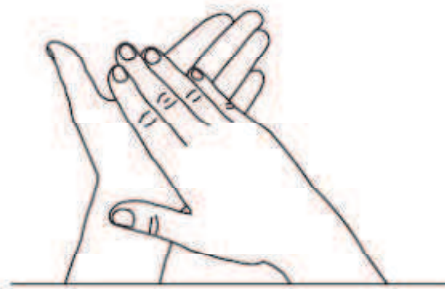
remplacement du lavage des mains au savon doux ou au savon antiseptique, et cela en l'absence de souillure visible sur les mains (16). En effet pour être efficace, la friction hydro-alcoolique requiert l'absence de souillures organiques qui inactiveraient leur principe actif (27). Elle doit être réalisée sur des mains macroscopiquement propres et sèches (9, 28). Le lavage au savon et à l'eau est préconisé pour l'hygiène des mains lorsque les mains sont visiblement souillées ou si le produit pour la friction hydro-alcoolique n'est pas disponible. La Société Française d'Hygiène Hospitalière (SFHH) recommande de ne plus utiliser les savons antiseptiques en établissement de soins, sauf pour les soins aux patients (préparation avant une intervention chirurgicale). Le savon doux et la solution hydro-alcoolique permettent de répondre à toutes les situations nécessitant l'hygiène des mains au cours des soins (28). La figure suivante montre les différentes étapes de réalisation de la friction des mains avec SHA (Figure 2) (28).

Il existe une troisième technique spécifique pour l'hygiène des mains qui concerne la préparation des mains à la chirurgie. Cette technique est une combinaison des deux techniques précédentes. Elle peut s'effectuer par lavage au savon antiseptique et à l'eau ou par friction hydro-alcoolique (9). Dans ce dernier cas de figure, un lavage simple des mains au savon ordinaire précède la préparation des mains à la chirurgie par friction hydro-alcoolique. Les actes chirurgicaux peuvent être enchaînés les uns après les autres sans nécessairement appliquer un nouveau lavage des mains (sauf indication de cette technique), mais pour autant que la friction hydro-alcoolique pour la préparation des mains à la chirurgie soit renouvelée entre chaque intervention. Après l'acte chirurgical et le retrait des gants, il est donc indiqué de frictionner les mains avec le produit hydro-alcoolique selon la technique de routine et en cas de contact avec un liquide biologique sur la peau, de résidus de talc, le lavage des mains au savon et à l'eau s'impose (9).

Une autre approche de cette technique pour la préparation des mains à la chirurgie a été décrite par la SFHH et désignée : «Technique de désinfection chirurgicale par frictions des mains » (28). Cette désinfection chirurgicale par friction des mains associant le lavage et la friction hydro-alcoolique des mains se réalise en deux étapes en combinant les deux techniques.

Les indications de la préparation des mains à la chirurgie sont celles relatives aux interventions chirurgicales et tous les gestes pour lesquels une désinfection de type chirurgical est requise, tels que les gestes d'obstétrique, de radiologie interventionnelle, de pose de cathéter central ou rachidien, de ponction amniotique, d'insertion de drain pleural.

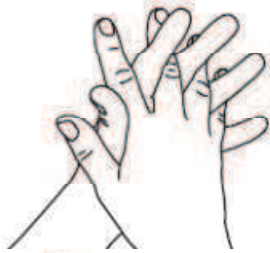
La friction est réalisée en 7 points et renouvelée autant de fois que possible dans la durée impartie.
Cette durée sera d'au moins 20 secondes et à définir en fonction du produit.



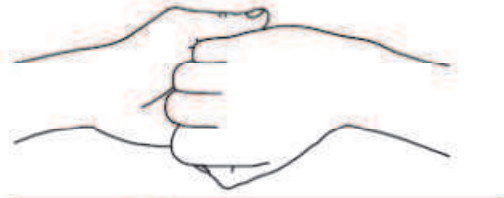
1 Paume sur paume
Désinfection des paumes



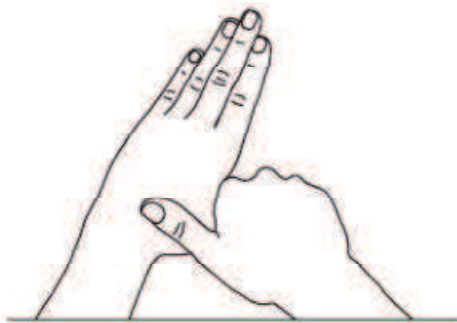
2 Paume sur dos
Désinfection des doigts
et des espaces interdigitaux



3 Doigts entrelacés
Désinfection des espaces
interdigitaux et des doigts



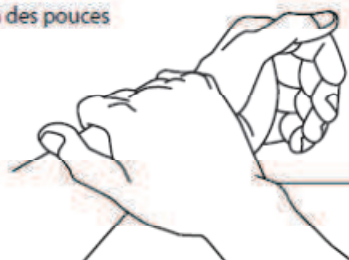
4 Paume/doigts
Désinfection des doigts



5 Pouces
Désinfection des pouces



6 Ongles
Désinfection des ongles



7 Poignets

Figure 2 : Technique de friction des mains avec solution hydro-alcoolique (28)

2.3. Composition des solutions hydro-alcooliques

Les produits hydro-alcooliques peuvent être soit des solutions, soit des gels. Ils sont composés d'une certaine concentration d'alcool associée à des agents hydratants. Un désinfectant peut compléter la formule afin d'élargir le spectre d'activité du produit.

La liste positive des désinfectants, mise à jour par la SFHH, nous indique les substances actives que l'on retrouve dans les SHA :

- Alcools : éthanol, 1-propanol a, 2-propanol b, phénoxyéthanol, aminométhylpropanol.
- Antiseptiques : gluconate et digluconate de chlorhexidine, chlorure de benzalkonium, polyvidone, triclosan, huiles essentielles...

Des substances hydratantes complètent la formule, mais elles ne font pas partie des substances actives. On citera par exemple la glycérine, l'extrait d'aloé véra, le panthénol (ou provitamine B5), le bisabolol...

2.3.1. Le rôle des alcools

Les produits utilisés pour la friction hygiénique des mains contiennent soit de l'éthanol, soit du propanol, soit un mélange des deux. L'éthanol est un alcool à deux atomes de carbone alors que le propanol en possède 3. Ce dernier se présente sous la forme de 2 isomères : le 1-propanol et le 2-propanol ou isopropanol. Les concentrations d'alcool dans les SHA sont généralement exprimées en pourcentage par volume (% v/v).

De l'alcool dénaturé peut également être utilisé, afin que le goût et l'odeur du produit ne soit pas appétant. L'activité désinfectante des alcools est due à leur capacité à dénaturer les protéines. Les solutions contenant entre 60 et 80% d'alcool sont les plus efficaces. Les

concentrations supérieures à 80% sont moins efficaces, car les protéines sont moins facilement dénaturées en l'absence d'eau.

2.3.2. Antiseptique associé

L'antiseptique le plus fréquemment associé à l'alcool est la chlorhexidine. L'association des deux composés allie en effet la rapidité d'action de l'alcool et la rémanence élevée de la chlorhexidine (29). Il existe des SHA qui associent à l'alcool un ammonium quaternaire, le triclosan, ou le peroxyde d'hydrogène (29).

2.3.3. Les émoullients

Un usage fréquent des SHA pour l'hygiène des mains peut causer une sécheresse de la peau, à moins qu'un émoullient ou produit similaire soit ajouté à la formulation de la solution de friction en vue de protéger la peau des mains (30). Il existe, sur la base d'études scientifiques, la preuve d'une meilleure tolérance des SHA et des produits désinfectants lorsqu'ils contiennent des émoullients (28) ou autres additifs cosmétiques (31). L'effet de dessèchement de l'alcool peut être ainsi réduit ou éliminé en y ajoutant 1% à 3% de glycérol (30). La présence d'un émoullient est indispensable pour garantir un bon état cutané et favoriser ainsi l'observance de la méthode de friction hydro-alcoolique des mains (29). Ainsi, dans plusieurs études, des solutions hydro-alcooliques ou des gels contenant des émoullients ont causé moins d'irritation ou de sécheresse de la peau par rapport aux détergents antimicrobiens testés (32). Les principaux émoullients utilisés sont la glycérine, l'alcool myristique, la triéthanolamine, l'hydroxyurée, la diméthicone (huile de silicone) (29).

2.3.4. L'eau

L'action de l'alcool est d'autant plus grande qu'il est en présence d'eau. En effet, il a été prouvé dès le début du XX^{ème} siècle que les préparations contenant 50 à 70% d'alcool étaient plus efficaces que celles contenant 95% d'alcool (33).

2.4. Formulations préconisées par l'OMS

L'OMS a réalisé un guide qui donne les clés pour la fabrication d'une solution ou produit hydro-alcoolique (PHA) de base (34). Son efficacité est garantie par le respect de la norme EN 1500 (35), et la tolérance cutanée est bonne grâce à la présence de glycérine. Les formules sont simples, car elles doivent pouvoir être reproduites dans le monde entier à moindre frais.

Tableau 1 : Formulation 1 préconisée par l'OMS

Pour produire 1 litre d'un PHA dont les concentrations finales (en v/v) sont 80% d'éthanol, 1.45% de glycérine et 0.125% de peroxyde d'hydrogène	
Ethanol 96% v/v	833.3 mL
Glycérine 98%	14.5 mL
Peroxyde d'hydrogène 3%	41.7 mL
Eau distillée	Quantité suffisante pour 1000 mL

Tableau 2 : Formulation 2 préconisée par l'OMS

Pour produire 1 litre d'un PHA dont les concentrations finales (en v/v) sont 75% de 2-propanol, 1.45% de glycérine et 0.125% de peroxyde d'hydrogène	
2-propanol (99.8% de pureté)	751.5 mL
Glycérine 98%	14.5 mL
Peroxyde d'hydrogène 3%	41.7 mL
Eau distillée	Quantité suffisante pour 1000 mL

2.5. Indicateur de consommation des solutions hydro-alcooliques (ICSHA)

L'indicateur de consommation des solutions hydro-alcooliques, ICSHA (Indicateur de volume de produits hydro-alcooliques consommé) (36) est le deuxième indicateur du tableau de bord après l'indicateur composite des activités de lutte contre les infections nosocomiales (ICALIN). C'est un marqueur indirect de la mise en œuvre effective de l'hygiène des mains dans le cadre de la prévention des infections nosocomiales (37, 38). Il permet d'apprécier la mise en œuvre par les professionnels soignants des recommandations de pratiques de prévention. L'ICSHA, exprimé en pourcentage, est le rapport entre le volume de produits hydro-alcooliques consommé réellement par l'établissement et son objectif personnalisé de consommation vers lequel les établissements doivent tendre. Celui-ci est déterminé à partir d'un référentiel national prenant en compte les différents types d'activités (réanimation, chirurgie, long séjour...). Les établissements sont répartis en **5 classes** de performance de **A à E** : Selon l'atteinte de l'objectif personnalisé (en pourcentage), des classes de résultats de A à F ont été définies:

$$\mathbf{E} < 10\% \leq \mathbf{D} < 30\% \leq \mathbf{C} < 70\% \leq \mathbf{B} < 90\% \leq \mathbf{A}$$

La classe **A** correspond aux établissements qui ont atteint plus de 90% de leur objectif. La classe **E** correspond aux établissements qui ont atteint moins de 10% de leur objectif. Les classes **B**, **C** et **D** correspondent à des établissements en situations intermédiaires. La classe **F** regroupe les établissements pour lesquels les données ne sont pas disponibles.

L'indicateur ISCHA a connu en 2009 une évolution importante dans son calcul. Cette évolution introduit le nombre de consultation, le nombre d'intervention chirurgicale et le nombre de passage aux urgences. De même, les quantités attendues par service ont été révisées également. La conséquence de ces modifications est que l'indicateur avant 2009 ne peut pas être comparé à après 2009.

2.6. Les solutions hydro-alcooliques au CHU de Nancy

Au CHU de Nancy, les SHA ont été introduits en 2004. Le premier produit référencé a été STERILLIUM[®] (principes actifs : ammonium quaternaire et propanol).

En 2007, STERILLIUM[®] a été remplacé après renouvellement du marché par ANIOS GEL[®] (principe actif : éthanol).

2.7. L'Indice de Consommation des Solutions Hydro-Alcooliques au CHU de Nancy (2007– 2011)

Les valeurs de l'ICSHA au CHU de Nancy sont passées de 29,3L/1000 jours d'hospitalisation en 2007 à 48,8L/1000 jours d'hospitalisation en 2009 (démarrage de notre étude).

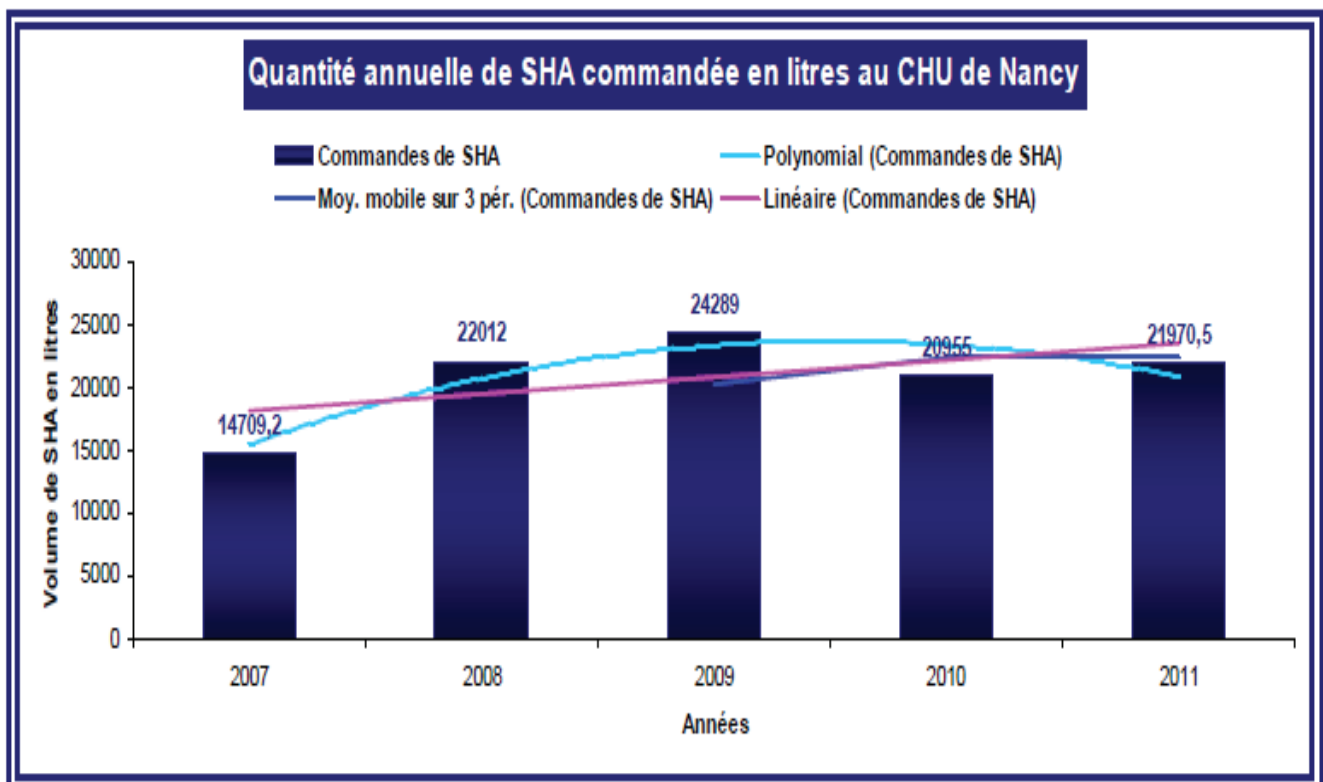


Figure 3 : Evolution de l'ICSHA au CHU de Nancy de 2007 à 2011

II. Etude bibliographique et justification scientifique de la recherche

1. Exposition professionnelle à l'éthanol

1.1. Augmentation de l'exposition professionnelle à l'éthanol chez les agents hospitaliers

Afin d'augmenter la compliance de lavage de mains (39, 40), l'utilisation des solutions hydro-alcooliques (SHA) a été incitée dans les établissements de santé (campagne incitative et explicative, programme de formation des agents hospitaliers, installation de distributeurs). D'ailleurs l'un des objectifs du programme national de lutte contre les infections nosocomiales 2005-2008 (41) puis 2009-2012 (42) était l'augmentation de la consommation des SHA, et l'indicateur ICSHA (Indice de Consommation de Soluté Hydro-Alcoolique) faisait partie des indicateurs retenus dans le tableau de bord du suivi du programme national. L'utilisation des SHA présentant de nombreux avantages par rapport aux savons doux et savon antiseptiques (efficacité microbiologique, gain de temps, facilité de mise en œuvre sans nécessité d'installation particulière, tolérance cutanée améliorée), le personnel hospitalier utilisait 6 fois plus de SHA dès le début du programme en 2007 par rapport à 2006.

Au début de notre étude et au regard de l'augmentation prévisible de la consommation des SHA au cours des années suivantes, nous pouvons considérer que le personnel soignant allait être exposé de façon croissante à l'éthanol.

1.2. Connaissances actuelles sur l'exposition à l'éthanol contenu dans les SHA

En milieu hospitalier, l'exposition professionnelle à l'éthanol peut se faire par passage transcutané ou par inhalation et nullement par ingestion.

1.2.1. Exposition par voie cutanée

La quantité d'alcool manipulé par un agent hospitalier est très variable, elle peut être évaluée :

- Dans un service de soins, à 40 frictions hygiéniques de 3 mL de SHA (80% alcool p/vol) ce qui donne une valeur d'éthanol manipulée de 96,0 g/jour.

- Dans un service de réanimation avec 120 frictions/jour, on obtient 288 g/jour d'éthanol.

- Une friction chirurgicale expose l'agent à 9,6 g/intervention.

Si le nombre d'utilisations peut être observé, le nombre d'opportunités par jour n'est pas connu : il n'y a pas de référentiels qui puissent établir ce nombre selon les établissements, les services, ou la charge en soins. Dans les services de réanimation, le nombre d'opportunité peut atteindre 56 utilisations/jour soit 168 mL SHA/jour (43) voire de 80 à 480 utilisations/jour soit 240 à 1440 mL SHA/jour (44, 45, 46, 47). Un service de réanimation en néonatalogie peut compter entre 40 et 70 utilisations /jour soit 120 à 210 mL SHA/jour. Selon les services, le nombre d'opportunité de lavage des mains apparait élevé, la quantité de SHA et donc d'éthanol manipulée est importante, l'exposition du personnel hospitalier n'est pas négligeable et nécessite d'être évaluée.

Quelques études se sont intéressées à l'absorption transcutanée de l'éthanol contenu dans les SHA, mais les résultats restent controversés.

Deux études de Miller et al, réalisées en 2006 (48, 49), traitent de l'absorption transcutanée de l'éthanol contenu dans les SHA mais le taux sanguin reste inférieur à la limite de détection. Ces deux études tendraient à prouver que l'éthanol ne passe que très peu par la barrière cutanée. Cependant, la variabilité interindividuelle (sexe, âge, type de peau, lésions cutanées...) n'a pas été prise en compte et pourrait influencer le passage transcutané.

D'autres études (50) s'interrogeant sur le dépistage de l'alcoolémie au volant après utilisation de SHA ont montré que l'éthanol était détectable dans l'air expiré chez 6 sujets (1 à 2 minutes après l'exposition) et dans le sang de 2 sujets (5 à 7 minutes après l'exposition).

En cas de lésions cutanées, peu compatibles avec l'utilisation de SHA, Akomeah *et al* (51) montrent que, pour un substrat particulier, l'absorption peut être majorée, avec un passage transdermique multiplié au maximum par un facteur 50.

1.2.2. Exposition par voie respiratoire

Il existe un manque de données dans la littérature, sur la fraction d'éthanol inhalée, lors de la pratique de friction hygiénique des mains avec les SHA. La demi-vie d'évaporation de l'éthanol sur la peau étant de 12 secondes (52, 53). L'exposition à l'éthanol est par conséquent réglementée dans l'industrie, avec une Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP) sur 8 heures de 1950 mg.m⁻³. Le tableau 3, montre les VLEP établies pour l'éthanol selon les pays (54). La valeur limite d'exposition à court terme (VLCT) est la concentration maximale pouvant être atteinte pendant 15 minutes au maximum. Elle permet de prévenir l'apparition d'effets aigus. La valeur limite de moyenne d'exposition (VME) est la concentration moyenne maximale admissible, pondérée pour huit heures par jour de travail, dans les limites du respect de la VLCT. Elle vise à prévenir l'apparition d'effets chroniques de toxicité.

Tableau 3 : Valeurs limites d'exposition professionnelles à l'éthanol

VLEP Pays	Valeur limite de moyenne d'exposition (VME) pondérée sur 8 heures		Valeur limite d'exposition à court terme (VLCT) sur 15 minutes maximum	
	ppm	mg.m ⁻³	ppm	mg.m ⁻³
France (VLEP)	1000	1950	5000	9500
Etats-Unis (ACGIH)	1000	1950	-	-
Allemagne (MAK)	500	960	-	-

Le rapport de l'AFSSAPS de mars 2011 relatif à l'innocuité des produits hydro-alcooliques à base d'éthanol (55) fait référence à un rapport de l'AFSSET (devenue l'ANSES, le 1^{er} juillet 2010) (56), dans lequel est citée une étude menée en milieu professionnel. Dans cette étude, deux frictions hygiéniques ont été effectuées par une infirmière dans un local peu ventilé, avec 3 mL d'un SHA contenant 80% d'éthanol. L'exposition a été mesurée à proximité immédiate des voies respiratoires à l'aide d'un appareil de mesure en continu. La teneur en éthanol atmosphérique atteint, dans ces conditions, un maximum à 4000 mg.m⁻³, avec une exposition moyenne sur 100 secondes de 1350 mg.m⁻³. Une simulation de l'éthanolémie a ensuite été réalisée à partir des données recueillies, par l'utilisation d'un modèle toxicocinétique validé. Le scénario était fondé sur une journée de travail de 8 heures, avec des frictions répétées toutes les 10 minutes, soit 42 frictions quotidiennes. Les résultats obtenus par la simulation donnent une éthanolémie très faible, de l'ordre de 1,28 mg.L⁻¹.

Par conséquent, la voie respiratoire est une voie à prendre en considération dans l'exposition à l'éthanol du personnel soignant.

1.2.3. Tolérance à l'éthanol contenu dans les SHA

1.2.3.1. Tolérance cutanée

Dans une étude (57) comparant l'utilisation des SHA à 61% d'éthanol avec un antiseptique contenant de la chlorexhidine, un seul sujet sur 50 a présenté une irritation cutanée, qui n'a d'ailleurs pas pu être imputée directement à l'utilisation des SHA.

Une autre étude (58) montre que les effets secondaires cutanés sont moins fréquents avec les SHA qu'avec les savons antiseptiques, et que ces effets secondaires n'étaient pas liés à la durée d'exposition aux SHA mais plutôt à la présence d'une dermatite de contact préexistante. Il a été montré également (59) par questionnaire, que le personnel soignant préfère les SHA aux savons antiseptiques habituels. La peau leur paraît plus douce et moins abîmée.

1.2.3.2. Tolérance hépatique, pulmonaire, neurologique et cardiaque

Aucune étude à ce jour n'a étudié les effets secondaires de l'éthanol contenu dans les SHA au niveau hépatique, neurologique, cardiaque ou pulmonaire.

1.2.4. Facteurs influençant l'exposition à l'éthanol contenu dans les SHA

De nombreux facteurs influencent la compliance aux pratiques de lavage des mains avec une solution hydro-alcoolique. Ils ont été objectivement identifiés dans de nombreuses études

d'observation ou d'intervention. On retrouve la catégorie professionnelle (les médecins se lavent moins bien et moins souvent les mains que les autres personnels soignants, et les étudiants en médecine encore moins bien que les médecins), le sexe masculin, le travail dans une unité de soins intensifs, le travail les week-ends et les jours fériés, le port de gants par défaut de les changer suffisamment souvent (6, 47, 60), les manipulations avec un risque élevé de contamination (44), les soins lourds aux patients, l'irritation de la peau, les lavabos automatiques, le manque de temps et de personnel (44, 61, 62), la méconnaissance des protocoles, le manque d'information démontrant l'impact d'une bonne hygiène des mains sur le taux d'infections nosocomiales.

D'une manière générale, la fréquence diminue quand le nombre d'opportunités de lavage des mains augmente (63). Mais aucune étude scientifique n'a eu pour seul objectif de déterminer le nombre d'opportunités de geste d'hygiène des mains rapporté à une durée et à une spécialité.

Plusieurs études ont prouvé que la compliance de la pratique de lavage des mains pouvait être améliorée (64, 65, 66). Mais il faut pour cela agir, non pas sur un seul, mais sur plusieurs paramètres à la fois de la relation complexe entre le soignant et l'hygiène de ses mains (67). L'éducation et l'information ont aussi un rôle très important (60, 68, 69).

Ces paramètres les plus évidents sont d'ordre épidémiologique, mais d'autres, tout aussi importants, sont plus orientés vers l'aspect sociologique. Or, ils sont très variables d'une étude à l'autre, et leur mise en évidence repose plus sur l'expérience personnelle des investigateurs plutôt que sur une analyse exhaustive des facteurs sociologiques (46, 70).

De plus, à ce jour, malgré la publication de quelques articles (71), l'impact d'une intervention sur les facteurs comportementaux et sociologiques n'a pas été décrit, probablement parce que ces facteurs sont encore très mal identifiés.

1.3. Toxicité aiguë et chronique de l'éthanol

Les effets de l'éthanol sur la santé sont connus (céphalées, nausées, vomissements, vertige voire paralysie respiratoire), et une exposition excessive et régulière peut être dangereuse à moyen ou long terme. L'éthanol est rapidement absorbé par voie digestive et respiratoire, de façon moindre par contact cutané, pour être distribué rapidement et de façon presque uniforme dans tous les tissus et fluides de l'organisme en raison de sa grande solubilité dans l'eau. La distribution est très rapide dans les organes fortement vascularisés (cerveau, foie, poumons). L'éthanol traverse également librement le placenta, et des concentrations similaires sont retrouvées dans le sang maternel et fœtal.

Les manifestations observées en cas d'intoxication aiguë par ingestion sont bien connues : elles sont essentiellement neuropsychiques (excitation intellectuelle et psychique, incoordination motrice, coma plus ou moins profond). En cas d'inhalation, et selon la concentration des vapeurs, les effets observés sont des céphalées, des irritations des yeux et des voies aériennes supérieures, des engourdissements, une fatigue ou une somnolence, un larmolement permanent, une forte toux et une suffocation.

Les effets chroniques de l'éthylisme par ingestion sont neuropsychiques, digestifs, cardiovasculaires et hématologiques. Dans le cas d'inhalations répétées de vapeurs d'éthanol, on retrouve les mêmes symptômes qu'en cas d'intoxication aiguë associés à une diminution

des capacités de concentration et de vigilance. La répercussion d'une inhalation chronique sur les organes n'a pas été montrée. Localement la répétition d'un contact cutané peut entraîner un érythème et un œdème.

1.4. Métabolisme de l'éthanol

L'éthanol est une substance oxydable. Sa métabolisation est essentiellement hépatique mais elle peut se faire accessoirement dans d'autres tissus (poumons, reins, estomac...) (72, 73). Il n'existe pas dans l'organisme de lieu de stockage, l'élimination devient une priorité. Le métabolisme de l'éthanol est variable d'un individu à un autre.

L'oxydation de l'alcool se fait sur trois étapes successives :

1. Transformation de l'alcool en acétaldéhyde
2. Transformation de l'acétaldéhyde en acétate
3. Utilisation de l'acétate

La figure 4, montre un schéma des étapes du métabolisme de l'éthanol.

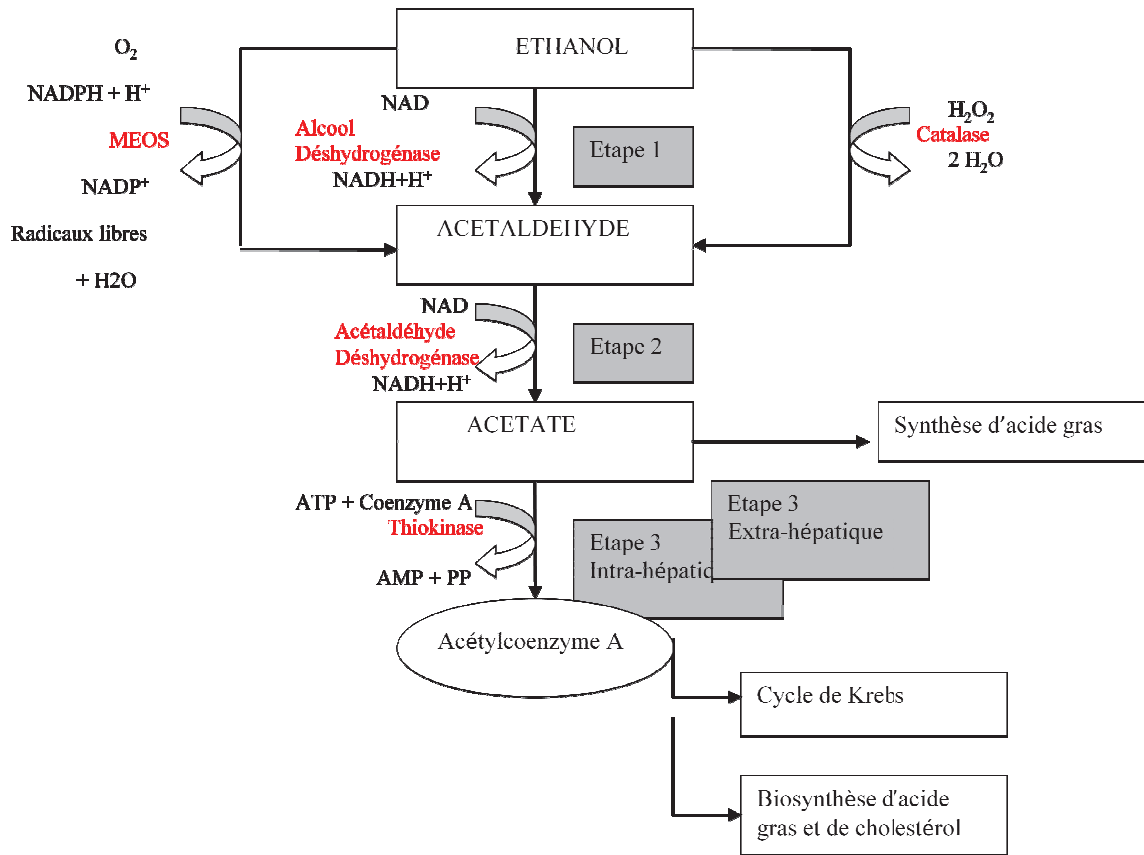


Figure 4 : Métabolisme de l'éthanol

1.4.1. Etape 1 : Transformation de l'éthanol en acétaldéhyde

Il existe à ce niveau 3 voies métaboliques indépendantes, qui aboutissent toutes à la formation d'acétaldéhyde.

L'acétaldéhyde, métabolite 30 fois plus toxique pour notre organisme que l'éthanol, provoque des dégâts dans l'ensemble de l'organisme. L'acétaldéhyde a des effets hépatotoxiques : productions de radicaux libres oxygénés (RLO), consommation de cytoprotecteurs tels que le glutathion, production d'adduits acétaldéhyde-protéines cellulaires induisant une réaction "auto-immune". Acétaldéhyde et RLO induisent une peroxydation lipidique, lésant les membranes et induisant l'apoptose hépatocytaire et l'activation des cellules de Kupffer

(production de RLO, de TNF- α et de TGF- β) et des cellules étoilées (production de matrice extracellulaire).

Dans une étape suivante, l'acétaldéhyde sera oxydé en acétate, produit non toxique, par l'acétaldéhyde déshydrogénase mitochondriale.

1.4.1.1. Le système ADH (Alcool Déshydrogénase)

C'est la voie principale. L'ADH, enzyme cytosolique, est fabriquée dans les ribosomes. Ce système fait intervenir des isoenzymes dont la fabrication est génétiquement programmée, ce phénomène permet déjà de comprendre l'inégalité entre les individus, inégalité rattachée à un potentiel génétique.

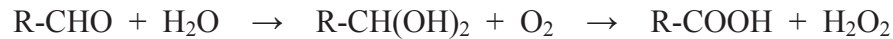
L'activation de l'ADH nécessite la présence systématique d'une coenzyme : la NAD (Nicotinamide Adénine Dinucléotide), intervenant dans toutes les oxydations cellulaires (73, 74, 75).

1.4.1.2. Le système MEOS (Microsomal Ethanol Oxydizing System)

C'est une voie accessoire. Le système se situe dans un organite de la cellule : le réticulum endoplasmique lamelleux (ou micrososome), il est inductible par une consommation d'éthanol (avec une alcoolémie aux environs de 0,30 g/L de sang). Cette voie intervient dans d'autres métabolismes, en particulier celui des médicaments, et fait intervenir une autre coenzyme le NADPH (Nicotidamine Adénine Dinucléotide Phosphate) (73, 74, 76). Ce système n'est pas déterminé génétiquement car on constate une présence accrue de l'enzyme chez les individus consommant régulièrement de grande quantité d'alcool.

1.4.1.3. Le système XOC (Xanthine-Oxydase-Catalase)

Cette voie, dominée par la catalase, est accessoire en raison de la disponibilité réduite du peroxyde d'hydrogène. Elle nécessite, en premier lieu, un substrat aldéhydique provenant de la libération de bases puriques après destruction de nucléotides :



(substrat aldéhydique)

La catalase utilise ensuite le peroxyde d'hydrogène pour oxyder l'alcool éthylique :



La catalase est une enzyme du foie dont la fonction de détoxification est importante (inactivation du peroxyde d'hydrogène).

1.4.2. Etape 2 : Transformation de l'acétaldéhyde en acétate

L'enzyme, à la fois cytosolique (ALDH1) et mitochondriale (ALDH2) permettant la transformation de l'acétaldéhyde en acétate est l'acétaldéhyde déshydrogénase (ALDH), elle est associée à une coenzyme la NAD. L'ALDH et la NAD existent sous forme d'isoenzymes dont l'activité et la quantité sont génétiquement déterminées. Certains individus (asiatiques et maghrébins) sont déficitaires en ALDH2 entraînant ainsi une accumulation d'acétaldéhyde lors de la prise d'alcool, pouvant provoquer des réactions spécifiques assez spectaculaires, résultat d'une intolérance sévère. De plus, la forme ALDH2 mitochondriale est responsable de 95% de la transformation de l'acétaldéhyde, la voie génère de l'acétate et du NADH₂.

Alcool déshydrogénase et acétaldéhyde déshydrogénase présentent des polymorphismes, modifiant la concentration résultante d'acétaldéhyde, et donc le risque de toxicité hépatique induite par l'alcool. La répartition des génotypes varie beaucoup d'une population à l'autre, y

compris dans un même pays. Un polymorphisme portant sur la séquence de localisation mitochondriale de la Mn-SOD (superoxyde dismutase) est clairement associé à la survenue de lésions hépatiques graves chez les buveurs (77).

Des polymorphismes portant sur les gènes des cytokines, des chimiokines ou de leurs récepteurs, pourraient expliquer une partie du risque de fibrogénèse. Un polymorphisme du gène du TGF- β est ainsi associé à une vitesse élevée de fibrogénèse chez l'homme (78).

1.4.3. Etape 3 : Devenir de l'acétate

L'acétate produit aura deux destinations :

- Une grande partie va être transportée vers les tissus extra-hépatiques (tissus adipeux, glandes mammaires) pour être transformée principalement en acide gras.
- Une autre partie demeure dans le foie, elle est transformée en acétylcoenzyme A en présence d'une thiokinase, d'ATP et de coenzyme A réduit. L'acétylcoenzyme A intervient dans le cycle de Krebs (cycle tricarboxylique), le cycle des acides gras et la synthèse du cholestérol.

La lipogenèse permet la synthèse d'acides gras saturés par condensation de molécules d'acétate à 2 carbones, chez les mammifères Ce processus a lieu dans le cytoplasme des cellules. Cependant, il ne permet pas de synthétiser des acides gras saturés à plus de 16 carbones (acide palmitique) ou des acides gras insaturés. L'ensemble de la synthèse est réalisée au niveau d'un complexe multi-enzymatique appelée acide gras-synthase.

Cette synthèse est consommatrice d'énergie sous forme d'ATP et nécessite comme cofacteur le Coenzyme A (CoA) et la NADP. Le CoenzymeA permet de faciliter l'utilisation de l'acétate par la cellule. L'acétyl-CoA provient principalement de la mitochondrie où il est synthétisé à

partir du pyruvate lors du cycle de Krebs. La NADP est l'agent réducteur de la synthèse des acides gras. De fait, il est oxydé à la fin de la réaction et doit être régénéré.

L'élongation des acides gras saturés au delà de 16 carbones est réalisée dans le réticulum endoplasmique et la mitochondrie. Dans le premier cas, l'élongation implique des acide gras-élongases. Dans le second cas, l'élongation implique paradoxalement certaines enzymes de la lipolyse.

La synthèse des acides gras insaturés à partir des acides gras saturés a lieu au niveau de la membrane du réticulum endoplasmique par des acides gras-désaturases. La désaturation est consommatrice d'oxygène moléculaire (O_2) et utilise comme cofacteur du NAD.

1.5. Ethanol et stress oxydant

L'organisme produit des radicaux libres en permanence et en faibles quantités. Cette production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défenses adaptatifs. Cependant, il existe des situations où la cellule ne contrôle plus la production de ces espèces chimiques réactives, leur présence excessive va donc devenir toxique : il y a stress oxydant. Le déséquilibre de la balance antioxydants /pro-oxydants est, en général, la résultante de plusieurs facteurs qui peuvent être dus, à un déficit en antioxydants : carence nutritionnelle ou anomalies génétiques ou à une surproduction de radicaux à partir de sources endogènes, comme sous-produits des réactions métaboliques normales et essentielles (ex : génération d'énergie dans les mitochondries ou les réactions de désintoxication impliquant le système enzymatique du cytochrome P₄₅₀) ou des sources exogènes (ex : fumée de cigarette, alcool, radiations ionisantes, métaux lourds, pollution atmosphérique...).

Le stress oxydant induit par l'alcool est directement lié au métabolisme de l'éthanol. Il implique les systèmes enzymatiques des microsomes et des mitochondries et produit des espèces réactives de l'oxygène et de l'azote, formant ainsi un environnement favorable au stress oxydant (79). Nous savons que ces espèces réactives interviennent dans divers processus physiologiques et événements pathologiques tels que les mutations d'ADN, la carcinogenèse, le vieillissement, l'athérosclérose, les dommages dus aux rayonnements, l'inflammation, les maladies neuro-dégénératives, et les dommages toxiques (y compris la toxicité aiguë et chronique de l'alcool).

De plus, l'alcool peut modifier les taux de certains métaux dans le corps, facilitant aussi la production d'espèces réactives à l'oxygène.

Le métabolisme de l'éthanol est, non seulement, directement impliqué dans la production d'espèces réactives de l'oxygène mais, il crée également un environnement favorable au stress oxydant (80). L'alcool réduit le niveau des antioxydants qui peuvent lutter contre les espèces réactives. Une intoxication à l'éthanol est suivie d'un déséquilibre entre les pro-oxydants et les anti-oxydants dont les conséquences sont les dommages oxydants des biomolécules (les lipides, les protéines, ou l'ADN) qui mènent finalement à des dommages cellulaires. La production d'espèces réactives dans les cellules du foie joue un rôle central dans le développement de l'affection hépatique alcoolique (81, 82).

2. La peau : éléments descriptifs et facteurs influençant sa structure

2.1. Structure de la peau

La peau est notre plus grand organe, sa surface est en moyenne de 1,6 m² chez l'adulte et elle pèse entre 3,5 et 10 kg. La peau est constituée de trois couches (l'épiderme, le derme et la membrane sébacée) (Figure 5) (83) et sa fonction principale est de protéger notre corps des agressions de l'environnement comme la température, les changements dans les conditions d'humidité, les rayons UV ou encore la poussière.

Toute la surface de la peau est recouverte d'un film protecteur composé d'une fraction liposoluble et d'une fraction hydrosoluble.

La fraction liposoluble est d'origine sébacée et épidermique. Elle est constituée par des triglycérides, des acides gras (qui représentent à eux seuls 60% des lipides du film cutané de surface), ainsi que par des céramides, du squalène et du cholestérol. La composition du film lipidique de surface varie en fonction de l'âge et du sexe. Le taux des lipides d'origine sébacée est en effet plus élevé chez l'homme ; il est important dans les premiers jours de la vie, diminue jusqu'à la puberté, période à laquelle il s'élève pour atteindre un maximum à l'âge adulte et décroît lors de la sénescence. La variation topographique des lipides d'origine sébacée est bien connue : les principales zones séborrhéiques sont la face et le dos. Les lipides cutanés superficiels ont un rôle dans la prévention de la croissance des germes pathogènes, dans le maintien de l'humidité de la peau.

La fraction hydrosoluble provient de la perspiration cutanée et de la sécrétion sudorale. L'eau qui la constitue dissout des substances inorganiques et organiques. Ces substances correspondent en fait aux substances dissoutes dans le plasma, que l'on retrouve à des concentrations plus faibles.

Ce film hydrolipidique, composé de sébum (sécrétion grasse) et d'eau, est donc une émulsion, sa composition détermine le type de peau.

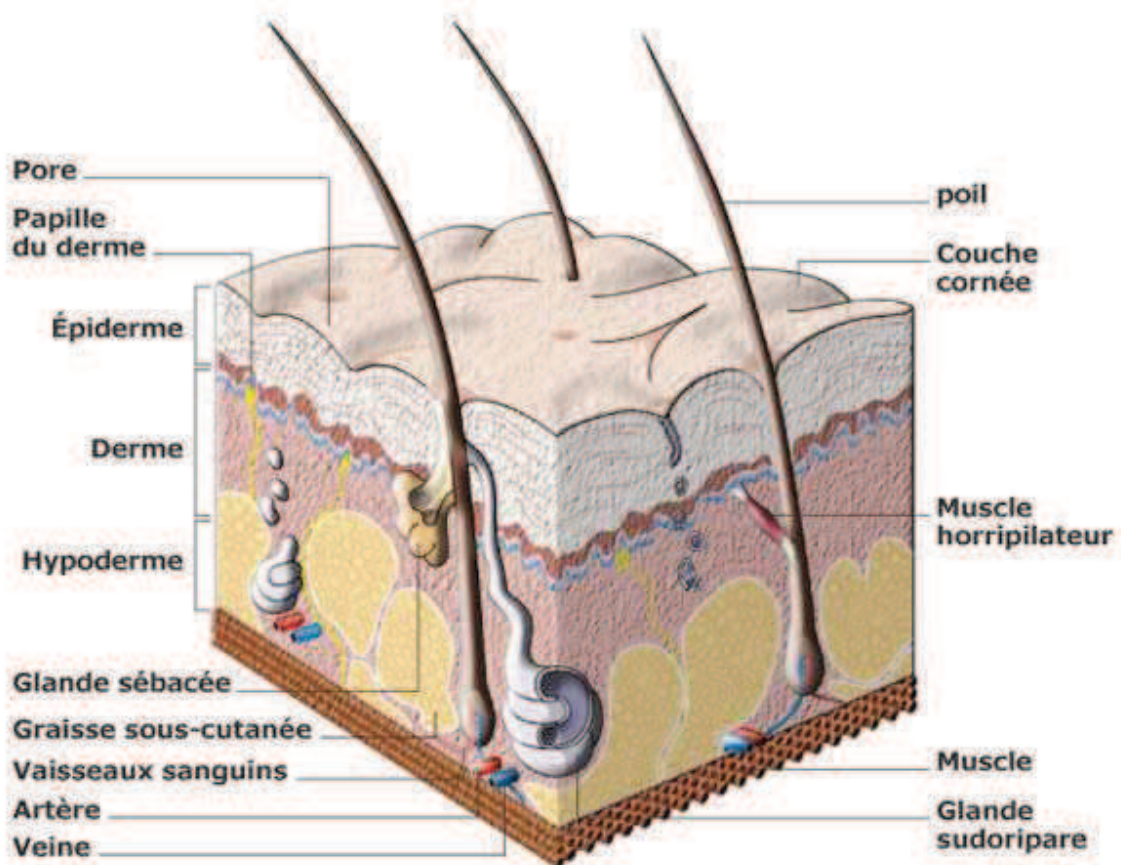


Figure 5: Structure de la peau

2.1.1. L'épiderme

Cette couche est celle qui est visible. L'épaisseur de l'épiderme est comprise entre 0,06 et 0,2 mm, son épaisseur diffère selon les personnes et selon les zones. Cette couche extrêmement fine protège la peau des agressions extérieures. L'épiderme peut être divisé en deux parties chacune ayant des particularités propres : la couche cornée et la couche basale.

2.1.1.1. La couche cornée

Cette couche se situe le plus à l'extérieur, elle est composée de cellules mortes. La fonction de la couche cornée est la protection contre, les lésions, l'eau (grâce aux propriétés imperméabilisante de la kératine) et les microbes. L'épiderme est constitué de cellules appelées keratinocytes situées au niveau de la membrane basale qui se déplacent vers la surface. Ils atteignent l'épiderme en deux semaines et terminent leur parcours dans la couche superficielle en tant que cellules mortes. Ces cellules sont aplaties, s'empilent pour former la couche superficielle (*stratum corneum*, couche cornée). Ce processus est appelé kératinisation. L'épiderme joue un rôle très important dans le maintien de l'hydratation de la peau. Le niveau d'hydratation dans la couche superficielle, formée grâce à la kératinisation régulière, est toujours compris entre 10 et 20%. Ceci s'explique par le fait que la membrane sébacée, constituée d'un mélange de transpiration et de sébum, recouvre la peau, la protège de l'extérieur et prévient la déshydratation de la couche superficielle.

2.1.1.2. La couche basale ou couche germinative

C'est la couche la plus "profonde" de l'épiderme. Elle est composée de cellules souches qui se divisent sans cesse pour renouveler les kératinocytes. La couche basale est nommée ainsi car les cellules nouvellement formées remontent peu à peu à la surface. Elle contient d'autres cellules : les mélanocytes (secrètent la mélanine), des cellules de Langerhans (macrophages) et les cellules de Merkel (récepteurs sensoriels).

2.1.2. Le derme

C'est un tissu conjonctif de soutien parcouru par de nombreux vaisseaux, sanguins et lymphatiques, qui servent entre autre à nourrir l'épiderme. Il contient aussi des glandes sébacées, sudoripares et de nombreuses terminaisons nerveuses (84). Le derme est responsable de l'élasticité de la peau.

2.1.3. La membrane sébacée ou l'hypoderme

La membrane sébacée tapisse la surface interne de la peau. Elle maintient la peau lisse, souple et hydratée. Dans le derme se trouvent des glandes eccrines qui sécrètent la transpiration, des glandes sébacées qui sécrètent le sébum et des follicules pileux qui fabriquent les poils. La transpiration et le sébum se mélangent à la surface de la peau pour former une crème naturelle. Cette crème naturelle recouvre la surface de la peau pour retenir l'humidité dans la couche superficielle et maintenir la peau lisse et hydratée. La crème naturelle permet aussi de maintenir un faible niveau d'acidité et de prévenir la multiplication des bactéries.

2.2. Facteurs influençant la structure de la peau

Le tableau 4, résume les facteurs endogènes et exogènes, susceptibles d'influencer la structure de la peau.

Tableau 4 : Facteurs influençant l'état de la peau

Facteurs endogènes	Facteurs exogènes
Prédisposition génétique	Climat et environnement : Chaleur, froid, humidité, rayon UV
Influence hormonale	Vieillesse de la peau dû à la lumière
Vieillesse biologique	Influences chimiques : Agents nettoyants agressifs
Maladies : Neuro-dermatite, Psoriasis, ichtyose, diabète, Insuffisance rénale	Mesures thérapeutiques : Médicament, radiothérapie
	Nutrition Absorption insuffisante de liquides

2.3. Les types de peau selon la pigmentation

Le type de peau est le plus souvent défini par rapport à la pigmentation. Selon la classification de Fitzpatrick (Tableau 5) (85), il existe six types de peau.

La structure de la peau noire et blanche est à peu près la même. Mais l'épiderme des peaux noires est moins bien hydraté à cause d'une kératinisation plus longue. Cela explique la sécheresse de la peau du corps qui doit être hydratée en permanence, notamment l'hiver sous les climats européens.

Les couches superficielles de l'épiderme s'exfolient moins que pour les peaux blanches. Ce phénomène est aggravé sous les climats tempérés ou européens.

Tableau 5: Les six grands types de peau selon la classification de Fitzpatrick

Type de peau	Traits principaux
I	- Peau très claire - Taches de rousseur - Yeux clairs - Cheveux blond-roux
II	- Peau claire - Taches de rousseur : souvent - Yeux clairs - Cheveux clairs ou châains
III	- Peau légèrement mate - Yeux bruns ou clairs - Cheveux bruns
IV	- Peau très mate - Yeux bruns - Cheveux brun-foncés ou noirs
V	- Peau foncée - Yeux foncés - Cheveux noirs
VI	- Peau noire - Yeux noirs - Cheveux noirs

2.4. L'absorption percutanée

Lorsqu'une substance est déposée sur la peau, elle peut :

- Traverser la couche cornée,
- Diffuser à travers l'épiderme, le derme, l'hypoderme,
- Etre résorbée dans les capillaires dermiques.

2.4.1. La diffusion passive

Dans l'étude de la diffusion d'un médicament, la quantité qui traverse la peau :

- Croît linéairement au cours du temps,
- Est proportionnelle à la surface d'application, à la concentration du principe actif dans son véhicule (ΔC) et au coefficient de perméabilité (K_p) lié aux caractéristiques physicochimiques du principe actif (lipophilie ou hydrophilie relative, polarité, volume moléculaire).

D'où la loi de diffusion passive de Fick où la quantité J qui diffuse par unité de surface et de temps (flux percutané) est égale à $K_p \times \Delta C$. Ceci n'est vrai que lorsque la quantité appliquée sur la peau est importante. En thérapeutique dermatologique, la quantité déposée peut être épuisée : le flux percutané diminue alors et les applications doivent être répétées. Les lipides épidermiques (céramides, acides gras libres, cholestérol) et l'architecture du *stratum corneum* ont un rôle majeur dans la résistance à l'absorption percutanée. En effet, la plupart des molécules traversent la couche cornée en empruntant la voie intercellulaire (86).

2.4.2. Les voies de passage

Il existe 2 autres voies de passage : transcellulaire et transannexielle (en particulier pour les molécules ionisées).

Le rôle du véhicule (ou excipient) est essentiel. L'aptitude d'une molécule à traverser la couche cornée dépend de l'affinité de la molécule pour la couche cornée, mais aussi pour son véhicule (= coefficient de partage véhicule/couche cornée). Un autre paramètre à prendre en compte est la saturation du principe actif dans le véhicule. En effet, la diffusion est d'autant plus forte que la concentration est voisine de la saturation (donc efficacité thérapeutique différente d'un principe actif selon son véhicule). Pour les molécules ionisables, les

modifications du pH de la solution conditionnent la diffusion percutanée : la forme non dissociée, non ionisée, est en règle plus diffusible (86).

2.4.3. Facteurs influençant l'absorption percutanée

Il existe plusieurs facteurs susceptibles d'influencer l'absorption percutanée (86).

2.4.3.1. L'âge

- Chez le nourrisson et l'enfant : la barrière cutanée est normale, mais le risque est maintenu en raison du rapport surface/poids, trois fois plus élevé que chez l'adulte.
- Chez le sujet de plus de 60 ans, la sénescence cutanée avec diminution de l'hydratation peut être responsable d'une diminution modérée de l'absorption percutanée des molécules hydrophiles (pas de changement pour les molécules lipophiles).

2.4.3.2. Le site d'application

- Région rétro-auriculaire : 2 fois plus perméable, d'où applications, fréquentes à ce niveau, de système transdermique.
- Différences selon les régions expliquées par la variation de la composition du *stratum corneum* (lipides, hydratation) et par la densité des annexes pilo-sébacées.

2.4.3.3. Le rythme et la durée d'application

– La couche cornée agit comme un réservoir en principe actif, relarguant pendant des heures la substance appliquée en surface (= effet réservoir) et ne nécessitant donc pas des applications itératives dans la journée.

2.4.3.4. L'altération de la peau

– En peau lésée, l'absorption est augmentée.

3. L'appareil respiratoire

L'appareil respiratoire a pour rôle de fournir de l'oxygène au sang et d'expulser du corps des déchets gazeux, constitués principalement par le dioxyde de carbone. Les structures supérieures de l'appareil respiratoire sont associées aux organes sensoriels de l'odorat et du goût (dans la cavité nasale et dans la bouche) et à l'appareil digestif (de la cavité buccale au pharynx). La figure 7, montre un schéma de l'appareil respiratoire. Les organes respiratoires se séparent des autres au niveau du pharynx et deviennent les voies respiratoires, composées du larynx, de la trachée et des bronches.

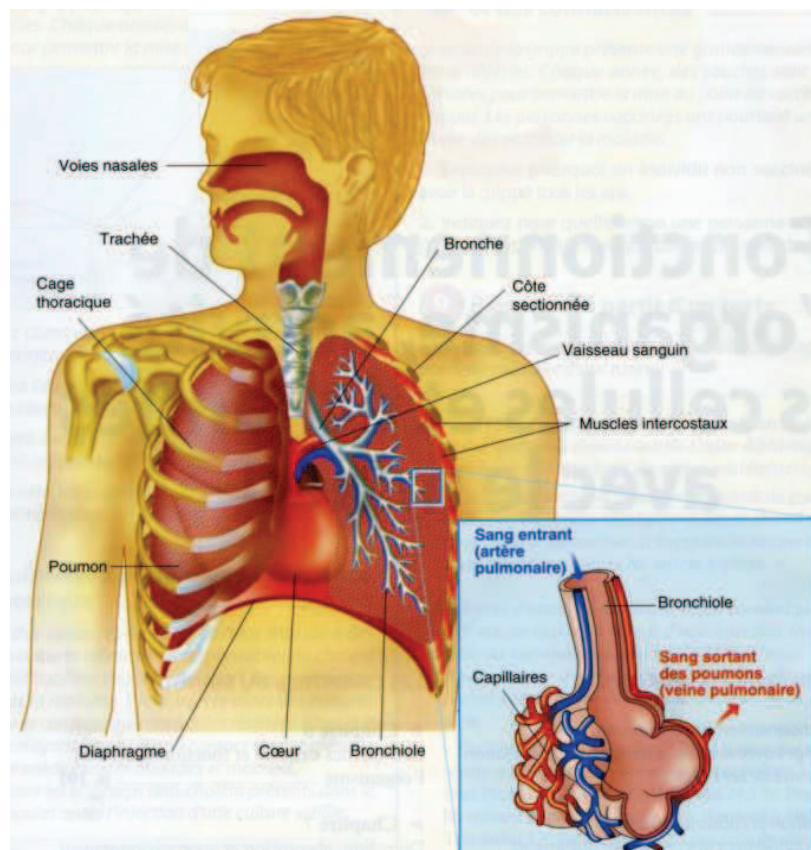


Figure 6 : L'appareil respiratoire

3.1. Anatomie de l'appareil respiratoire

L'appareil respiratoire est formé d'un ensemble d'organes :

3.1.1. Les voies aériennes supérieures

Elles correspondent à l'ensemble des conduits permettant à l'air d'accéder aux poumons (nez et bouche, naso et oro pharynx, larynx où se séparent les voies respiratoires et digestives).

3.1.2. La trachée (ou trachée-artère)

C'est un tube maintenu ouvert par une vingtaine d'anneaux de cartilage rigide et flexible.

3.1.3. Les bronches

Ce sont des conduits (1 bronche principale par poumon) amenant l'air de la trachée à chaque poumon. La surface interne des bronches est recouverte par un tapis de cils vibratiles et de mucus permettant de filtrer et rejeter à l'extérieur les principales poussières et débris cellulaires. Les 2 bronches principales se subdivisent dans les poumons au niveau d'une partie appelée hile en bronches plus petites dites lobaires, qui elle mêmes se subdivisent en bronches segmentaires qui elle-même sont à nouveau subdivisées en bronches très petites appelée **bronchioles**. Les bronchioles sont fines comme des cheveux et se terminent par des sacs pleins d'air appelés les alvéoles pulmonaires.

3.1.4. Les alvéoles pulmonaires

Ce sont de tous petits sacs remplis d'air et présentant une paroi très fine au niveau de laquelle à lieu les échanges gazeux respiratoires. C'est donc une surface d'échange entre les deux compartiments. Le très grand nombre d'alvéoles pulmonaires permet une surface totale d'échange absolument astronomique d'environ 100 m². Les alvéoles se gonflent d'air à l'inspiration et se vident lors de l'expiration. Leur fine paroi est recouverte de très nombreux et très fins vaisseaux sanguins, les capillaires, au travers de la paroi desquels se réalise le véritable échange gazeux. Par ailleurs au niveau des alvéoles pulmonaires, afin de protéger le corps, des cellules appelées « macrophages » digèrent poussières et microbes grâce aux enzymes qu'elles contiennent.

3.1.5. Les poumons

Ce sont des organes volumineux et spongieux situés dans l'enceinte creuse de la cage thoracique pouvant contenir en tout 3 litres d'air environ à l'âge adulte. Ils sont constitués par les bronchioles, les alvéoles et les capillaires pulmonaires. Ils présentent plusieurs lobes (3 pour le poumon droit et 2 pour le gauche, laissant ainsi une cavité permettant au cœur de s'y loger). La surface des poumons (et l'intérieur du thorax) est tapissée par une mince membrane : la plèvre. Celle-ci présente deux feuillets qui renferment un liquide en toute petite quantité permettant aux deux feuillets et donc aux poumons de glisser dans la cage thoracique lors des inspirations et expirations.

3.1.6. Le diaphragme

Ce muscle large et fin, est situé sous les poumons. Il assure avec les muscles intercostaux et abdominaux, la contraction et l'expansion de la cage thoracique permettant la respiration. Les côtes servent de support structural à l'ensemble des éléments thoraciques, et les membranes de la plèvre assurent la lubrification des organes respiratoires, évitant les frottements pendant la respiration.

3. 2. Toxicité respiratoire

L'absorption pulmonaire représente la principale voie de captation de nombreux toxiques présents dans l'air (gaz, vapeurs, fumées, brouillards, poussières, aérosols, etc.). L'appareil respiratoire constitue un système idéal pour les échanges gazeux. Il présente en effet une surface membranaire totale allant de 30 m² (à l'expiration) à 100 m² (lors d'une inspiration profonde), faisant face à un réseau capillaire d'environ 2000 km.

3.2.1. Les sources de contamination

Au niveau de la voie respiratoire, elles sont de nature différentes :

- Emanation de substances « volatiles » : gaz, vapeurs de solvants ou particules en suspension (fumée, poussière, aérosols,...)
- Locaux non conformes : aération insuffisante,...
- Réglementations souvent non respectées (insuffisance de contrôle).
- Accidents : erreur d'absorption de liquide

Le risque dépend de la pénétration du toxique, qui elle-même dépend :

- Du sujet : âge, sexe, état physique et caractéristiques pulmonaires,...
- De l'activité du sujet : vitesse et profondeur des inspirations et expirations.

En moyenne, un homme (70 kg) inspire 20 m³ d'air par jour mais il n'utilise pas toute sa capacité respiratoire à chaque inspiration/expiration.

Capacité pulmonaire totale = capacité vitale + volume résiduel (qui ne participe jamais aux échanges inspiratoires et expiratoires).

Capacité résiduelle = volume mobilisé lors d'une respiration forcée + volume résiduel (qui ne sera pas mobilisé même si on respire à fond).

3.2.2. Arbre respiratoire et zones de résorption

Les polluants présents dans l'air pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre respiratoire et sont plus ou moins efficacement « absorbés ».

La vitesse de l'air au niveau des différentes zones du système respiratoire est différente (Tableau 6).

Tableau 6 : Le flux d'air au niveau des différentes zones du système respiratoire

	Nombre d'unités	Surface	Flux
Arbres bronchique supérieur	2 bronches	1,1 m ²	~ 180 cm/s
Bronches	770	14 m ²	~ 14 cm/s
Bronchioles	200 000	220 m ²	~ 0,9 cm/s
Sacs alvéolaires	300 millions	80 - 140 m ²	0 cm/s

3.2.3. Les substances gazeuses

Les toxiques hydrophiles sont facilement absorbés par l'épithélium de la région nasopharyngienne, l'épithélium des régions nasopharyngienne et trachéo-bronchique étant recouvert en totalité d'un film aqueux.

Les toxiques lipophiles sont un peu absorbés dans ces deux régions, mais ils le sont principalement au niveau des alvéoles par diffusion à travers les membranes alvéolo-capillaires. Le taux d'absorption dépend de la ventilation pulmonaire, du débit cardiaque (qui conditionne le flux sanguin au niveau pulmonaire), de la solubilité du toxique dans le sang et de son métabolisme. C'est au niveau alvéolaire que s'effectuent les échanges gazeux. La paroi alvéolaire est constituée d'un épithélium, d'une membrane basale interstitielle, de tissu conjonctif et d'un endothélium capillaire. A travers ces couches, dont l'épaisseur est de 0,8 μm environ, la diffusion des toxiques est très rapide. Dans les alvéoles, le toxique est échangé entre la phase aérienne (air) et la phase liquide (sang). Le taux d'absorption d'un toxique (distribution de l'air vers le sang) dépend de sa concentration dans l'air alvéolaire et du coefficient de partage de Nernst pour le sang (coefficient de solubilité).

Dans le sang, le toxique est dissous dans la phase liquide par simple processus physique ou par suite de sa liaison aux cellules sanguines ou aux constituants plasmatiques selon l'affinité chimique ou par adsorption. Le sang contenant 75% d'eau, les gaz et les vapeurs hydrophiles présentent donc une grande solubilité dans le plasma (notamment les alcools). Les toxiques lipophiles (comme le benzène) sont généralement liés aux cellules ou aux macromolécules telles que l'albumine. Dès le début d'une exposition par voie pulmonaire, deux processus opposés surviennent: l'absorption et la désorption. L'équilibre entre ces processus dépend de la concentration du toxique dans l'air alvéolaire et le sang. En début d'exposition, la concentration sanguine en toxique est nulle et la rétention dans ce milieu est pratiquement

totale. Avec la poursuite de l'exposition, un équilibre s'établit entre l'absorption et la désorption. Les toxiques hydrophiles atteignent rapidement l'équilibre et le taux d'absorption dépend de la ventilation pulmonaire plutôt que du flux sanguin. Les toxiques lipophiles ont besoin d'un temps plus long pour atteindre l'équilibre et, dans ce cas, le flux de sang insaturé commande le taux d'absorption.

III. Conception de la recherche

Objectif principal

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'exposition professionnelle à l'éthanol, contenu dans les SHA, chez une population de professionnels de santé.

Cet objectif a été étudié en laboratoire, dans des conditions expérimentales et ensuite, il a été évalué chez les sous-populations de l'étude DEESSES Prime et DEESSES Seconde, en milieu hospitalier.

Objectif secondaire

L'objectif secondaire est d'identifier les facteurs, individuels et collectifs, influençant l'utilisation des SHA et donc pouvant interagir sur le degré d'exposition à l'éthanol des SHA.

Cet objectif est étudié au sein de la population complète de l'étude DEESSES en milieu hospitalier.

1. Type d'étude

Notre travail est divisé en deux grandes parties :

1.1. Expérimentations réalisées au laboratoire (Partie A)

Cette partie du travail consiste à évaluer l'exposition pulmonaire aux SHA. C'est une étude expérimentale réalisée en laboratoire dans des situations contrôlées, sur des volontaires non soignants et un mannequin fabriqué en bois, afin de remplacer un agent soignant dans la réalisation de nos essais par la suite.

L'étude expérimentale se subdivise en deux sous-parties également :

1.1.1. Estimation en laboratoire de l'exposition pulmonaire des personnels de soins aux solutions hydro-alcooliques

La première consiste à mesurer la concentration des vapeurs d'éthanol inhalés lors de l'utilisation des SHA, chez 5 volontaires et le mannequin en bois, en utilisant deux méthodes de mesure de la concentration d'éthanol. Un détecteur à photo-ionisation (Multi-PID2) a été utilisé pour mesurer l'exposition aux vapeurs d'éthanol en temps réel. La quantification d'éthanol dans l'air inspiré a été mesurée en utilisant la méthode validée par l'Institut National de Recherche et de la Sécurité (INRS) (87). Cette méthode se fait par un appareillage Gilian LFS-113 (Gilian, Model LFS-113, FL, USA) (poids d'environ 360 g), qui permet de recueillir les vapeurs d'éthanol, afin de pouvoir estimer la fraction inhalable d'alcool éthylique lors de l'utilisation des SHA. L'appareillage est composé d'une pompe portative à prélèvement d'air (débit de 0,2 L.min⁻¹) et d'un filtre NIOSH SKC Anasorb SCS[®] 226-01

(SKC Inc, PA, USA) à charbon actif capable de piéger les vapeurs d'éthanol. Après désorption des filtres dans du dichlorométhane, la quantité d'éthanol est dosée par chromatographie en phase gazeuse. La méthodologie et les résultats de ce travail sont détaillés dans la première publication de notre travail (voir article 1).

1.1.2. Estimation en laboratoire de l'exposition pulmonaire des personnels de soins et des patients aux solutions hydro-alcooliques

La deuxième partie de l'expérimentation concerne l'évaluation de l'exposition d'un soignant et un patient aux SHA dans la chambre du patient. Nous avons modélisé une chambre de patient dans notre laboratoire afin de réaliser des essais d'exposition, lors de la réalisation de 48 frictions par un soignant (remplacé par le mannequin en bois) sur 8 heures. Les prélèvements des vapeurs d'éthanol ont été réalisés en utilisant la méthode de l'INRS (80). Deux prélèvements ont été réalisés chaque jour de test, le premier au niveau du nez du mannequin et le deuxième au niveau du lit de patient. La méthodologie et les résultats de ce travail sont détaillés dans la deuxième publication de notre travail (voir article 2).

1.2. Expérimentations réalisées au CHU de Nancy, l'étude DEESSES (Partie B)

La deuxième partie de notre projet de thèse est l'application du protocole DEESSES en milieu hospitalier dans des conditions réelles de travail, sur une population de soignants tirés au sort. L'étude DEESSES est une étude monocentrique, multimodale (épidémiologique, biologique, comportementale), observationnelle et prospective.

Tous les sujets de l'étude sont exposés au même facteur, la solution hydro-alcoolique contenant 70% d'alcool éthylique : l'ANIOSGEL 85 NPC® (Laboratoires ANIOS, Lille) (Annexe 1), mais avec des expositions variables en fonction du secteur d'activité.

2. Résumé des bénéfices et des risques prévisibles et connus pour les personnes se prêtant à l'étude

Le CHU de Nancy, par l'intermédiaire de son Comité de Lutte Contre les IN, sa Direction de la Qualité et de la Clientèle et le service d'Hygiène Hospitalière, a mis en place, au cours de l'année 2006, l'utilisation des SHA : installation de 3000 distributeurs de SHA dans tous les lieux stratégiques du CHU (chambres, salles de soins, consultations...), sessions de formation pour près de 5 000 agents hospitaliers, campagne d'information et de sensibilisation pour accompagner ce changement d'habitudes au sein des personnels, des patients et du grand public. Les personnels hospitaliers ont utilisé 6 fois plus de SHA en 2007 par rapport à 2006.

Cette étude n'engendre donc, aucun risque supplémentaire pour les personnes participant à l'étude, puisque la SHA évaluée était déjà mise en place dans le CHU de Nancy, depuis 2007. Il est nécessaire que le participant n'ait pas consommé d'alcool durant les 48 heures précédant l'étude (Population DEESSES Prime et Seconde).

Cette étude propose de tester, en fonction de la consommation de SHA, divers paramètres biologiques quantifiant l'exposition et l'absorption d'éthanol. L'issue de cette recherche amènera un bénéfice certain aux agents des services hospitaliers sur l'état des connaissances concernant les facteurs de risques pour leur santé au travail.

3. Critère d'évaluation principal

Lors d'une journée normale de travail, l'exposition des agents hospitaliers est quantifiée principalement par la mesure du taux d'alcool éthylique dans le plasma et les urines. Après prélèvements et récupération des échantillons au laboratoire, les dosages ont été réalisés par chromatographie en phase gazeuse (l'étude DEESSES Seconde).

Afin de déterminer plus précisément l'absorption de l'éthanol au niveau pulmonaire, la concentration de l'éthanol est mesurée avant et après 4 heures d'exposition professionnelle dans l'air expiré et inspiré (l'étude DEESSES Prime).

4. Critères d'évaluation secondaires

4.1. Facteurs influençant l'exposition professionnelle à l'éthanol

Les facteurs influençant l'exposition professionnelle à l'éthanol ont été identifiés par :

- Un questionnaire sur l'environnement professionnel, les connaissances de l'utilisation des SHA et les critères d'ordre sociologiques (Annexes 3 et 4).
- Une évaluation de la pratique de friction des mains (Annexe 5).

Ces questionnaires permettent également de mettre en évidence certains paramètres pouvant influencer le taux d'éthanol dans l'organisme (comme les problèmes et les pathologies cutanées).

Les questionnaires ont été remplis par le même investigateur.

4.1.1. Questionnaire DEESSES

Le questionnaire (Annexes 3 et 4) comporte plusieurs parties:

4.1.1.1. Identification de l'agent

Les variables déclaratives demandées à l'agent concernent :

- Son sexe et sa date de naissance.
- Son type de peau (choix parmi 6 types de peau proposés) (Tableau 5).
- La catégorie de service dans lequel il travaille, son statut et sa fonction.
- Un historique rapide de sa carrière professionnelle en milieu hospitalier (nombre d'années passées dans le milieu hospitalier, au sein du service actuel et dans la fonction actuelle).
- Une estimation des conditions de travail (fréquence du travail de nuit et les week-ends).

4.1.1.2. Environnement professionnel

Toutes les variables sont déclaratives, elles concernent :

- L'accès de l'agent à différents équipements : point d'eau, type de distributeurs (savon doux, savon antiseptique, SHA, essuie-mains), type de poubelles, protocole pour l'utilisation des SHA.
- La perception des conditions de travail par l'agent (effectif et temps adaptés pour la réalisation des tâches).

4.1.1.3. Questions d'ordre sociologiques

Les questions sont basées :

- Sur l'aspect esthétique (maquillage, port de bijoux, ongles, cheveux, vêtement de travail).
- Sur la perception que l'agent a de lui sur son lieu de travail et qu'il veut donner aux autres (échelle d'estimation de 1 à 10).
- Sur l'impact des artifices esthétiques sur les risques aux malades.
- Sur l'importance accordée à l'aspect esthétique.

4.1.1.4. Pratiques personnelles liées à l'utilisation des SHA

Les variables qualitatives traitées dans ce paragraphe sont d'origine déclarative. Elles concernent :

- La technique utilisée pour le lavage des mains.
- Les connaissances sur les SHA (utilisation et efficacité).
- La perception de l'agent sur son utilisation des SHA (estimation de l'aspect pratique, de la tolérance cutanée, et des difficultés pouvant être rencontrées à leur utilisation).

4.1.1.5. Données médicales personnelles

Les données recueillies sont déclaratives et concernent l'hygiène de vie de l'agent et ses antécédents médicaux :

- Les données quantitatives sont : le poids, la taille, la consommation de cigarettes, le nombre de grossesse.

- La consommation d'alcool est estimée de façon semi-quantitative.
- Les arrêts de travail, la situation familiale, la pratique sportive, l'atteinte par une (ou plusieurs) affection(s) et le suivi d'un éventuel traitement médical. Les problèmes cutanés seront particulièrement surveillés.

4.1.2. Questionnaire GESTUEL

4.1.2.1. Evaluation de la qualité de la friction des mains avec SHA

Ce questionnaire (Annexe 5) permet d'évaluer la pratique de friction des mains, en observant des variables suivantes :

- Le respect des préalables à l'utilisation des SHA
- La qualité de la friction (respect du temps de friction et de la méthode)
- L'observation du marquage des mains à l'aide de la méthode de fluorescence (88).

La méthode de fluorescence repose sur l'utilisation d'une « boîte noire » contenant une lampe à lumière Ultra Violette (UV) permettant de révéler les endroits où a été appliqués une SHA phosphorescente. La SHA utilisée est Anios gel 85 NPC phosphorescent. Elle est incolore et sa qualité phosphorescente ne se révèle qu'à la lumière violette (Figure 7). La validation de la technique consistait à inclure trois paramètres : un pourcentage de zone non marquée inférieure à 7%, un temps de friction supérieur à 30 secondes et la réalisation des 7 étapes AFNOR (35) de la friction des mains.

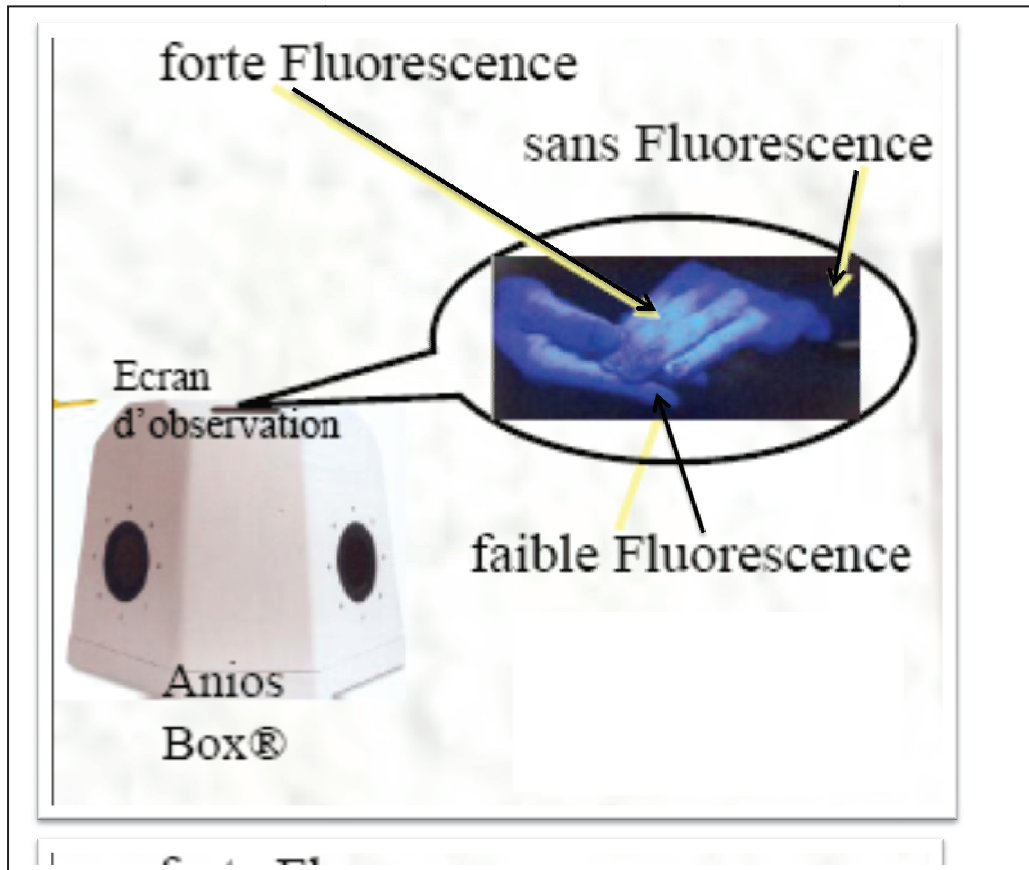


Figure 7: Evaluation de la qualité de la friction des mains par la méthode de fluorescence

4.1.2.2. Mesure des paramètres physicochimiques de la peau des mains, avant et après friction avec SHA

Trois variables quantitatives ont été mesurées à l'aide d'un appareil combiné, DERMA UNIT SSC3 : Corneometre CM825®/ Sebumetre SM815®/pH metre PH905®

- Le degré d'hydratation des couches supérieures de la peau.
- Le pH de la peau
- La quantité de sébum

IV. Méthodologie de la recherche

1. Population

1.1. Description de la population

Le CHU de Nancy a formé des agents soignants, techniques et administratifs à l'utilisation des SHA. Ces formations, théoriques et pratiques, ont été dispensées par les équipes opérationnelles d'hygiène hospitalière (EOHH), qui par la même occasion, ont recueilli des données sur tous ces agents.

La population de l'échantillon d'agents hospitaliers est réalisée par tirage au sort (sondage aléatoire) parmi la population des agents hospitaliers ayant suivis une formation aux SHA (Tableau 7).

- Un premier échantillon de 300 agents représente la population DEESSES.
- A partir de cette population, un second échantillon est réalisé par tirage au sort parmi les personnels soignants : il représente 80 agents pour notre étude DEESSES Prime.
- Au sein de la population DEESSES Prime, 30 agents sont retenus par tirage au sort pour former la population DEESSES Seconde.

Tableau 7 : Objectifs de l'étude DEESSES

DEESSES	DEESSES Prime	DEESSES Seconde
<p><u>Objectif</u> : identification des facteurs influençant l'utilisation des SHA</p>	<p><u>Objectif</u> : détermination de l'absorption par l'organisme de l'éthanol contenue dans les SHA</p>	<p><u>Objectif</u> : évaluation de la fraction inhalable d'éthanol contenue dans les SHA</p>
<p>300 agents ayant suivis la formation à l'utilisation des SHA</p>	<p>⇒ 80 agents issus de la population DEESSES</p>	<p>⇒ 30 agents issus de la population DEESSES Prime</p>

1.2. Sélection et exclusion des agents participant à l'étude

1.2.1. Critères d'inclusion

- Age compris entre 18 et 50 ans,
- Agent ayant reçu une formation à l'hygiène des mains avec les SHA
- Agent ayant signé le consentement.

1.2.2. Critères d'exclusion

- Age inférieur à 18 ans et supérieur à 50 ans
- Participation simultanée à une recherche biomédicale ou dans les 12 mois précédents le début de l'étude

- Antécédents d'alcoolisme déclaré lors de la visite de pré-inclusion
- Mutation professionnelle envisagée dans l'année qui suit le début de l'étude
- Refus de participer, absence de consentement

1.3. Durée de participation des personnes

Durée de la première partie de l'étude : 3 ans (objet de ce projet de thèse)

Durée totale de l'étude : 10 ans (selon les résultats obtenus après la 1^{ère} partie de l'étude)

Durée totale de participation à l'étude pour l'agent : 10 ans

1.4. Arrêt prématuré de participation d'une personne à la recherche

1.4.1. Critères et modalités d'arrêt

Les volontaires sont informés des objectifs et des contraintes de l'étude, de leur droit de refuser de participer à l'étude ou de la quitter à tout moment et quelle qu'en soit la raison.

L'arrêt de participation peut être temporaire (femme enceinte, allaitement) ou définitif (refus de répondre au questionnaire GESTUEL ou aux questions portant sur les SHA).

Au cours de l'étude, certains agents pourront être considérés comme perdu de vue :

- Les agents mutés hors du CHU (du fait de la méthodologie, les mutations intra-CHU ne génèrent pas de perdu de vue)
- Les agents faisant valoir leurs droits à la retraite
- Les agents décédés
- Les agents en longue maladie

1.4.2. Modalités de remplacement des personnes

Il n'y a pas de remplacement prévu des personnes car l'effectif initial de la population a été surestimé pour tenir compte d'une diminution de la population de 40%.

1.4.3. Modalités de suivi des personnes

Qu'il s'agisse de la sortie volontaire d'une personne de l'étude ou de la finalisation de l'étude, aucun suivi des agents n'est prévu puisqu'aucun risque supplémentaire n'est introduit par le biais de cette étude.

1.5. Déroulement de l'inclusion des agents

1.2.1. Visite de pré inclusion

Chaque agent hospitalier tiré au sort doit avoir la visite d'un investigateur, sur son lieu de travail, afin de lui présenter l'étude dans sa globalité et de savoir s'il serait éventuellement intéressé pour participer à cette étude. Dans ce cas, il lui sera remis une note d'information expliquant le déroulement de l'étude et mentionnant les coordonnées de l'investigateur principal pour toutes questions ultérieures (Annexe 5).

Un délai de réflexion (de 2 semaines minimum) est laissé à l'agent avant l'inclusion définitive.

1.2.2. Visite d'inclusion

Le recrutement définitif de l'agent se fait lors d'une nouvelle visite par l'investigateur :

- Vérification des critères d'inclusion et de non inclusion
- Remise du consentement signé en 2 exemplaires (Annexe 6 et 7)

L'agent est alors inclus.

1.2.3. Visite de suivi

Une visite annuelle avec soumission des questionnaires, évaluation de la pratique de friction (population DEESSES) et examens biologiques (population DEESSES Prime et Seconde) sera mise en place.

2. Déroulement de l'étude

L'agent doit travailler le jour de sa participation à l'étude. Sa journée de travail doit être similaire à celles habituellement réalisées. L'agent ne doit pas avoir consommé d'alcool durant les 48 heures précédant les prélèvements (Population DEESSES Prime et Seconde).

Selon leur population d'inclusion, les agents sont soumis à différentes évaluations et prélèvements résumés dans le tableau qui va suivre: (Tableau 8).

- **Les agents DEESSES** ont rempli le questionnaire DEESSES et une évaluation de la pratique de friction des mains avec les SHA a été réalisée.

- **Les agents DEESSES Prime** ont été évalués dans les conditions réelle d'exposition aux SHA, en quantifiant les teneurs en alcool éthylique dans l'air expiré, et la concentration de l'éthanol et ses métabolites dans le plasma et les urines (Figure 8).
- **Les agents DEESSES Seconde** ont été équipés d'un dispositif placé à proximité des voies respiratoires et relié à la pompe Gillian. Ce dernier permettant de capturer et piéger les vapeurs d'éthanol, durant 4 heures d'exposition aux SHA (Figure 9, 10a et 10b).

Tableau 8: Méthodologie du déroulement de l'étude DEESSES dans sa globalité



Les différentes étapes de la réalisation du protocole DEESSES sont détaillées ci-dessous :

A. Avant sa prise de poste : trois temps successifs doivent être observés :

- Répondre au questionnaire DEESSES
- Réalisation d'une prise de sang et d'un recueil d'urine,
- Mesure de l'éthanol dans l'air expiré,
- Analyse de la pratique de la friction hygiénique (Questionnaire GESTUEL),
- Remise d'un flacon personnel de SHA neuf, nominatif et préalablement pesé,
- Equipement des agents DEESSES Seconde avec la pompe Gilian LFS-113, pour le prélèvement des vapeurs d'éthanol.

B. A la fin de la période de travail considérée (4 heures) : trois nouveaux temps seront observés par l'agent :

- Restitution du flacon de SHA à l'enquêteur et pesée de celui-ci,
- Mesure de l'alcool dans l'air expiré,
- Réalisation d'une prise de sang et d'un recueil d'urine identique à ceux réalisés avant la prise de poste,
- Restitution de la pompe de prélèvement d'air (pour les agents DEESSES Seconde uniquement).

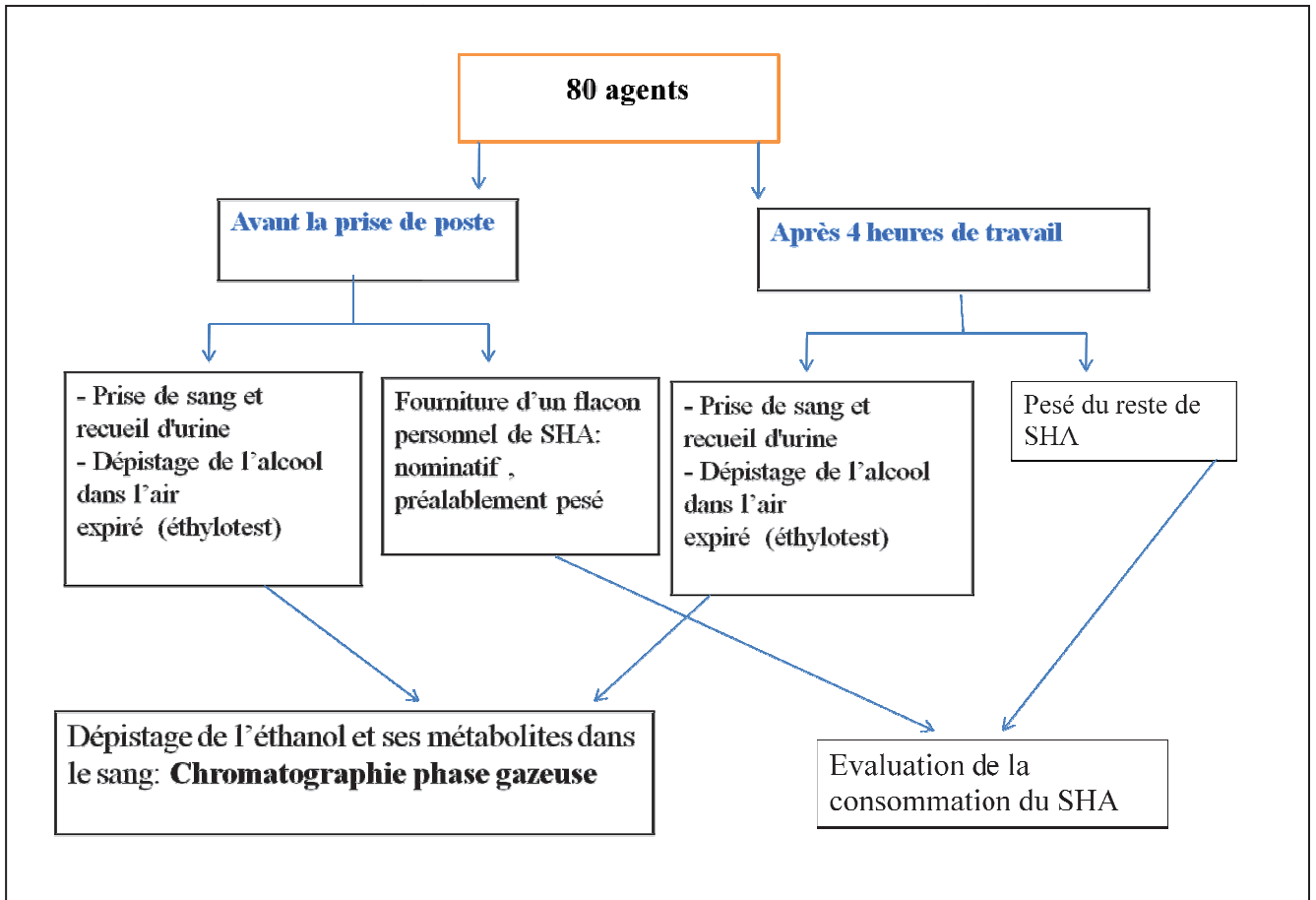


Figure 8 : L'étude DEESSES Prime

L'appareillage est composé:

- Pompe portative à prélèvement d'air
- Débit faible 0.2 l/min
- Poids environ 360g



Filtre (charbon actif)

- Tube type NIOSH
- Deux plages de 100 et 50 mg de charbon actif MERCK®
- Capable de piéger le vapeur de l'éthanol



Pompe débit

Figure 9 : Equipement d'un agent DEESSES Seconde avec la pompe Gilian

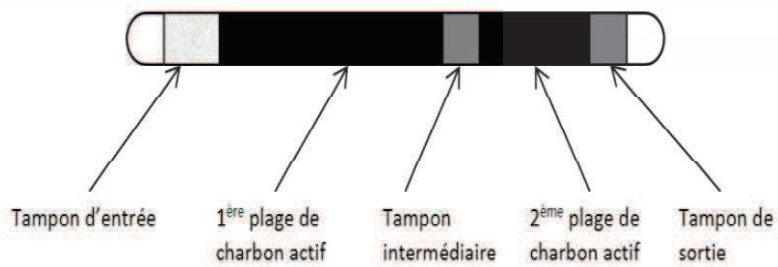


Figure 10a : Représentation schématique de la structure d'un filtre



Figure 10b : Photographie des filtres NIOSH

3. Conditions de prélèvement, de transport et de traitement d'échantillons

3.1. Prélèvements biologiques

Il est impératif de contrôler l'identité de l'agent sur chaque étiquette, l'heure du prélèvement et l'identité du préleveur, puis de reporter les numéros sur les feuilles de suivis.

Il sera également nécessaire de s'assurer que le participant n'ait pas consommé d'alcool durant les 48 heures précédant l'étude.

3.1.1. Prélèvements sanguins

- Désinfecter largement la partie à ponctionner (chlorexidine aqueuse).
- Prélever les différents tubes en respectant cet ordre :
 - 1 tube de 4 mL hépariné
 - 1 tube de 6 mL avec EDTA
- Homogénéiser les tubes de prélèvements par retournements lents.
- Mettre les tubes dans les sachets de laboratoire avec la feuille de suivi correspondante.

3.1.2. Prélèvements urinaires

- Recueillir une miction isolée dans un récipient gradué propre (200 mL minimum) et noter le volume le plus précisément possible.
- Conserver en environ 40 mL dans un pot de prélèvement préalablement étiqueté. Le reste est éliminé.

- Noter l'aspect de l'urine après prélèvement.

3.2. Prélèvements d'air expiré

- Expliquer à l'agent comment va se dérouler le test :

Inspirer profondément, tenir son inspiration et souffler jusqu'à ce que vous lui dite d'arrêter (environ 15 secondes).

Faire un essai avec l'agent sans l'appareil.

- Insérer un embout neuf.

- Demander à l'agent de souffler le plus longtemps possible : l'écran affiche la progression du temps de souffle et un claquement indique la fin de la prise de mesure.

- Attendre environ 3 secondes pour connaître le résultat en mg/L d'air expiré.

- Noter immédiatement la valeur sur la feuille de suivi.

3.3. Prélèvement d'air inspiré (uniquement pour les agents DEESSES Seconde)

La mesure de l'éthanol dans l'air inspiré est réalisée à l'aide d'une pompe portative Gilian LFS-113, reliée à un dispositif contenant un filtre du modèle SKC Anasorb SCS 226-01 (Figure 9) destinée à piéger les vapeurs d'éthanol (Figure 10a et 10b).

4. Transport des prélèvements au laboratoire

Les prélèvements sont acheminés le plus rapidement possible au laboratoire où ils seront conservés et analysés.

- Noter les conditions d'attente des tubes avant transport.
- Noter l'heure d'arrivée des prélèvements sur la feuille de suivi et les conditions d'acheminements (température et temps passé depuis le prélèvement).
- Vérifier que tous les items de la feuille de suivi ont été complétés, sinon joindre rapidement le service pour compléter.
- Traiter les tubes (résumé ci-dessous).

5. Traitement des prélèvements biologiques

5.1. Dosages urinaires

- Centrifuger l'urine (durée = 10 minutes à vitesse = 1000 g) après transfert sur des tubes secs de 50 mL en polypropylène pour éliminer les débris cellulaires. Le culot est éliminé.
- Noter sur la feuille de suivi, les conditions de centrifugation et l'aspect des urines après centrifugation.
- Noter le pH des urines.
- Aliquoter en tubes de 5 mL en polypropylène.
- Laisser à + 4°C pour un dosage immédiat.
- Congeler à – 20°C (tubes de 1000 µL) pour le stockage des échantillons. Décongeler et vortexer avant dosage dans ce cas.

5.2. Dosages sanguins

- Centrifuger à 700-1000 g pendant 10 minutes à température ambiante (dans les 2 heures suivant le prélèvement).

- Prélever et aliquoter le surnageant (plasma) par 500 μ L dans des microtubes.
- Stocker les microtubes à +4°C pour un dosage immédiat.

La conservation des microtubes s'effectue à -20°C. L'éthanol et ses métabolites sont dosés à partir du plasma récupéré dans le tube avec EDTA.

Le dosage des molécules du stress oxydant (Malondialdéhyde, Myeloperoxydase, Superoxyde dismutase, Glutathion Peroxydase, Catalase et Glutathion total), n'a pas été réalisé dans ce projet de thèse.

5.3. Analyse des prélèvements d'air (pour les agents DEESSES Seconde)

- Récupérer les filtres de charbon actif dans les pompes de prélèvements d'air inspiré et boucher les filtres.
- Placer à + 4°C jusqu'aux analyses (stable environ 15 jours).
- Faire l'extraction : Les tubes de charbon actif contenant l'éthanol sont désorbés avec du dichlorométhane.
- Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme (GC Varian 3900, détecteur FID).

Les dosages sont réalisés selon le protocole Varian (avec modification) pour le dosage des échantillons de plasma et urines, et selon le protocole de l'INRS disponible sur la base de données Métropol (87).

Les conditions chromatographiques et la méthodologie de dosage sont détaillées dans les articles 1, 4 et 5, de ce travail.

6. Analyse statistique

6.1. Tirage au sort des agents participant à l'étude DEESSES

Le tirage au sort des agents participant à l'étude DEESSES a été réalisé sous Excel en attribuant de façon aléatoire un numéro compris entre 1 et 4925 (nombre des agents formés à l'utilisation des SHA en 2006) à chaque personne présente dans la base initiale.

Secondairement les numéros successifs 1 à 2000 ont été extraits. Parmi les 2000 agents tirés au sort, 1000 ont pu être contactés et rencontrés entre le 1er Mars et le 15 Mai 2008 et ont donné leur consentement pour leur participation.

Les inclusions des agents DEESSES ont été commencées au cours de l'année 2009

6.2. Base de données

La saisie des données a été effectuée sous Epidata 3.1, logiciel gratuit téléchargeable sur le site : <http://www.epidata.dk/>

L'exploitation des données a été réalisée avec le logiciel SPSS version 17 (SPSS Inc, Chicago, IL).

Les tests statistiques qui ont été utilisés sont des comparaisons de moyenne, des régressions linéaires simples et multiples pour les variables quantitatives. Le critère de significativité est au risque alpha de première espèce à 5%.

6.3. Analyse des résultats

- Pour la comparaison des variables quantitatives (résultats de dosages notamment) :

Les valeurs ont été exprimées sous la forme : moyenne \pm écart-type ($m \pm s$). L'écart-type de la moyenne est défini : $1/n \sum |x - \bar{x}$.

Le traitement statistique des données a été réalisé par l'utilisation des méthodes paramétriques sous l'hypothèse de la normalité de la distribution des paramètres étudiés : nous avons utilisé un test-t de Student.

L'hypothèse nulle est rejetée lorsque sa probabilité d'occurrence ne dépasse pas 5% ($p < 0,05$).

- Pour la comparaison des variables qualitatives :

La comparaison a été réalisée par le test du Khi deux.

V. Etude expérimentale et publications

Partie A : Expérimentations réalisées au laboratoire

1. Estimation en laboratoire de l'exposition pulmonaire des personnels de soins aux solutions hydro-alcooliques

Ce travail a fait l'objet d'un article publié dans le journal : Journal of Infection and Public Health. 2013 Feb;6(1):16-26.

Article 1: Assessment of ethanol vapours exposure released during Alcohol-Based Hand Rubs by healthcare workers.

Hautemanière A, Cunat L, Ahmed-Lecheheb D, Hajjard F, Gerardin F, Morele Y, Hartemann P.

Résumé

Malgré la promotion croissante des solutions hydro-alcooliques dans la réalisation des gestes d'hygiène des mains, peu d'études ont porté sur la mesure de la quantité d'éthanol inspiré.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'exposition pulmonaire à l'éthanol pendant la friction hygiénique et chirurgicale des mains.

Méthode : Nous avons mesuré l'exposition à l'éthanol au niveau des voies aériennes supérieures de 5 volontaires et d'un mannequin en bois. Deux techniques de mesure ont été utilisées pour quantifier la quantité d'éthanol inspiré : 1/ Mesure en temps réel par le détecteur Multi-PID2. 2/ Prélèvement d'air sur la durée d'exposition, par la pompe « Gilian LFS-113 » puis mesure de la quantité d'éthanol prélevée par Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG).

L'exposition a été évaluée dans 4 situations d'hygiène des mains :

1- Désinfection hygiénique des mains pour un soin de type consultation : cette séquence correspond à la réalisation de 2 frictions avec 3 mL de SHA, une friction lors de l'entrée et une friction lors de la sortie d'une chambre de patient après 10 minutes passées dans la chambre.

2- Désinfection hygiénique pour un soin de type pose d'une perfusion ou prélèvement sanguin : cette séquence correspond à une première friction avec 3 mL de SHA (équivalent à l'entrée dans la chambre), puis attente de 5 min (préparation du matériel pour le soin), puis une 2^{ème} friction de 3 mL de SHA (friction juste avant la réalisation du soin), puis attente de 3 min (réalisation du soin), puis une 3^{ème} friction avec 3 mL de SHA (sortie de la chambre).

3- Prise en charge du soin en réanimation : Notre séquence comporte 9 frictions avec 3 mL de SHA avec une attente de 4 min entre chaque friction.

4- Désinfection chirurgicale des mains : elle est réalisée avant une intervention chirurgicale ou avant un geste de très haut risque infectieux (ex : pose de cathéter central...). Application au total de 12 mL (2 x 6 mL) de SHA jusqu'au séchage.

Résultats :

Geste 1 : la moyenne des valeurs d'exposition (MVE) observée par le Multi-PID2 pour l'homme était de 241 mg.m⁻³ (± 59,2) et 275 mg.m⁻³ (± 21,12) pour le mannequin. Par CPG, la valeur pour l'humain était de 137 mg.m⁻³ (± 10,9) et 146 mg.m⁻³ (± 13,9) pour le mannequin.

Geste 2 : la MVE observée par PID était de 339 mg.m⁻³ (± 67,4) pour l'humain et 404 mg.m⁻³ (± 29,6) pour le mannequin et 263 mg.m⁻³ (± 7,0) par CPG pour les humains et 279 mg.m⁻³ (± 10,6) pour mannequin.

Geste 3 : la MVE observée par le Multi-PID2 était de 429 mg.m⁻³ (± 41,1) et 544 mg.m⁻³ (± 32,5). Par CPG, 346 mg.m⁻³ (± 43,8) et 450 mg.m⁻³ (± 52,0) pour l'homme et le mannequin, respectivement.

Geste 4 : La MVE observé par le Multi-PID2 était de 655 mg.m⁻³ (± 20,5) pour l'homme et 696 mg.m⁻³ (± 102,0). La MVE observé par CPG était de 617 mg.m⁻³ (± 40,6) pour l'homme et 631 mg.m⁻³ (± 81,5) pour le mannequin.

En conclusion, l'exposition pulmonaire à l'éthanol est importante mais les valeurs sont au dessous des niveaux toxiques pour l'homme. En revanche, les pics d'exposition peuvent atteindre la limite haute durant quelques secondes d'exposition.

Cette étude a montré l'importance d'effectuer les mesures avec deux systèmes de prélèvements :

Le détecteur Multi-PID2 : il permet de mesurer directement la concentration de l'éthanol et d'avoir une analyse de profil d'exposition en temps réel, en affichant automatiquement une valeur lors de la détection du polluant.

La pompe Gilian LFS-113 : elle permet de prélever et piéger les vapeurs d'éthanol sur filtre de charbon actif, cette méthode est très précise et permet d'obtenir la concentration d'éthanol durant toute la période d'exposition.

Finalement, nous avons réussi à créer un modèle expérimental en situation contrôlée sur un mannequin en bois, qui va remplacer l'humain pour effectuer nos essais au laboratoire.



ELSEVIER



<http://www.elsevier.com/locate/jiph>

Assessment of exposure to ethanol vapors released during use of Alcohol-Based Hand Rubs by healthcare workers

Alexis Hautemanière^{a,b}, Lisiane Cunat^{b,*}, Djihane Ahmed-Lecheheb^{b,c}, Farah Hajjard^b, Fabien Gerardin^d, Yves Morele^d, Philippe Hartemann^{a,b}

^a Infection Prevention and Control, University Hospital of Nancy, France

^b Department of Public Health and Environment, SERES, Faculté de Médecine de Nancy, Lorraine University, France

^c INSERM U-954, Nutrition, Genetics and Environmental Risk Exposure, Faculté de Médecine de Nancy, Lorraine University, France

^d Département Ingénierie des Procédés Laboratoire Procédés et Epuration des Polluants, INRS, France

Received 23 March 2012; received in revised form 11 September 2012; accepted 22 September 2012

KEYWORDS

Ethanol;
Alcohol-Based Hand Rub;
Air exposure;
Gas Chromatography;
Photoionization detector

Summary

Background: Despite the increasing use of Alcohol-Based Hand Rub solutions, few studies have quantified the concentrations of inhaled ethanol.

Objective: The aim of this study was to assess ethanol exposure during hygienic and surgical hand disinfection practices.

Method: Ethanol concentrations were measured at the nose level of a wooden dummy and human volunteers. Two systems were used in parallel to determine short-term ethanol vapor exposures: activated charcoal tubes followed by gas chromatography analysis and direct reading on a photoionization detector (PID).

Exposure was assessed for 4 different sequences ($N=10$) reproducing hand rubs for simple surgery, nursing care, intensive care and surgical scrub.

Results: The ethanol concentrations measured were of a similar order between the dummy and volunteers. The concentrations obtained by PID were higher than the gas chromatography values for the simple care (45%) and nursing care (27%) sequences and reflected specific exposure peaks of ethanol, whereas ethanol concentrations were continuously high for intensive care (440 mg m^{-3}) or surgical scrub (650 mg m^{-3}).

* Corresponding author at: Département Environnement et Santé Publique – S.E.R.E.S., Faculté de Médecine, 9 Avenue de la Forêt de Haye, B.P. 184, F-54505 Vandoeuvre-les-Nancy Cedex, France. Tel.: +33 3 83 68 33 75; fax: +33 3 83 68 34 89.
E-mail address: Lisiane.Cunat@medecine.uhp-nancy.fr (L. Cunat).

Conclusion: Ethanol concentrations were similar for these two exposure assessment methods and demonstrated a relationship between handled doses and inhaled doses. However, the ethanol vapors released during hand disinfection were safe for the healthcare workers.

© 2012 King Saud Bin Abdulaziz University for Health Sciences. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

Introduction

Nosocomial infections are a major public health problem. The importance of hand hygiene in preventing these infections and in limiting the spread of bacteria have been demonstrated repeatedly, and healthcare workers have been encouraged to use Alcohol-Based Hand Rubs (ABHRs) [1–3]. ABHRs have become the preferred procedure over antimicrobial soaps [4,5] for both saving time and achieving greater effectiveness [6,7]. Their use also leads to improvement in healthcare workers' compliance [8–11].

The World Health Organization supported ABHR implementation. Many studies have reported ABHR compliance in hospital workplaces, with variations between 3 and 144 times per hour [4,12]. In adult intensive care units, authors observed 0.13–6.25 rubs per patient, per nurse and per hour, 40–70 opportunities per day in neonatal intensive care units and 13 per hour in medical wards [12–15].

No study has reported secondary effects of toxicity from the ethanol contained in ABHR solutions for target organs such as liver or in the neurological, cardiac and pulmonary systems. Ethanol could be absorbed into the body via several mechanisms: transcutaneous passage, inhalation (vapor exposure) and exceptional ingestion.

Several studies have previously investigated the dermal absorption of ethanol from ABHR and reported either a small absorption [16,17] or a lack of passage [18–20]. The half-life of ethanol evaporation on the skin is 12 s [21]. Some studies quantified ethanol concentrations in blood and exhaled air after hand rubs with ethanol products, but the detected concentrations remained below threshold toxicity values [22,23]. All of these studies concluded that skin absorption during ABHR does not present a short-term risk for human health.

However, few authors gave much consideration to the pulmonary absorption of alcohol vapors. One study considering occupational alcohol vapor exposure reported a blood alcohol level of approximately 1.3 mg/100 mL after 19 min without significant further increase after lengthy exposure [24]. Therefore, respiratory tract absorption of ethanol should also be taken into account.

A study on dermal and pulmonary absorption of n-propanol and isopropanol indicated that the amounts absorbed were very low and unlikely to induce adverse health effects [25]. However, another study found that intensive use of an ethanol-based sanitizer induced an increase in concentrations of urinary ethanol biomarkers [26].

Due to the anticipated and needed growth of ABHR use in healthcare facilities, there is a need to consider the impact of their use in workplaces and to estimate caregivers' exposure over the short- and long-term.

In this study, the amount of ethanol inhaled during ABHR use for nosocomial infection control in different care activities was estimated.

Materials and methods

The assessment of ethanol vapor exposure after ABHR was performed under controlled experimental conditions (several hand disinfection sequences were reproduced in a room with humidity and temperature measured), initially on a wooden dummy and a second time on volunteer hospital workers. To determine short-term ethanol exposures, in parallel, we performed direct reading from a photoionization detector (PID) and used a standard technique of sampling on charcoal tubes and subsequent analysis by gas chromatography.

Exposure conditions

Exposure to ethanol vapor was measured by reproducing the actual practice of hand disinfection as recommended to ward staff. Each procedure was repeated 10 times and was undertaken on a wooden dummy and on healthcare volunteers. The distances from nose to hot plate for the dummy and nose to hands for the volunteers were similar, measuring 45 cm in length (Fig. 1).

The hand disinfection sequences were applied in a 54 m³ room with two closed windows and a closed door. No controlled air exchange occurred during applications.

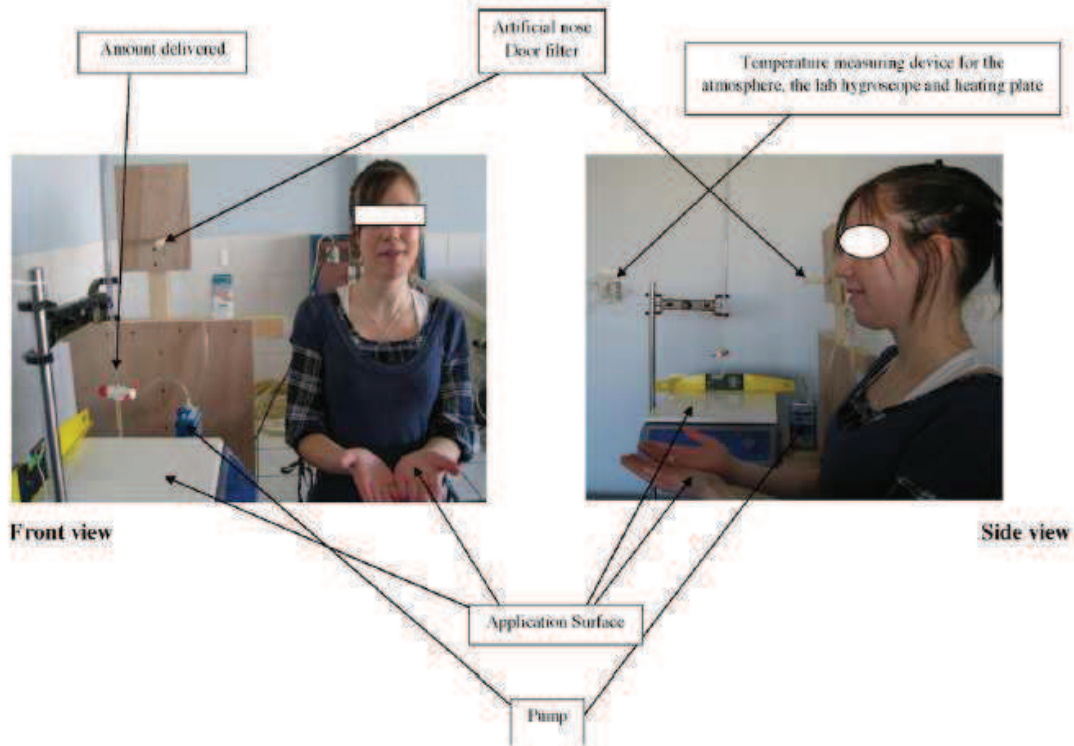


Figure 1 Experiment with wooden model and voluntary healthy adult.

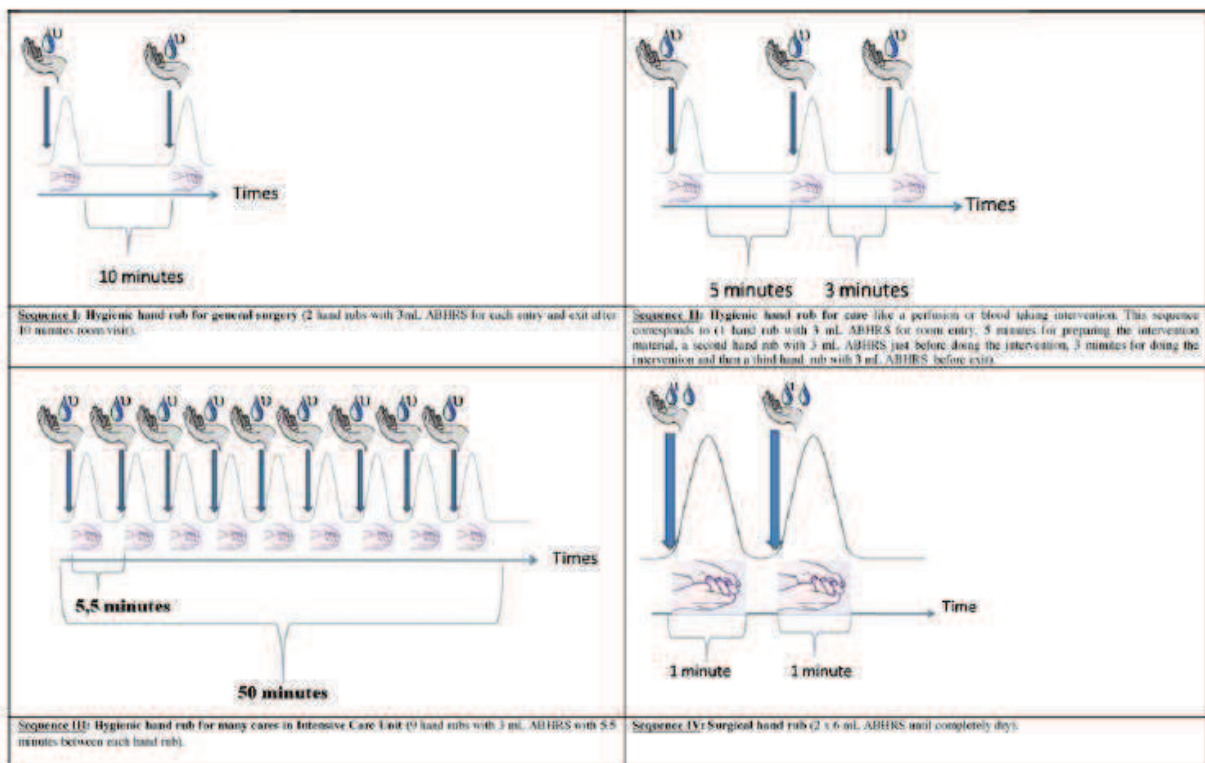


Figure 2 Sequences of hand rubbing for hygienic disinfection (sequences I–III) and surgical disinfection (sequence IV).

Four different sequences of hand rubbing were tested as described in Fig. 2. For hygienic hand disinfection, three sequences were applied with 3 mL of ABHR solution for 30 s of friction on each of the humans and 2 min on the wooden dummy: sequence I for general surgery (two hand disinfections with a waiting time of 10 min), sequence II for care (three hand disinfections with 5- and 3-min breaks corresponding, respectively, to material preparation for care and to realization of care) and sequence III for many care events in the intensive care unit (nine hand disinfections with 5.5-min breaks). The number of hand-cleaning opportunities in the intensive care unit ranged from 10 to 60 per hour [13, 14]; we choose the low end of the range for this study (10 rubs per hour). Sequence IV represented surgical hand disinfection before any surgical intervention or high infection risk gesture (friction with 2×6 mL of ABHR solution until completely dry).

At Nancy University Hospital, Aniosgel 85 NPC® (Anios Laboratories, France) was exclusively used. The study was performed using this ABHR solution with 70% ethanol (700 mg/g ethanol, glycerin, glycerides and fatty acid and polyethylene glycol esters, acrylic polymer, *D*- α -bisabolol, water).

Tests on the wooden dummy

In the experiments with the wooden dummy, the ABHR solution was placed on a hotplate at 36 °C and spread over the plate with a plastic tool until completely dry. The evaporation in its entirety required 1 min for sequences I–III and 2 min for sequence IV.

Tests on healthcare workers

In the experiments with the healthcare volunteers, we used a modified protocol of Kramer et al. [22]. All hand rubs were tested on the same 12 volunteers (6 males, 6 females). Inclusion criteria were a minimum age of 18 years and the ability to perform a standardized application according to Norm EN 1500:1997 [27]. Three milliliters of ABHR solution was placed on the palm of the hand, and the hands were rubbed together for 30–60 s until completely dry. For sequence IV, the overall quantity was 12 mL, with two successive rubs with 6 mL of ABHR. The first involved the hands, wrists and forearms, including elbows, while the second stopped halfway up the forearm. The duration of each rub was at least 1 min.

Determination of ethanol concentration in air

Two sampling systems were used simultaneously for each exposure model (dummy's head and volunteers).

Sampling and analysis on charcoal tubes

This first technique quantified the overall exposure to ethanol vapors (exposure concentrations) during hand disinfection sequences.

For the collection of air samples, two sections of 100 mg + 50 mg coconut charcoal tubes (SKC 22601, $L = 70$ mm, $\varnothing_{int} = 4$ mm) were used at a sampling rate of 0.2 L/min (portable Gilian LFS 113 sampling pump). After taking in air, the charcoal tubes were stored before analysis at +4 °C for up to 10 days. All samples were treated under the same conditions.

The first and second sections of the charcoal tubes were transferred separately into two glass vials and were desorbed in 1 mL of dichloromethane (CH_2Cl_2 , Merck 1.06049). The vials were sealed and placed in ultrasonic waves for 30 min to obtain a desorption coefficient of 96%.

The analysis of ethanol concentrations in the supernatant was performed by gas chromatography in a modification of the method described by INRS [28]. This technique uses Split/Splitless injection (injector 1177 EFC 21 Split/Splitless) with flame ionization detection (Gas Chromatograph GC 3900, Varian® with DEFC 11 detector). A mega-bore capillary column CP-SIL 19CB ($25 \text{ m} \times 0.53 \text{ mm} \times 2 \mu\text{m}$, Varian® CP7657) was used for separation. The conditions of the chromatography were 220 °C injector temperature, 200 °C detector temperature and 55 °C column temperature. The flow rates of hydrogen and air were fixed at 25 mL min^{-1} and 300 mL min^{-1} , respectively. Calibration was performed according to the method of an internal standard, with 0.5 μL of methanol (CH_3OH , VWR 1.06008) added to the vial. The detection limit for ethanol with this technique was 0.1 mg L^{-1} . The results of the analysis were obtained using Galaxie™ Software (Varian®, Les Ulis, France).

Photoionization detector (PID)

The second technique allows the evaluation of exposure to organic compounds in real time, taking into account possible short-duration peak concentrations. It allows for an analysis of exposure profile, displaying a peak at pollutant detection and returning to zero when the pollutant exposure has ended.

A direct reading multi-detector PID2 (portable photo-ionization Dräger®, Stasbourg, France) was used with an energy of 10.6 eV for the UV lamp, a Teflon/polypropylene input filter ($1 \mu\text{m}$) and a pump with an inflow rate higher than 300 mL min^{-1} to continuously carry air through the PID. It measures values between 0 and 2000 ppm. The equipment was calibrated with a 100 ppm reference gas (isobutylene). The ethanol concentration was expressed in equivalent units of ppm isobutylene;

Table 1 Ethanol exposure values for the dummy and human volunteer.

Hand disinfection sequences		Method of measurement	Dummy (mg m ⁻³ ± SD)	Human (mg m ⁻³ ± SD)
Hygienic hand disinfection	Sequence I	Chromatography	146 ± 13.9	137 ± 10.9
		PID	275 ± 21.1	241 ± 59.2
	Sequence II	Chromatography	278 ± 10.6	263 ± 7.0
		PID	404 ± 29.6	339 ± 67.4
	Sequence III	Chromatography	450 ± 52.0	346 ± 43.8
		PID	544 ± 32.5	429 ± 41.1
Surgical hand disinfection	Sequence IV	Chromatography	631 ± 81.5	617 ± 40.6
		PID	696 ± 102.0	655 ± 20.5

SD, standard deviation.

therefore, it was necessary to use response factors (real concentration/PID response) provided by the apparatus' manufacturer: for ethanol, the values were multiplied by 8.8. During use, a measurement was taken each second. After sampling, the data were exported and processed with a personal computer.

Data calculation: exposure of healthcare workers during work activity

The occupational exposure of healthcare workers by inhalation was estimated from data obtained during the hand disinfection sequences. In this study, the data were expressed as means ± SD. The assessment of exposure to ethanol vapors released during ABHR for one day's work was given by the following formula: $Q_{\text{daily}} = Q_{\text{sequence}} \times \alpha \times \gamma \times \nu \times \phi$, with Q_{sequence} being the quantity of ethanol vapor during the sequence (mg), α being the percentage absorbed by inhalation from the emission value (according to the literature [29]: values were set at 62%, 70% and 80%), γ being the tidal volume (500 mL for a healthy adult), ν being the respiratory rate (16 cycles min⁻¹) and ϕ being the number of occurrences per day.

The number of occurrences of exposure equals the number of achieved frictions. The frequency of sequence I was estimated at 24 uses per working day (a nurse has 12 care patients in a nursing unit and performs 2 acts of this type per patient per day). The frequency of sequence II was estimated at 12 (a nurse performs one daily technical gesture per patient and supports 12 patients). For sequence III, a nurse working in an intensive care unit supports 3 patients in a specialized intensive care unit or 5 patients in a classical intensive care unit; for this paper, we used a mean number of 4 supported patients. The nurse performs a range of specialized care tasks per day per patient. This sequence corresponds to the number of opportunities per hour for

which compliance is maximal, which we estimated to be 8. The mean number of surgical operations was estimated at 5 for sequence IV.

In a second step, we estimated the amount of ethanol absorbed during work life (Q_{life}) as given by the formula: $Q_{\text{life}} = Q_{\text{daily}} \times \beta$, with Q_{daily} being the quantity of ethanol inhaled during a working day and β the number of working days according to the current French regulations (set at 31 years with 217 working days per year, i.e., 6727 days).

Results

Evaluation of overall exposure to ethanol vapors

Comparison of test dummy versus human

Exposure values of ethanol obtained from the dummy were always higher than values from volunteers (Table 1), and the differences were more significant when measured by PID: 14% for sequence I, 19% for sequence II, 27% for sequence III and 6% for sequence IV. When measuring by chromatography, the dummy values were still correspondingly higher, 7%, 6%, 30% and 2%, respectively. During friction with ABHR solution, the duration of ethanol exposure was higher in the dummy experiments (2 min for hygienic disinfection and 5 min for surgical rub) than in the human volunteer experiments (1 min for hygienic disinfection, 3 min for surgical rub).

Comparison of different gestures

Our results show that the mean values of ethanol exposure during the various hand disinfection sequences, obtained by chromatography and PID, were higher during surgical scrub (sequence IV). Here, the ethanol concentrations varied between 617 and 696 mg m⁻³. For routine hygienic disinfection of hands, we obtained, in decreasing order, sequence III (between 346 and 450 mg m⁻³),

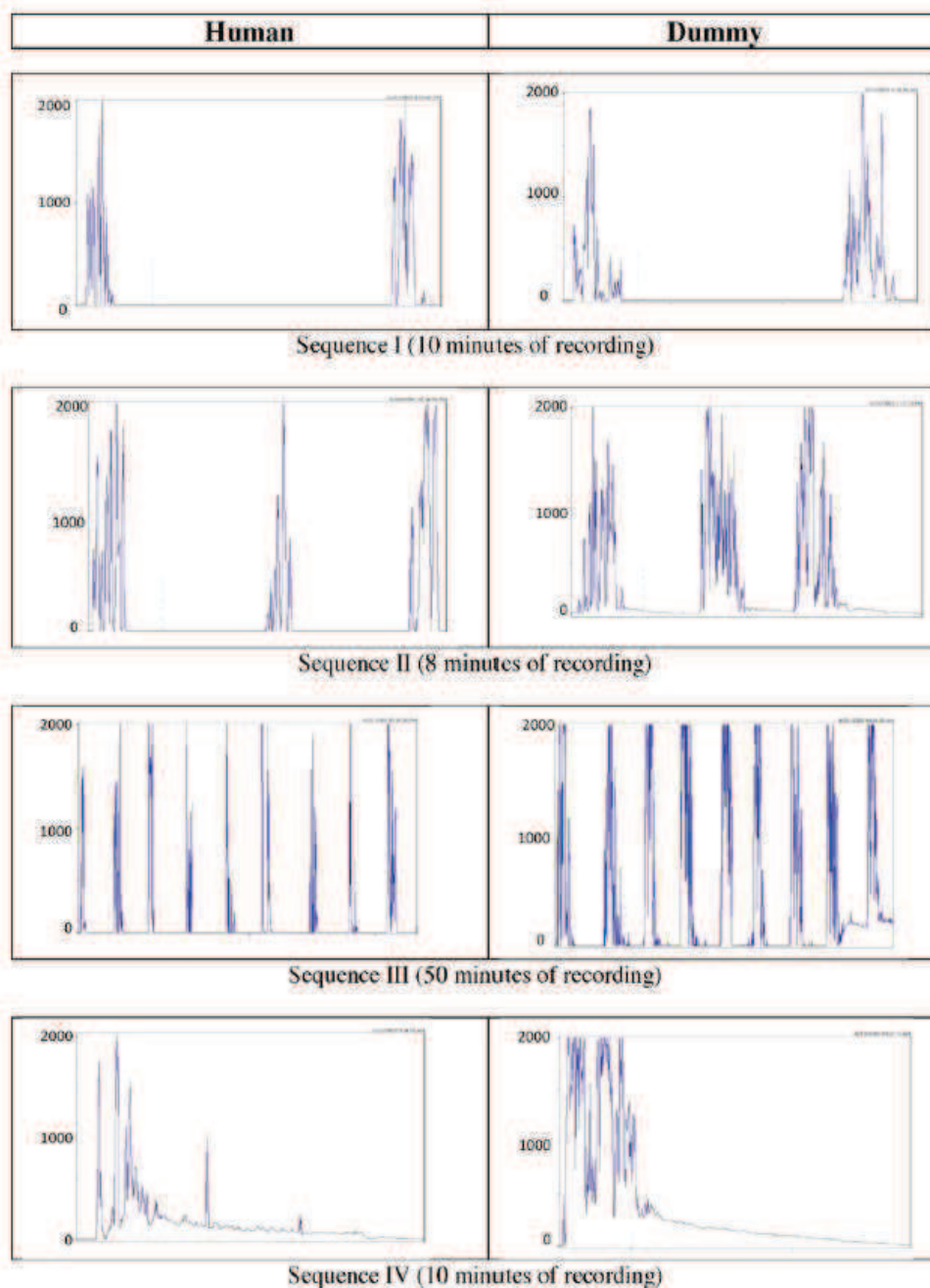


Figure 3 Exposure profiles to ethanol by PID (ethanol concentrations expressed in ppm).

sequence II (between 263 and 404 mg m^{-3}) and finally sequence I (between 137 and 275 mg m^{-3}) (Table 1).

Evaluation of exposure profiles to ethanol

Exposure profiles during the different hand disinfection sequences were analyzed by the Multi-PID2 detector.

Comparison of dummy versus human

This study demonstrates that there was no difference in overall kinetic exposure profiles between the dummy and the human volunteers (Fig. 3). From the beginning of hand friction with ABHR solution, we can observe a peak of ethanol followed by a return to the normal value when exposure to ABHR solution ends. However, the number of peaks is higher with the dummy. Similarly, for sequences

I–III, the exposure time is longer by approximately 78 s with the dummy (149 ± 42 s) compared to the volunteers (71 ± 13 s). The exposure duration for the surgical rub (sequence IV) was 136 s for healthcare volunteers versus 283 s for the dummy. We observed a non-immediate return to zero, as in the other profiles. The return to zero appeared at the end of friction after mean periods of 456 s for the volunteers and 849 s for the dummy.

Comparison of different gestures

This study shows that exposure begins instantaneously during the hygienic hand rub (sequences I–III) and also ends instantaneously when the rub stops. However, during the surgical rub (sequence IV), the exposure to ethanol vapors is much higher, and the subjects continue to be exposed for several minutes after the rub stops, though in lower amounts.

Exposure assessment during professional life

Using the dummy, the assessment of ethanol quantities absorbed during a full professional life ranged from 2.1 to 3.4 kg or 1.4 to 2.5 kg of pure alcohol according to the PID or the chromatography methods, respectively. For volunteers during the same period, the estimated exposure ranges from 1.8 to 3.0 kg or 1.3 to 1.9 kg of pure alcohol according to the PID or the chromatography methods, respectively (Table 2). These quantities are four-fold lower for the surgical hand rub (dummy data: 0.6–0.8 kg with PID, 0.6–0.7 kg with chromatography; human data: 0.6–0.8 kg with PID, 0.7–0.6 kg with chromatography).

Discussion

This study assessed exposure to ethanol vapors during the use of ABHR solution for hand disinfection by healthcare workers. The daily quantities of alcohol handled are important and vary according to hospital ward and type of hand rub. Most studies assessing exposure to alcohol during ABHR have measured blood alcohol concentrations. The respiratory tract is the principal means of ethanol absorption, while dermal absorption is considered low (approximately 1%) [14,24,30].

Experimental conditions

Our study has focused on ethanol concentrations in air during four different sequences of hand rubbing

and using two analytical methods. The ethanol concentration in the air is on the order of a few hundred milligrams per cubic meter: $137\text{--}544\text{ mg m}^{-3}$ after hygienic hand disinfection and $617\text{--}696\text{ mg m}^{-3}$ after surgical hand disinfection.

A study by Kramer et al. [22] reported low blood concentrations of ethanol after ABHR; consistent with data retrieved by exposure through the lungs (inhalable fraction) they reported absorption of 31.5 mg of ethanol after hygienic hand disinfection and 154.2 mg after surgical hand disinfection. By determining the concentration of ethanol in the air breathed and modeling the physiological and elimination mechanisms of ethanol according to the different compartments in the human body, it should be possible to explain the results measured in the blood during this study. The inhaled ethanol is rapidly distributed almost uniformly throughout the body due to its high solubility in water. Distribution is very rapid in highly vascularized organs, such as the brain, lungs and liver, with maximum concentrations in the cerebrospinal fluid and urine and a plasma concentration that is slightly higher (1.1 times) than the average concentration in the organs. Various factors, such as the inhalation rate and the tidal volume, could affect ethanol inhalation, leading to an absorption efficiency ranging from 30% to 80% [31,32].

In our study, we wished to eliminate these inter-individual variations encountered with volunteers. For this reason, we succeeded in creating an experimental model using a wooden dummy under controlled conditions to study ethanol exposure by inhalation during various care sequences. All exposure values of ethanol obtained from the dummy were slightly higher than those from the volunteers, both in quantity and in rub time for identical kinetics. All of the parameters were controlled with the dummy, while only the quantity of ABHR solution delivered was controlled on volunteers. This difference could be explained by the possible loss of a small quantity of ABHR solution in the volunteers' experiments. Depending on hand size and the amount of product (ABHR solution) falling to the ground, this limits the amount actually used for hygienic friction. The friction time and the amount present at nose level were directly proportional to the quantity of product on the hands. Similarly, in our study, the time of ethanol evaporation on the human skin was faster than on the hot plate of the dummy; thus, the duration of ethanol exposure was higher in the dummy experiments than in the human volunteer experiments for both hygienic disinfection and surgical rub. In agreement with the hand rub protocol, the ABHR should stop only when the skin is dry. The first explanation is that evaporation

Table 2 Ethanol exposure for the different hand disinfection sequences during the work life for the dummy and human.

Hand disinfection sequences	Method of measurement	Exposure time (min)	Opportunity number (per working day)	Rate of ethanol retention	Assessment of ethanol absorbed (mg)			
					Dummy		Human	
					During sequence	During life working	During sequence	During life working
Sequence I	Chromatography	11	24	0.62	8.0	1405160	7.5	1318541
	PID				15.0	2646706	13.1	2319477
	Chromatography			0.7	9.0	1586471	8.4	1488675
	PID				16.9	2988216	14.8	2618764
Sequence II	Chromatography	12	12	0.8	10.3	1813110	9.6	1701343
	PID				19.4	3415104	17.0	2992873
	Chromatography			0.62	16.5	1459407	15.7	1380662
	PID				24.0	2120864	20.2	1779636
Sequence III	Chromatography	30	4	0.7	18.7	1647717	17.7	1558812
	PID				27.1	2394524	22.8	2089267
	Chromatography			0.8	21.4	1883105	20.2	1781499
	PID				31.0	2736599	26.0	2296305
Sequence IV	Chromatography	5	5	0.62	67.0	1968624	51.5	1513653
	PID				80.9	2379848	63.8	1876755
	Chromatography			0.7	75.6	2222640	58.1	1708963
	PID				91.4	2686925	72.1	2118917
Sequence V	Chromatography	5	5	0.8	86.4	2540160	66.4	1953101
	PID				104.4	3070771	82.4	2421619
	Chromatography			0.62	15.6	575093	15.3	562334
	PID				17.3	634334	16.2	596967
Sequence VI	Chromatography	5	5	0.7	17.7	649299	17.3	634893
	PID				19.5	716184	18.3	673995
	Chromatography			0.8	20.2	742056	19.7	725592
	PID				22.3	818496	21.0	770280

time is directly related to the amount of ethanol on the skin and on the plate, as the volunteer may lose a portion of the product. The second explanation is that the duration of the rubs was conditioned by the total evaporation of the ABHR solution. The evaporation is shorter with the volunteers because the friction of the hands can cause a local increase in temperature and can thus accelerate the evaporation of alcohol. This phenomenon cannot occur with the dummy in the context of the constant temperature of the hot plate. Alcohol is very volatile, so even a slight increase in temperature accelerates evaporation.

Exposure to ethanol vapors

In our experiments, during the various hand disinfection sequences, the PID detector indicated that the instantaneous values of ethanol concentration in the air after ABHR were high. The peak values often exceeded the display capability of the device; therefore, the true values are above the data displayed. However, these values cannot be compared to the short-term exposure level for ethanol adopted in France (STEL = 9500 mg m⁻³) for an exposure of 15 min in the air of the working premises. The peak values displayed by the PID were obtained during a very short period, on the order of seconds with a maximum of 1 min, and only observed during the friction period and not for 15 min. If we calculate the average values of ethanol exposure over the duration of 15 min, the values obtained, regardless of the method of measurement, range from 140 to 700 mg m⁻³. These values are well below the STEL value of 9500 mg m⁻³. However, symptoms related to acute exposure could still be observed in people with sensitivity (e.g., headaches or numbness); these symptoms generally appear after 30 min of exposure to a concentration of 2620 mg m⁻³ for a healthy subject. A report on the exposure of workers to ethanol indicated that a sudden change in ethanol concentrations from 0 to 3600 mg m⁻³ may cause temporary irritation [31]. For shorter periods (5–10 min) with higher concentrations (9500 mg m⁻³), immediate irritation of the eyes and the upper respiratory tract (cough) could be observed. Even in people exposed to the STEL, very few will report any adverse effect. However, some health professionals may be more sensitive and may therefore have some minor symptoms. The presence of more sensitive individuals may explain the results of an epidemiological study conducted on 50 caregivers at the University Hospital of Nancy. This study revealed that 8% of nurses, when interviewed about using the ABRH solution,

described irritation of the upper respiratory tract during hygienic hand rubbing [33]. In the case of vapor inhalation of ethanol, the risk of severe acute poisoning is low because the anesthetic effects of ethanol are only observed at high concentration levels that would induce unacceptable irritation [13,30,34–37]. Furthermore, all effects are transient and disappear very quickly after exposure. In cases of repeated exposure (e.g., in subjects regularly ingesting ethanol), a certain tolerance appears. In cases of repeated inhalation of ethanol vapors, eye and upper airway irritation, headaches, fatigue and decreased vigilance have been reported [13,34–37]. However, despite a few old unconfirmed observations, there is no evidence that chronic inhalation may have effects on liver and heart disease similar to those produced by repeated excessive intake. However, a 15 year cohort study covering 1282 workers in the rubber and tire industry did identify a significant association between ethanol exposure and mortality from ischemic heart disease in subjects over 50 years old [37].

In our study, the amount of ethanol breathed by a nurse or doctor was estimated for hygienic and surgical disinfection of hands with ABHR solution. The daily work of a health professional combines different situations. We must therefore modify the estimations according to professional activity. However, even if the inhaled amount is negligible for a short period of time, the estimation throughout a professional career represents the absorption of several kilograms of pure alcohol and thus could cause long-term side effects. These results agree with a recent study of assessment of exposure to alcohol vapor during hand disinfection using two types of commercial ABHR solutions (ethanol and combined alcohols) [38]. This research showed that the use of ABHR solution leads to the absorption of very low doses of alcohols, but repeated inhalation of high alcohol concentrations raises the question of possible adverse health effects.

Conclusion

In this study, we succeeded in creating an experimental model, which allows us to study several parameters, such as the distance between hand and nose or the effect of wearing a surgical mask during exposure. It is difficult to test the impact of wearing a staff mask because the instruments used for measuring are too large to place behind the surgical mask. This study demonstrates that we have created an experimental model with controlled conditions that could be used to replace humans or to perform tests in the laboratory.

This study also shows the link between ethanol vapor exposure and the use of ABHR solution, but the exposure values are well below the limitations on exposure to ethanol that have been enacted in different countries. Although the concentrations of ethanol in the air remain tolerable, an acute exposure of short duration at high concentration was observed in our study by measuring it in real time with PID. Few data are available on the health effects of sudden and repeated exposure to high concentrations of ethanol. It appears essential to protect sensitive populations and particularly pregnant women, for whom exposure to alcohol, even at low doses, may induce possible harmful effects on the fetus. Ethanol crosses the placenta freely, and similar concentrations are found in the maternal and fetal blood, leading to questions regarding its use in pregnant women. This question has serious implications for nursing staff because they consist mostly of young women of childbearing age. Healthcare workers are unintentionally exposed to ethanol vapors during ABHR, and hand hygiene programs will encourage increasing use of these products in future years. While waiting for complementary studies on sudden and repeated exposures to high concentrations of ethanol, protection appears necessary for sensitive healthcare workers.

Funding

This study was supported by Anios Laboratories and the Department of Public Health and the Environment, Faculté de Médecine de Nancy, Lorraine University, France.

Competing interests

Alexis Hautemanière, MD PhD, was supported by Anios laboratories. Djihane Ahmed-Lecheheb, PhD student, was supported by ANRT (National Association of Research Technology) and Anios Laboratories. The others authors declare no conflicts of interest.

Ethical approval

Not required.

Acknowledgement

We gratefully acknowledge the collaboration of T. Kriner, who graduated with a master's degree in business administration, University Lyon 3, for

providing language help and proofreading the manuscript.

References

- [1] Mayer J, Mooney B, Gundlapalli A, Harbarth S, Stoddard GJ, Rubin MA, et al. Dissemination and sustainability of a hospital-wide hand hygiene program emphasizing positive reinforcement. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 2011;32:59–66.
- [2] Pittet D, Panesar SS, Wilson K, Longtin Y, Morris T, Allan V, et al. Involving the patient to ask about hospital hand hygiene: a National Patient Safety Agency feasibility study. *Journal of Hospital Infection* 2011;77:299–303.
- [3] Wilson S, Jacob C, Powell D. Behavior-change interventions to improve hand practice: a review of alternatives to education. *Critical Public Health* 2011;21:119–27.
- [4] Pittet D, Hugonnet S, Harbarth S, Mourouga P, Sauvan V, Touveneau S, et al. Effectiveness of a hospital-wide programme to improve compliance with hand hygiene. *Lancet* 2000;356:1307–12.
- [5] Boyce JM, Pittet D. Guidelines for hand hygiene in health-care settings. *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report* 2002;51(RR 16):1–44.
- [6] Voss A, Widmer AF. No time for handwashing!? Handwashing versus alcoholic rub: can we afford 100% compliance? *Infection Control and Hospital Epidemiology* 1997;18:205–8.
- [7] Harris AD, Samore MH, Nafziger R, DiRosario K, Roghmann MC, Carmeli Y. A survey on handwashing practices and opinions of healthcare workers. *Journal of Hospital Infection* 2000;45(4):318–21.
- [8] Dubbert PM, Dolce J, Richter W, Miller M, Chapman SW. Increasing ICU staff handwashing: effects of education and group feedback. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 1990;11(4):191–3.
- [9] Naikoba S, Hayward A. The effectiveness of interventions aimed at increasing handwashing in healthcare workers – a systematic review. *Journal of Hospital Infection* 2001;47(3):173–80.
- [10] Trick WE, Vernon MO, Welbel SF, Demarais P, Hayden MK, Weinstein RA. Multicenter intervention program to increase adherence to hand hygiene recommendations and glove use and to reduce the incidence of antimicrobial resistance. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 2007;28(1):42–9.
- [11] Erasmus V, Daha TJ, Brug H, Richardus JH, Behrendt MD, Vos MC, et al. Systemic review of studies on compliance with hand hygiene guidelines in hospital care. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 2010;31:283–94.
- [12] Pittet D. Improving adherence to hand hygiene practice: a multidisciplinary approach. *Emerging Infectious Diseases* 2001;7(2):234–40.
- [13] Hugonnet S, Perneger S, Pittet D. Alcohol-based hand rub improves compliance with hand hygiene in intensive care units. *Archives of Internal Medicine* 2002;162:1037–43.
- [14] Girou E, Oppein F. Handwashing compliance in a French university hospital: new perspective with the introduction of hand-rubbing with a waterless alcohol-based solution. *Journal of Hospital Infection* 2001;48:555–7.
- [15] Pittet D, Mourouga P, Perneger TV. Compliance with handwashing in a teaching hospital. *Infection Control Program. Annals of Internal Medicine* 1999;130(2):126–30.
- [16] Blank IH. Penetration of low-molecular-weight alcohols into skin: I. Effect of concentration of alcohol and type of vehicle. *Journal of Investigative Dermatology* 1964;43:415–20.

- [17] Behl CR, Barrett M. Hydration and percutaneous absorption. II: Influence of hydration on water and alcohol permeation through swiss mouse skin; comparison with hairless mouse. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 1981;70:1212–5.
- [18] Bowers RV, Bureson WD, Blades JF. Alcohol absorption from skin in man. *Quarterly Journal of Studies on Alcohol* 1942;3:31.
- [19] Miller MA, Rosin A, Crystal CS. Alcohol-based hand sanitizer: can frequent use cause an elevated blood alcohol level? *American Journal of Infection Control* 2006;34(3):150–1.
- [20] Miller MA, Rosin A, Levsky ME, Patel MM, Gregory TJ, Crystal CS. Does the clinical use of ethanol-based hand sanitizer elevate blood alcohol levels? A prospective study. *American Journal of Emergency Medicine* 2006;24(7):815–7.
- [21] Pendlington RU, Whittle E, Robinson JA, Howes D. Fate of ethanol topically applied to the skin. *Food and Chemical Toxicology* 2001;39:169–74.
- [22] Kramer A, Below H, Bieber N, Kampf G, Toma CD, Huebner NO, et al. Quantity of ethanol absorption after excessive hand disinfection using three commercially available hand rubs is minimal and below toxic levels for humans. *BMC Infectious Diseases* 2007;7:117–29.
- [23] Brown TL, Gamon S, Tester P, Martin R, Hosking K, Bowkett GC, et al. Can alcohol-based hand-rub solutions cause you to lose your driver's license? Comparative cutaneous absorption of various alcohols. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 2007;51(3):1107–8.
- [24] Lewis MJ. Inhalation of ethanol vapour vapor: a case report and experimental test involving the spraying of shellac lacquer. *Journal of Forensic Science Society* 1985;25(1):5–9.
- [25] Below H, Partecke I, Huebner NO, Bieber N, Nicolai T, Usche A, et al. Dermal and pulmonary absorption of propan-1-ol and propan-2-ol from hand rubs. *American Journal of Infection Control* 2012;40(3):250–7.
- [26] Reisfield GM, Goldberger BA, Crews BO, Pesce AJ, Wilson GR, Teitelbaum SA, et al. Ethyl glucuronide, ethyl sulfate, and ethanol in urine after sustained exposure to an ethanol-based hand sanitizer. *Journal of Analytical Toxicology* 2011;35:85–91.
- [27] Comité Européen de Normalisation. EN 1500: Chemical disinfectants and antiseptics. Hygienic hand disinfection. Test method and requirement (phase 2, step 2). prEN12791 CEN-Comité Européen de Normalisation 1997, Brussels, Belgium.
- [28] Fiche 017 Metropot: Alcool éthylique. INRS, 5 pp. Available from: [http://www.inrs.fr/inrspub/inrs01.nsf/ACCB84C7915562AFC1256D5C0042393C/\\$File/017.pdf](http://www.inrs.fr/inrspub/inrs01.nsf/ACCB84C7915562AFC1256D5C0042393C/$File/017.pdf)
- [29] Bonnard N, Flacy M, Jargot D, Pasquier E. Fiche toxicologique FT 48: Ethanol INRS Edition; 2011, 8 pp. Available from: <http://www.inrs.fr/default/dms/inrs/FicheToxicologique/TI-FT-48/ft48.pdf>
- [30] Clayton GD, Clayton FE. Patty's industrial hygiene and toxicology, vol. 6, 5th ed. NY: John Wiley and Sons; 2001. p. 382–94.
- [31] Dutch Expert Committee on Occupational Standards. Ethanol (ethyl alcohol): evaluation of the health effects from occupational exposure. The Hague, The Netherlands: Health Council of the Netherlands; 2006.
- [32] Tardif R, Liu L, Raizenne M. Exhaled ethanol and acetaldehyde in human subjects exposed to low levels of ethanol. *Inhalation Toxicology* 2004;16:203–7.
- [33] Hajjar F. Evaluation de l'exposition professionnelle à l'alcool éthylique contenue dans les solutés hydro-alcooliques utilisés dans la lutte contre les infections nosocomiales [master report]. France: Metz University; 2009.
- [34] Wimer WW, Russel JA, Kaplan HL. Alcohols toxicology. Park Ridge, NJ: Noyes Data Corporation; 1983. p. 27–45.
- [35] Girre C, Hispard E, Tuszynski T. Toxicité de l'éthanol. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale Toxicologie-Pathologie professionnelle*. Paris: Elsevier; 1995, 16-047-A-20. p. 1–20.
- [36] Bismuth C, Baud F, Conso F, Dally S, Frejaville JP, Garnier R, et al. *Toxicologie clinique*. 5th ed. Paris: Médecine-Sciences Flammarion; 2000. p. 836–40.
- [37] Wilcosky TC, Tyroler HA. Mortality from heart disease among workers exposed to solvents. *Journal of Occupational Medicine* 1983;25:879–85.
- [38] Bessonneau V, Thomas O. Assessment of exposure to alcohol vapor from alcohol-based hand rubs. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2012;9(3):868–79.

Available online at www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

2. Estimation en laboratoire de l'exposition pulmonaire des personnels de soins et des patients aux solutions hydro-alcooliques

Ce travail a fait l'objet d'un article soumis dans le journal: American Journal of Infection Control.

Article 2: Assessment of ethanol exposure of patient hospitalized to Alcohol-Based Hand-Rub Solutions used for hand disinfection by healthcare workers.

Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Delayen E, Cunat L, Hartemann P.

Résumé

Le but de cette étude est d'évaluer l'exposition à l'éthanol contenu dans les SHA, lors de la réalisation des gestes de soins dans une chambre de patient hospitalisé.

Méthode: La chambre d'exposition est modélisée dans une pièce en laboratoire, elle est équipée d'un lit médical, d'une chaise et d'une table de chevet. Elle a pour dimensions 3,50 m de largeur, 4,85 m de longueur et 3,20 m de hauteur. Nous avons réalisé une simulation de frictions hydro-alcooliques chez un mannequin en bois (remplace un soignant). Le patient dans ce travail est présenté par un point de prélèvement au niveau d'un lit de patient placé à une distance de 2 m du mannequin. Les prélèvements et les dosages des vapeurs d'éthanol ont été réalisés par la méthode de piégeage de l'éthanol cités précédemment dans ce travail de thèse. Nous avons réalisé six tests, sur six jours de 8 heures.

Résultats: La température et l'humidité de la chambre du patient varie entre 22,6 ° C à 28,5 °C et de 25% à 41% respectivement. Le nombre de frictions hygiéniques des mains est de 48 frictions pour chaque jour de test. La moyenne de la quantité de SHA délivrée pour chaque

friction est de 2.43 mL ($\pm 0,15$). Les résultats de mesure de la concentration de l'éthanol dans l'air inspiré montre que :

- Le soignant (prélèvement au niveau du mannequin), est plus exposé aux vapeurs d'éthanol que le patient (prélèvement au niveau du lit médical).
- Les concentrations en éthanol dans l'air sont plus importantes l'après-midi que le matin.
- L'écart de concentration entre le patient et l'infirmier est moins important l'après-midi que le matin.

Conclusion: Cette étude montre que, lors de la réalisation des gestes de soins (48 frictions/ 8 heures) dans une chambre de patient en situation contrôlée, le patient et le soignant sont exposés, à peu près, à la même concentration d'éthanol dans l'air inhalé. Cependant, les valeurs des concentrations obtenues restent en dessous de la valeur limite d'exposition professionnelle française.

ARTICLE

Background: Alcohol Based Hand-Rub Solutions (ABHRS) have been associated with a reduction of nosocomial infections. Despite the worldwide introduction of these products in hospitals, the aim of this study was to assess the ethanol exposure of patient hospitalized and healthcare worker during care activities.

Methods: During 6 days we have done a simulation of hand rubbing activity by healthcare worker in the bedroom building in the medical school of Nancy (France). ANIOSGEL 85 NPC containing 70% Ethanol was used. Research consisted in monitoring for a false patient in this bed and a dummy (healthcare worker) during 8 hours of a work day in order to measure their exposure to ethanol. Ethanol concentration in inhaled breath was measured using Gilian pump LFS-113 to collect ethanol vapours. Concentration of ethanol, were determined using Gas Chromatography with flame ionization.

Results: Over six days noncontinuous from May 2011 in Nancy (France), the temperature and the humidity of the bedroom varied respectively from 22.6°C to 28,5°C and from 25% to 41%. The number of hand rub was 48 for each day and the means quantity of delivered ABHRS during hand rubbing was 2.43ml (sd 0.15). The healthcare worker was exposed more to the ethanol vapour (335.16 mg.m⁻³ sd 140) that the patient (331.01 mg.m⁻³ ; sd 211.71). The ethanol concentrations in the air were more higher in the afternoon (375,29 mg.m⁻³ ; sd 156.89 for the healthcare worker and 453,39 mg.m⁻³ sd 245.17 for the patient) that in the morning (295.03 mg.m⁻³ ; sd 122.90 for the healthcare worker and 208.61 mg.m⁻³ ; sd 50.54 for the patient).

Conclusion: This study show that the ethanol vapours exposure of patient and healthcare worker during care activities was a reality but the level was under the value limited of exposure define by the authority.

Introduction

The chemical air quality in hospitals is an important topic because the healthcare workers and the cleaner workers use more and more quantity of chemical product.¹⁻²⁻³⁻⁴ In a sustainable development approach in the hospital⁵ and a context of economic obligation to control of energy, health care facilities are increasingly to recycle the air. Thus, the circulation of fresh air in the hospital rooms are becoming scarce and the air quality is modified. This air is then responsible for Volatile Organic Compounds best known under the term VOC. VOCs are molecules made of carbon and hydrogen that may be in gaseous form in the atmosphere and frequently expressed by some liquid or solid. The product range is very wide emitters (paints, cleaners, disinfectants, furniture, building materials, photocopiers, adhesives) and their use in the interiors and they are a health effect in the general population^{6,7}. These products are common using in the hospital. This effect on the health can be classified in function the time of exposure: acute exposure with the adverse respiratory symptoms and the chronic exposure. In this situation, the effects on the health can be classified as either non-carcinogenic or carcinogenic. The main non-carcinogenic chronic effects are irritative, sensory effects, damage to the liver, kidneys and central nervous system, asthma and other respiratory effects⁸. The main carcinogenic effects are lung, blood (leukaemia and non-Hodgkin lymphoma), liver, kidney and biliary tract cancer⁹.

VOCs have similarity to the ability to evaporate at room temperature and diffuse into the air. These products may have short or long term negative effects on health¹⁰. After inhalation, a large portion of VOCs is eliminated within hours. However, VOCs can reach several body compartments. In human blood, the half-life of VOCs is short (half-life measured in hours). In muscle tissue, this duration increases and varies in a split (half-life measured in days). But in

lipids, this contamination may have the half-life of months or years resulting in higher organic contamination especially when exposures are repeated and prolonged¹¹.

By definition, ethanol is a VOC and ABHRS are then produced a significant emitter of VOCs. Use ABHRS containing ethanol or an ethanol / isopropanol is however now primarily recommended for the hygienic hand rub and surgical hand disinfection in hospitals¹². The market for ABHRS is growing rapidly, also in the program against nosocomial infections, which sets an index of consumption of Hydro-Alcoholic Solutions (ICSHA) for health facilities on average 20L per 1000 days of hospitalization¹³. The sales volume ABHRS is estimated at 2500-3000 tonnes per year and the market is shared by three actors who carry 95-98% of turnover. In the composition of these solutions, ethanol is mainly used as an active ingredient in concentrations ranging from 65 to 85%. Isopropanol incorporated in the compositions does not exceed 20% concentrations. The excipients are usually added to processed thickeners, water, humectants, emollients or protective. These compositions are increasingly in the form of "freezing". According to users, because the liquid form of involuntary losses flows after application on the hands. Frequency of use of disinfectants containing ethanol then returns to the problem of absorption of this molecule simultaneously by skin and inhalation¹⁴. Indeed, the ethanol molecule is highly volatile. At room temperature, the main route of homogeneous gas phase reaction is that involving the radical-OH with a consequent life of ethanol in the atmosphere of the order of 2 to 4 days. Reducing the concentration of ethanol in the gas phase in the air is essentially by dispersion and dilution¹⁵. Ethanol is rapidly absorbed orally and not breathing and skin contact. The main factors affecting the absorption of ethanol lies in the concentration in the inspired air, respiratory rate and lung clearance. Hautemaniere *et al* showed that one could model laboratory exposures of health professionals according to different care activity¹⁶. Ahmed-Lecheheb *et al* have shown that exposure of healthcare workers did not generate any traces of ethanol or its metabolites in

the body after 4 hours of exposure in real activity¹⁴. Bessonneau *et al*¹⁷ evaluated the inhaled dose of alcohol during hand disinfection during two types of hand rub using two hand disinfection procedures. During hygienic hand disinfection, the mean ethanol equivalent concentrations peaked at around 20-30 s for both hand rubs (14.3 ± 1.4 mg/L for hand rub 1 and 13.2 ± 0.7 mg/L for hand rub 2). Although the use of ABHRS leads to the absorption of very low doses, sudden, repeated inhalation of high alcohol concentrations raises the question of possible adverse health effects¹⁷. However, no assessment of patient exposure against such use was conducted. It would then be necessary to quantify the air show this product on patients hospitalized in order to measure the environmental impact of this measure hygiene implementation essential to the quality of care. .

The fight against indoor air pollution becomes even more important since 2009 when France has adopted a national program under Law No. 2009-967 relating to the implementation of the Grenelle Environment.

More generally, the indoor environment exposes people to daily pollutants physical, chemical and biological processes that vary by season, climatic factors, temperature and humidity. The question arises, then, the dangers and risks facing repeated exposure to these pollutants. Therefore, the importance of air quality in the hospital led to different lines of thought.

The aim of this study is then assessed using a standardized experimental protocol changes in composition of air in a patient room with the use of ABHRS by the nursing staff.

Materials and methods

We modeled by an automatic process hand rub with ABHRS to achieve different measures later in the atmospheric concentration of ethanol. After counting the number of entries in the patient bedroom and estimated the number of opportunities to use the number of rub,

modeling has to issue a set amount of ABHRS at different times of the day simulating and daily consumption of ABHRS. The ABHRS quantity used per hand rub was 3 mL. The product using for this experience was Aniosgel 85 NPC (Lille laboratories, France). The daily use per patient was provided by the recommendations of the French Ministry of Health based on the minimum number of friction per day per patient for each specialty (ICSHA indicator panel of nosocomial infections). The hospital chosen for this preliminary study in the laboratory was the ICU which showed consumption of ABHRS with the highest hand hygiene practice of 3 mL/ 48 rubs per day per patient.

Modeling of hand rub with ABHRS

The healthcare worker is represented by an automatic issuance of the ABHRS fixed on a dummy whose measurements are taken from the French federation of clothing of a young woman (92% of French healthcare worker). The standard size model is equipped with a height of the hands tablet equipped with a heating plate (Stuart CB 300) equipped with a variable temperature graduated from 1 to 10 and a sensor attached to the same plate itself in turn connected to a thermometer to approach the local heat at the hand rubs. The drive is placed on the 2-position corresponding to a temperature of 40°C. The solution was spread through a rotating system that allowed them to run a spatula on the plate to simulate rub and to promote the evaporation of ethanol. The ABHRS was circulated by a peristaltic pump (Spectra / Chrom Macrofollow Pump) controlled by an outlet controlled by a programmable computer (Gembird MSIS-PM) for releasing 3 ml of the product.

Implementation of the exposure bedroom

The hospital standardized exposure bedroom was located in the laboratory of SERES at the Medicine University of Nancy - France. This room, modeling a hospital bedroom, is equipped with a medical bed, a chair, a bedside table and various medical equipments and varied (infusion pumps, ECG...). Its dimensions are: width 3.50 m, 4.85 m long and 3.20 m high. The implementation of the controller and the sampling equipment is according to the protocol presented below to ensure the reproducibility of the study: the model is placed at a distance of 1.10 m from the door. The bed is medical positioned so that the head of the bed is 2 m away from the dummy's hands, the sampling pumps and other measuring devices are installed at the patient's head and the head of the healthcare worker. A typical day of eight hours requires the use of two filters by sampling points with a change after four hours of use. The first sampling point is located at the nose of the dummy; the second is 2 m from the controller at the head of the medical bed. The sequence lasts eight hours during which hand rub is performed every 10 minutes (figure 1).

Sampling method for ethanol

The sample collection was determined using an apparatus comprising a portable Gilian pump LFS-113 (weight approximately 360 g) to collect air, with a low output fixed at 0.1 l / min, that collects the ethanol vapors on a filter composed of activated carbon. The filters used are tubes SKC Anasorb CSC ® 226-01. They consist of two ranges of activated carbon on which the ethanol vapors are being adsorbed. The first track is composed of an input buffer 100 mg of activated charcoal and an intermediate buffer. The second range consists of 50 mg of

activated charcoal and an output buffer. The filter is not usable when the absorbed mass on the second range is greater than 5% of the mass of the first track.

Sample analysis

Concentrations of ethanol, was determined using Gas Chromatography (GC) using a gas chromatograph GC 3900 (Varian ®) with an injector 1177 EFC 21 Split / Splitless detector and a flame ionization (FID) DEFC 11 detector. Quantification of the trapped ethanol was performed using chromatography with the following parameters: injector T = 220 ° C, detector: T = 200 ° C, H₂ flow 25 ml.min⁻¹ Airflow: 300 ml.min⁻¹, Column: T = 55 ° C, flow rate: 5 ml.min⁻¹. The column used was a CP-SIL 19CB: 25 mx 0.53 mm x 2.0 microns (ref. CP7657). Each sample was analyzed using methanol as an internal standard. The concentrations of ethanol were determined from the peak areas of each chromatogram after baseline correction. The detection limit and the limit of quantification were determined by analysing different dilutions of a standard ethanol solution, due to the fact that ethanol represents the component with the lowest sensitive peak area. The detection limit was defined by the ethanol concentration producing a threefold area amount in the blank area (0.1 mg/l).

Results calculation

The amount of ethanol in the samples is calculated from the comparison of peak areas (internal calibration case). The ethanol concentration in the atmosphere is given by the following formula:

$$C \text{ (mg/m}^3\text{)} = (M_p - M_b) \times 1000 / V$$

With:

M_p (mg) = amount of ethanol on the area 1 (M_1) + amount of ethanol on the area 2 (M_2) is

$$M_p = K_s / K_e \times 0.79 \times V$$

Or

K_e (standard coefficient) = surface of ethanol / methanol surface

K_s = ethanol fixed surface on the filters / surface of the standard

Standard: methanol

V : volume of the standard,

M_b (mg): average amount of ethanol in controls

V (L): = volume of air sampled [flow rate (L / min) x sampling time (min)]

Statistical analysis

Data were analyzed using the Student *t*-test for paired data (SPSS software, v.16).

Results

This study was conducted during six days non-continuous of May 2011 in Nancy, France. Temperature and room humidity values ranged from 22.6 ° C (minimum) to 28.5 ° C (maximum) and 25% to 41%. The number of rub for each day was 48 and the means of ABHRS used by rub was 2.43ml (sd 0.15). The quantities of ethanol were found in the air despite a variable consumption ABHRS almost equivalent. Indeed, the general trend showed however that the healthcare worker (sampling at the dummy) was exposed to ethanol vapor (335.16 mg.m⁻³; sd 140) that the patient (sampling at the bed medical) (331.01 mg.m⁻³, sd 211.71) without this difference is significant $p = 0.9465$. The ethanol concentrations in air were higher in the afternoon (375.29 mg.m⁻³, sd 156.89 for the healthcare worker and 453.39

sd 245.17 mg.m⁻³ for the patient) than in the morning (295.03 mg.m⁻³, sd 122.90 for the healthcare worker and 208.61 mg.m⁻³, sd 50.54 for the patient). These differences were statistically significant for patients with a delta of 244.7 mg.m⁻³ (p = 0.036) but not for healthcare worker with a delta of 80 mg.m⁻³ (p = 0.39). This result shows that the ethanol vapors disperse across the room and would be distributed evenly over time with a gradual elimination in periods of no rubbing as the night, this time period chosen as without rubbing. It may be noted that a high concentration of ethanol vapor (490 mg.m⁻³ for the healthcare worker and 474.38 mg.m⁻³ for the patient) was outstanding on the day when the ambient humidity [40% to 51 %] was the largest (May 11), unlike a lower concentration of ethanol vapor at the patient 216.88 mg.m⁻³ the day the humidity there was the lowest [25% - 30%] (May 16) with regard to exposure of the healthcare worker, it was similar to other days.

Discussion

Our study shows that the use of ABHRS as hands disinfectant by the healthcare workers in patient bedrooms is a causes of the indoor air pollution of these rooms. Therefore, the assessment of patient's exposure almost exclusively in their room should be considered. Moreover, the feasibility study in the laboratory should be extended to a hospital in order to objectify certainly mean exposures but also consider the specificity of supported sectors such as intensive care, surgery, or areas requiring frequent nursing care. In the meantime, it is necessary to state that the concentrations observed in our study are safe for patients. Frequency of 48 hand rubs voluntarily chosen deliberately puts us in a situation of frequent intervention of care staff with the patient.

One limitation of this study is the ABHRS use by the patient and visitors that is now part of the overall policy against hospital acquired infection (HAI) and which can also be a source of

additional contamination. However, this category of users has been intentionally excluded because of our desire to compare the patient's exposure to that of healthcare workers for whom we had baseline values. Indeed, concentrations of air sampled at the nurse on 12, 16 and May 17 following an order of magnitude similar to estimates published in the report of the AFFSET¹⁵. For ethanol, these exposures are estimated by modeling provides a theoretical concentration obtained after 8 hours and 50 friction. The results of this expertise are 259.16 mg.m⁻³ is 137.66 ppm. For the record, the concentrations observed in our study were to 335.16 mg.m⁻³ sd 140. These results confirm that the use of ABHRS is not expected to cause health effects. Bessonneau *et al* and Hautemanière *et al* in the same condition experimentation found similar values of healthcare workers exposure. For the hand rub, the mean of Occupational Exposure Values (OEV) observed were 137mg.m⁻³ (humans) and 146mg.m⁻³ (dummy) and for the surgery hand rub the concentrations were 617mg.m⁻³ (humans) and 631mg.m⁻³ (dummy)^{16, 17}. In real conditions, Hautemanière *et al* found that after 4 hours of ABHRS use, healthcare workers were exposed at the mean concentration of ethanol in the air breathed-in of 46.2mg.m⁻³¹⁸. Our results are similar to those in the literature for healthcare workers allow us to say that the results obtained for patients in terms of magnitude are valid. The concentration values obtained are below the Occupational Exposure Limit Value (ELV). In France, the ELV is 1000 ppm (or 1900 mg.m⁻³). They are given an 8-hour exposure period corresponding to our experience allowing us to compare the values.

Another limitation of this study is the few days of testing. We can not thus conclude on the importance of humidity and air temperature in the diffusion of ethanol (hydrophilic molecule) in the room. Two options are available to us. The first would be to repeat a series of measurements in a room with controlled humidity and or cooled. This hypothesis leads us to the problem of the choice of the value of the humidity and will inform us that part of the

reality of exposure to the patient because the other parameters of exhibitions. Indeed, little room in French hospitals has a controlling humidity or air conditioning in the rooms. However, opening windows, very common practice, is an important source of fluctuations in ventilation and therefore exposure. The second option we will focus is the realization of measures in hospitals in different rooms in different seasons to rightly reflect seasonal fluctuations influencing the humidity, temperature and opening windows.

The essential point of this study is the objectification of the ethanol presence in air but with low concentrations but nonzero. But the air in the hospital must clean to microorganism because these bacteria can make a hospital acquire infection. The air can be contaminated by the microorganism of patient as the MRSA or the Tuberculosis¹⁹⁻²¹ or by the outdoor air pollution²². Some methods of treating the air used in the presence of immunodepressed patients also use HEPA filters H13 or H14 as a method of air purification of Bactrian, included in addition to the filtration the UV C treatment. But this energy source has the effect of inducing a chemical reaction of the air by the production of formaldehyde, VOCs irritating and agent recognized as carcinogenic and mutagenic. Indeed this system of treatment results in oxidation of ethanol to the production of formaldehyde by the following reaction:

Ethanol → acetaldehyde → acetic acid → formaldehyde

In view of this phenomenon purely chemical, the quality of the air entering such a device should be possible in the least-loaded compounds that can generate new secondary compounds of the same level of toxicity or even worse.

Conclusion

This study show that the ethanol vapours exposure from hand disinfection products among patient and the healthcare workers during their care activities was a reality but the level was under the value limited of exposure defines by the authority.

References

1. Blazejewski C, Guerry MJ, Preau S, Durocher A, Nseir S. New methods to clean ICU rooms. *Infect Disord Drug Targets*. 2011;**11**(4):365-75
2. World Health Organization. WHO guidelines on hand hygiene in health care. Geneva: World Health Organization; 2009.
http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241597906_eng.pdf
3. Boyce JM. Measuring healthcare worker hand hygiene activity: current practices and emerging technologies. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2011;**32**(10):1016-28.
4. Liguori G, Bagattini M, Gallè F, Negrone M, Di Onofrio V, Triassi M. Automated cleaning of fan coil units with a natural detergent-disinfectant product. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*. 2010 ;**9**:29.
5. Harris N, Pisa L, Talioaga S, Vezeau T. Hospitals going green: a holistic view of the issue and the critical role of the nurse leader. *Holist Nurs Pract*. 2009 ;**23**(2):101-11.
6. Herbarth O, Fritz GJ, Rehwagen M, Richter M, Röder S, Schlink U : Association between indoor renovatoin activities and eczema in early childhood. *Int j Hyg Environ Health* 2006 ; **209** : 241-7

7. Bönisch U, Böhme A, Kohajda T, Mögel I, Schütze N, von Bergen M, Simon JC, Lehmann I, Polte T. Volatile Organic Compounds Enhance Allergic Airway Inflammation in an Experimental Mouse Model. *PLoS One*. 2012;7(7):e39817
8. Rumchev K, Brown H, Spickett J. Volatile organic compounds: do they present a risk to our health? *Rev Environ Health* 2007;22(1):39–55.
9. WHO(World Health Organization). Guidelines for Drinking-Water Quality. Chemical Aspects. Office of Publications, WHO, Geneva; 1993. Available at: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq2v1/en. Accessed March 6, 2011.
10. Casset A, De Blay F. Effets sur la santé des composés organiques volatils de l'habitat. *Rev Mal Respir* 2008 ;254:75-85.
11. Ashley DL, Bonin MA, Cardinali FL, McCraw JM, Wooten JV : Measurement of volatile organic compounds in human blood. *Environ Health Perspect* 1996 ; 104:871-7.
12. Kampf G, Ostermeyer C. World Health Organization-recommended hand-rub formulations do not meet European efficacy requirements for surgical hand disinfection in five minutes. *J Hosp Infect*. 2011;78(2):123-7.
13. Ministère de la Santé et des Solidarités. Circulaire DHOS/E2/DGS/5C/2006/121 du 13 mars 2006 relative au tableau de bord des infections nosocomiales et portant sur les modalités de calcul et de présentation de l'indicateur de volume de produits hydro-alcooliques consommé par les établissements de santé. 2006.
14. Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A. Dermal and pulmonary absorption of ethanol from alcohol-based hand rub. *J Hosp Infect*. 2012;81(1):31-5.

15. Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail AVIS Relatif à « L'évaluation des risques de l'éthanol en population professionnelle » doc in french <http://www.anses.fr/Documents/CHIM2010sa1606.pdf>
16. Hautemanière A, Cunat L, Ahmed-Lecheheb D, Hajjard F, Gerardin F, Morele Y, Hartemann P. Assessment of ethanol vapours exposure released during Alcohol-Based Hand Rubs. *J Infect Public Health*. 2013 Feb;6(1):16-26.
17. Bessonneau V, Thomas O. Assessment of exposure to alcohol vapor from alcohol-based hand rubs. *Int J Environ Res Public Health*. 2012;9(3):868-79.
18. Hautemanière A, Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P. Assessment of transpulmonary absorption of ethanol from Alcohol-Based Hand-Rub. *Am j infect control*. 2013 Mar;41(3):e15-9.
19. Eames I, Tang JW, Li Y, Wilson P. Airborne transmission of disease in hospitals. *R Soc Interface*. 2009;6:S697-702.
20. Li Y, Leung GM, Tang JW, Yang X, Chao CY, Lin JZ, Lu JW, Nielsen PV, Niu J, Qian H, Sleigh AC, Su HJ, Sundell J, Wong TW, Yuen PL. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment - a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air*. 2007;17(1):2-18.
21. Noakes CJ, Beggs CB, Sleigh PA, Kerr KG. Modelling the transmission of airborne infections in enclosed spaces. *Epidemiol Infect*. 2006;134(5):1082-91.
22. Sautour M, Sixt N, Dalle F, L'Ollivier C, Fourquenot V, Calinon C, Paul K, Valvin S, Maurel A, Aho S, Couillault G, Cachia C, Vagner O, Cuisenier B, Caillot D, Bonnin A. Profiles and seasonal distribution of airborne fungi in indoor and outdoor environments at a French hospital. *Sci Total Environ*. 2009;407(12):3766-71.

Table 1 values observed per day for the patient and the nurse

Date	Nurse exposure		Patient exposure		Consumption of HAS (ml)	Number of rub	Quantity of HAS per rub (ml)	Temperature (°C)		Humidity (%)	
	ppm	Mg m ⁻³	ppm	Mg m ⁻³				minimum	maximum	minimum	maximum
10/05/2011											
morning	271.08	510.86	121.19	228.96	62.3	25	2.49				
afternoon	115.87	218.07	436.38	821.66	51.92	23	2.26				
total					114.21	48	2.38	26.1	27.9	30	35
11/05/2011											
morning	176.47	332.72	144.57	272.03	53.03	24	2.21				
afternoon	349.21	657.10	359.31	676.67	59.84	24	2.49				
total					112.87	48	2.35	24.9	26.3	40	51
12/05/2011											
morning	142.45	268.5	109.49	206.31	61.28	25	2.45				
afternoon	146.7	276.07	135.01	254.23	51.74	23	2.25				
total					113.02	48	2.35	23.9	25.4	32	41
16/05/2011											
morning	87.17	164.74	62.72	118.77	49.11	18	2.73				
afternoon	194.54	366.20	166.90	314.97	78.36	30	2.61				
total					127.47	48	2.66	24.5	28.5	25	30
17/05/2011											
morning	103.65	195.85	107.37	202.27	57.4	24	2.39				
afternoon	159.46	300.53	169.02	318.53	58.84	24	2.45				
total					116.24	48	2.42	22.6	24.2	32	37
18/05/2011											
morning	157.86	297.50	118.53	223.36	56.22	24	2.34				
afternoon	230.15	433.74	230.68	434.26	60.51	24	2.52				
total					116.73	48	2.43	24.0	26.4	32	36

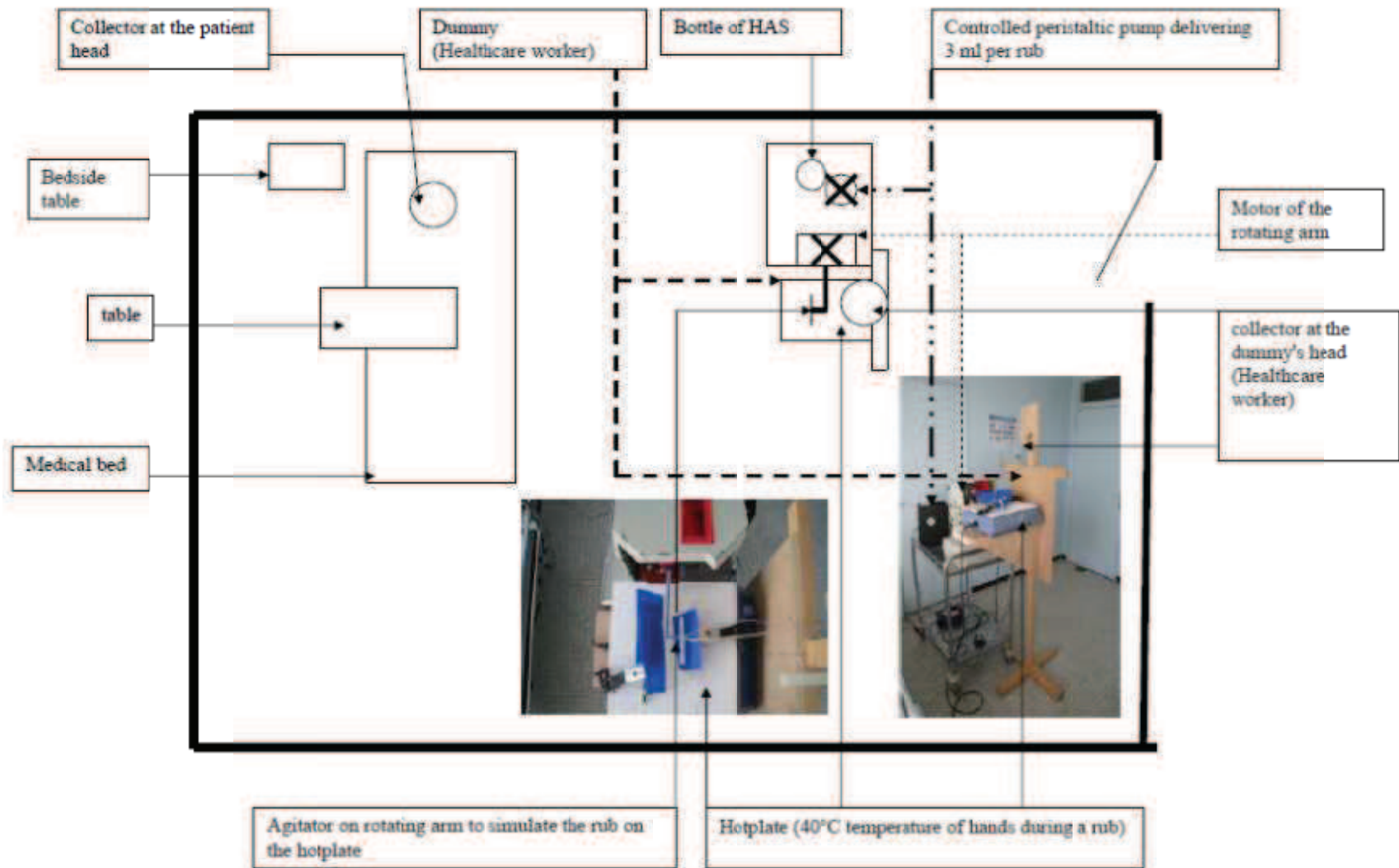


Figure n 1 experimental setup

V. Etude expérimentale et publications

Partie B : Protocoles réalisés au CHU de Nancy (Etude DEESSES)

3. Etude DEESSES et présentation des résultats relatifs à la tolérance cutanée des personnels soignants utilisant des SHA

3.1. Description épidémiologique de la population

De nombreuses études ont démontré l'amélioration de l'observance de l'hygiène des mains grâce à l'utilisation des solutions hydro-alcooliques, mais peu de travaux ont porté sur l'évaluation de qualité de la friction.

L'objectif principal de ce travail a été d'étudier pendant 3 ans après la formation du personnel soignant, l'évolution de la qualité de la friction des mains avec la SHA. Le critère de jugement principal est la superficie cutanée couverte par la SHA après la réalisation d'une friction. L'objectif secondaire est d'identifier les facteurs prédictifs de l'évolution de la qualité de la friction aux SHA.

En 2007, les agents hospitaliers du CHU de Nancy ont été formés à l'utilisation des SHA et une première évaluation de la qualité de la friction a été réalisée (T0). Parmi les agents formés, 311 agents ont été inclus pour participer à l'étude DEESSES. A la première visite dans le cadre de l'étude de faisabilité du projet DEESSES (T1), une évaluation de la friction a été réalisée et un questionnaire a été administré pour recueillir des données (T1) et des données rétrospectives (T0). La deuxième visite a été effectuée pour recueillir les données (T2) c'est-à-dire 3 ans après la formation à l'utilisation des SHA.

Une baisse significative a été observée dans le respect de la qualité de friction à T2 par rapport à T1 et T0. La qualité de la friction a été évaluée « Bien » chez 44,8% des agents à T2, 72,8% à T1 et 97% à T0. Le temps de friction est plus respecté en T2 (47,5%) par rapport à T1 (34,3%) mais reste nettement inférieur, par rapport à T0 (96,4%). Le pourcentage de la zone non frictionnée sur la paume de la main dominante à T0 était de 0,7% ($\pm 1,8\%$), à T1 de 1,7% ($\pm 3,7\%$) et à T2 de 4% ($\pm 5,3\%$). Le pourcentage de la zone non frictionnée sur le dos de la main dominante à T0 était de 2,6% ($\pm 4,7\%$), à T1 de 4,6% ($\pm 6,7\%$) et à T2 de 9,5% ($\pm 14,7\%$).

L'étude DEESSES permettra de suivre l'évolution à long terme de la qualité de la friction, de la tolérance cutanée aux solutions hydro-alcooliques et des facteurs sociaux potentiellement impliqués dans l'évolution de la qualité de friction.

3.1.1 Résultats des inclusions de la population DEESSES à la fin de la première année de l'étude (période T0 et T1)

Les études DEESSES Prime et Seconde sont des études ancillaires issues de l'étude DEESSES. L'agent qui a signé le formulaire de consentement pour participer à DEESSES Prime ou Seconde, est forcément inclus dans la population de l'étude DEESSES.

393 agents ont été inclus dans l'étude DEESSES, dont 311 inclusions ont été validées, c'est-à-dire qu'elles respectent les critères d'inclusions. Parmi cette population, 248 agents ont été inclus pour participer à l'étude DEESSES Prime dont 68 agents ont accepté de participer à l'étude DEESSE Seconde (Figure 11,12 et 13).

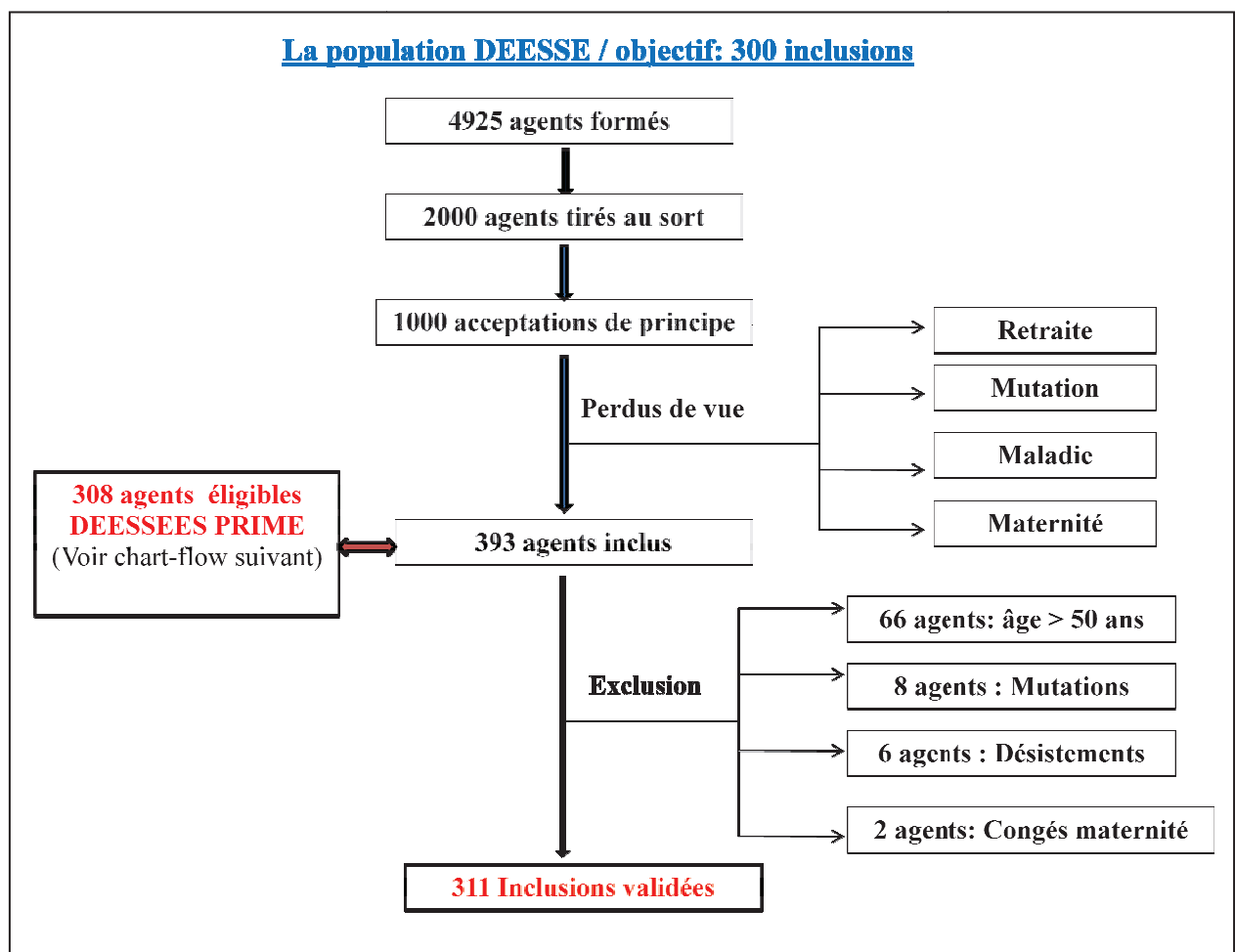


Figure 11: Flowchart de l'étude DEESSES (T1)

DEESSES Prime/ objectif: 250 inclusions

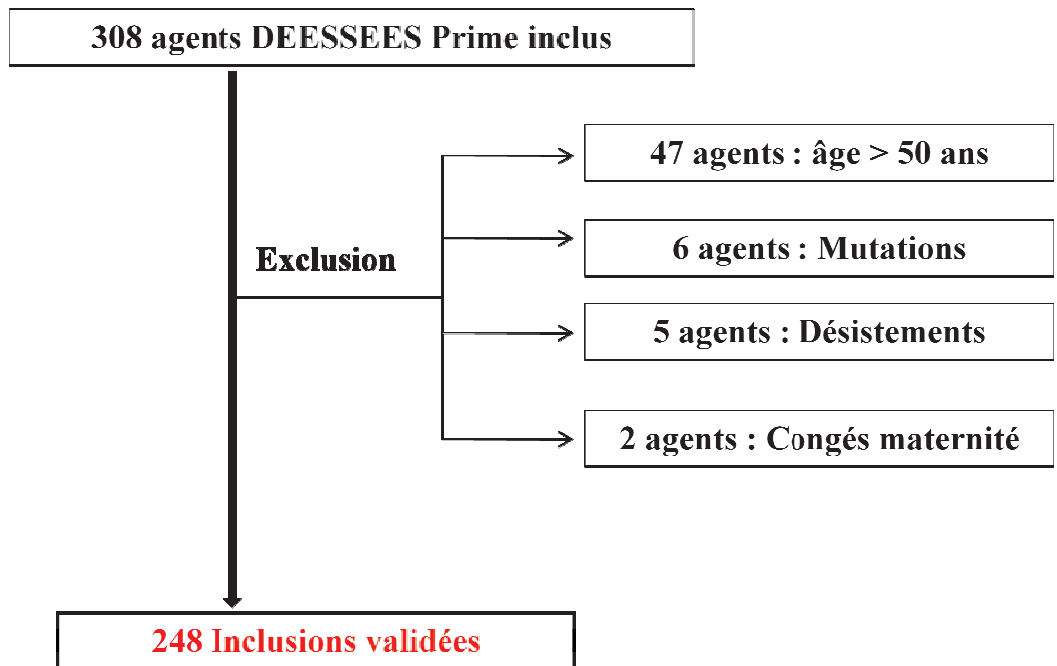


Figure 12: Flowchart de l'étude DEESSES Prime (T1)

DEESSE Seconde/ objectif: 27 inclusions

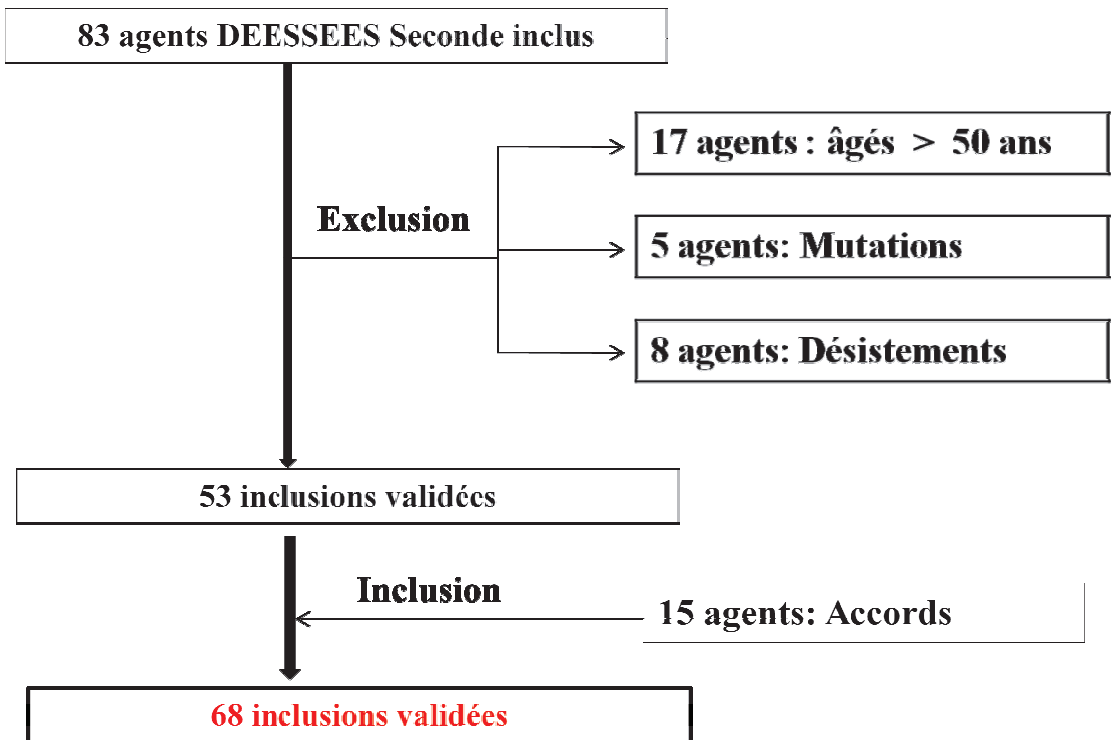
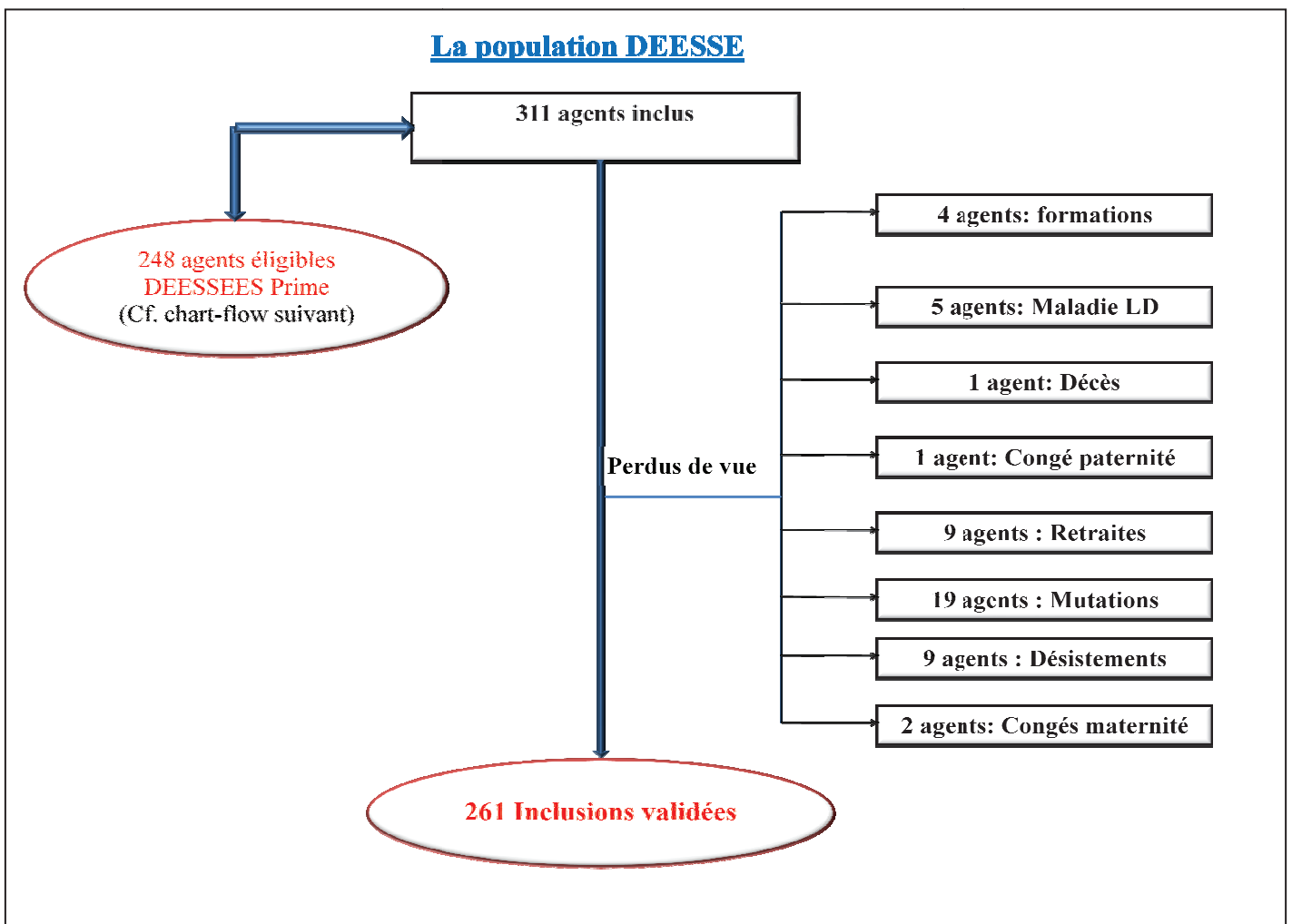


Figure 13: Flowchart de l'étude DEESSES Seconde (T1)

3.1.2. Résultats des inclusions de la population DEESSES à la fin de la deuxième année de l'étude (période T2)

311 inclusions ont été validées à la fin de la période T1 (Figure 14). Parmi cette population, 248 agents ont accepté de participer à l'étude DEESSES Prime dont 68 agents ont donné leur accord pour participer à l'étude DEESSES Seconde (Figure 15 et 16). À la fin de la période T2, nous avons inclus à nouveau 261 agents DEESSES, dont 212 agents DEESSES Prime, dont 59 agents DEESSES Seconde (Figure 14, 15 et 16).



Maladie LD: Maladie longue durée.

Figure 14: Flowchart de l'étude DEESSES (T2)

La population DEESSES Prime

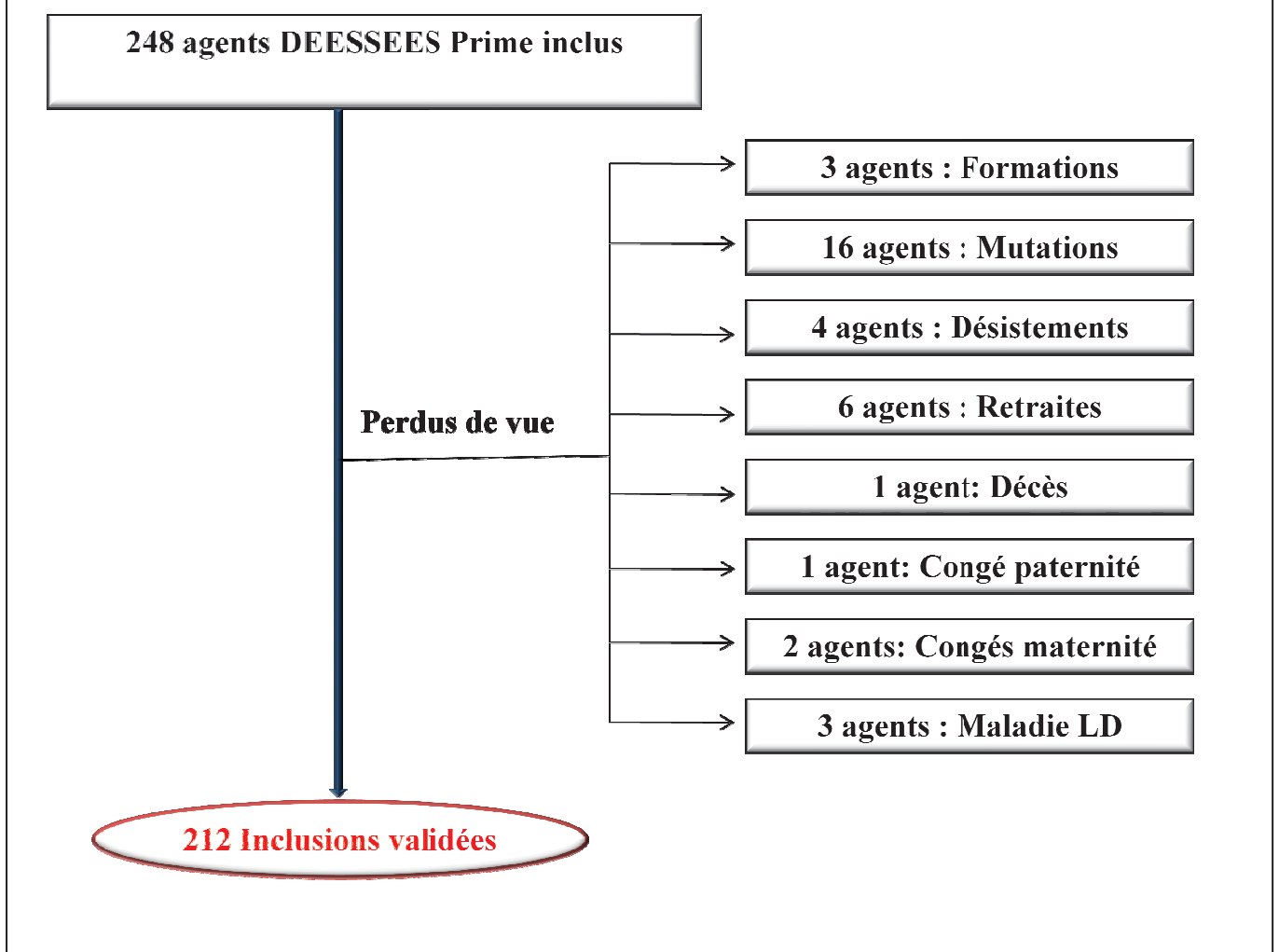


Figure 15: Flowchart de l'étude DEESSES Prime (T2)

La population DEESSE Seconde

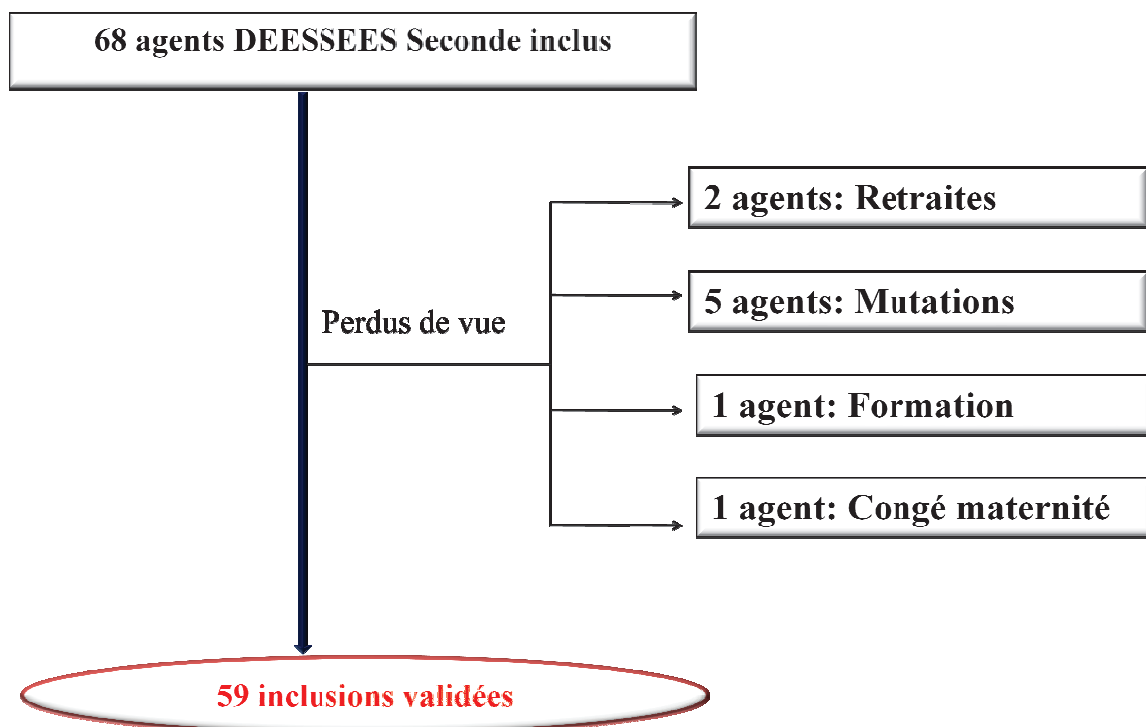


Figure 16: Flowchart de l'étude DEESSES Seconde (T2)

Le tableau 9, présente une synthèse des inclusions validées pour chaque étude, lors des évaluations à T0, T1 et T2

Tableau 9 : Synthèse de la population DEESSES validée pour évaluation à T0, T1, T2

	Evaluation à T0 (agents)	Evaluation à T1 (début de l'étude) (agents)	Evaluation à T2 (agents)
Etude DEESSES	311	311	261
Etude DEESSES Prime	248	248	212
Etude DEESSES Seconde	68	68	59

3.1.3. Analyse descriptive de la population DEESSES inclus à T1

La description de la population de T0 et T1 est identique, seule la présentation de l'échantillon de T1 sera détaillée.

3.1.3.1. Caractéristiques de la population DEESSES (T1)

La population étudiée est composée de 311 agents dont 92,9% sont des femmes. La moyenne d'âge est de (39 ± 7) ans avec des valeurs extrêmes égales à [23-50] ans.

Le poids moyen est de $67,5 \pm 17,8$ kg, pour une taille moyenne de $1,65 \pm 0,07$ m. L'indice de masse corporelle (IMC) moyen est donc de $25,9 \pm 6,5$ kg/m². D'après les critères définis par l'organisation mondiale de la santé, la corpulence moyenne de notre population est normale. 92% de la population sont droitiers, 5,4% sont gauchers et 2,6% sont ambidextres (Figure 17).

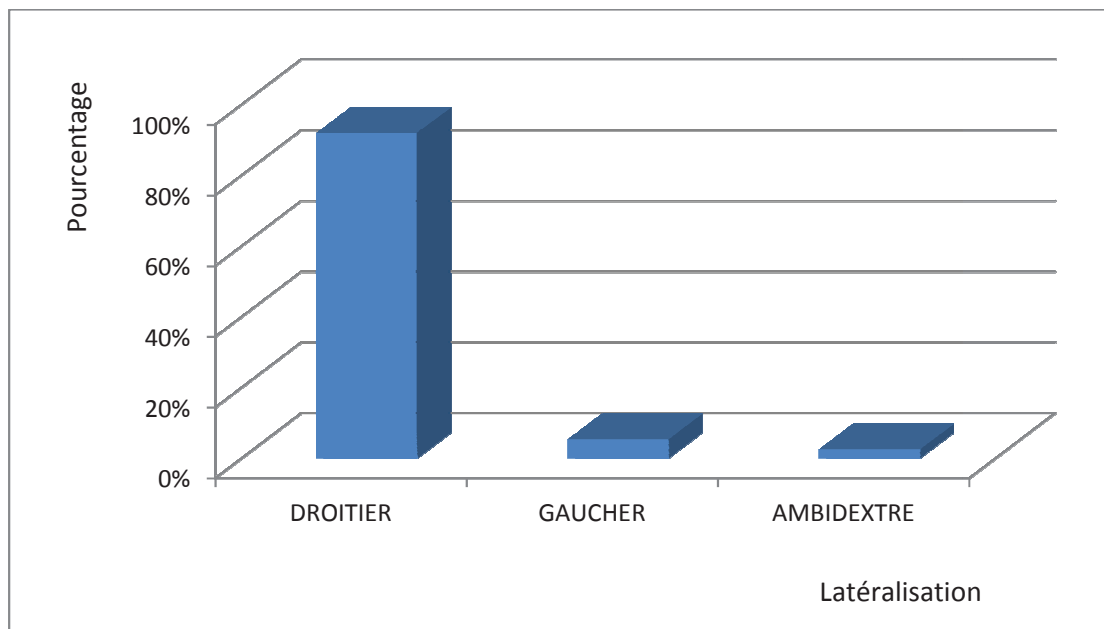


Figure 17 : Latéralisation de la population DEESSES inclus à T1

D'après la classification de Fitzpatrick (Tableau 5), 8% de la population a une peau de type I, c'est-à-dire, peau très claire, taches de rousseur, yeux clairs, cheveux blond-roux. Plus de la moitié de la population (58,8%) a une peau de type II (peau claire, taches de rousseur, souvent yeux clairs, cheveux clairs ou châains), 30,5% a une peau de type III (peau légèrement mate, yeux bruns ou clairs, cheveux bruns). Seulement 1,9% des agents ont une peau de type IV (peau très mate, yeux bruns, cheveux bruns foncés ou noirs), 0,3% ont une peau de type V (peau foncée, yeux foncés, cheveux noirs), 0,3% ont une peau de type VI (peau noire, yeux noirs, cheveux noirs) (Figure 18). Le tableau 12, montre la répartition détaillée de la population selon le genre.

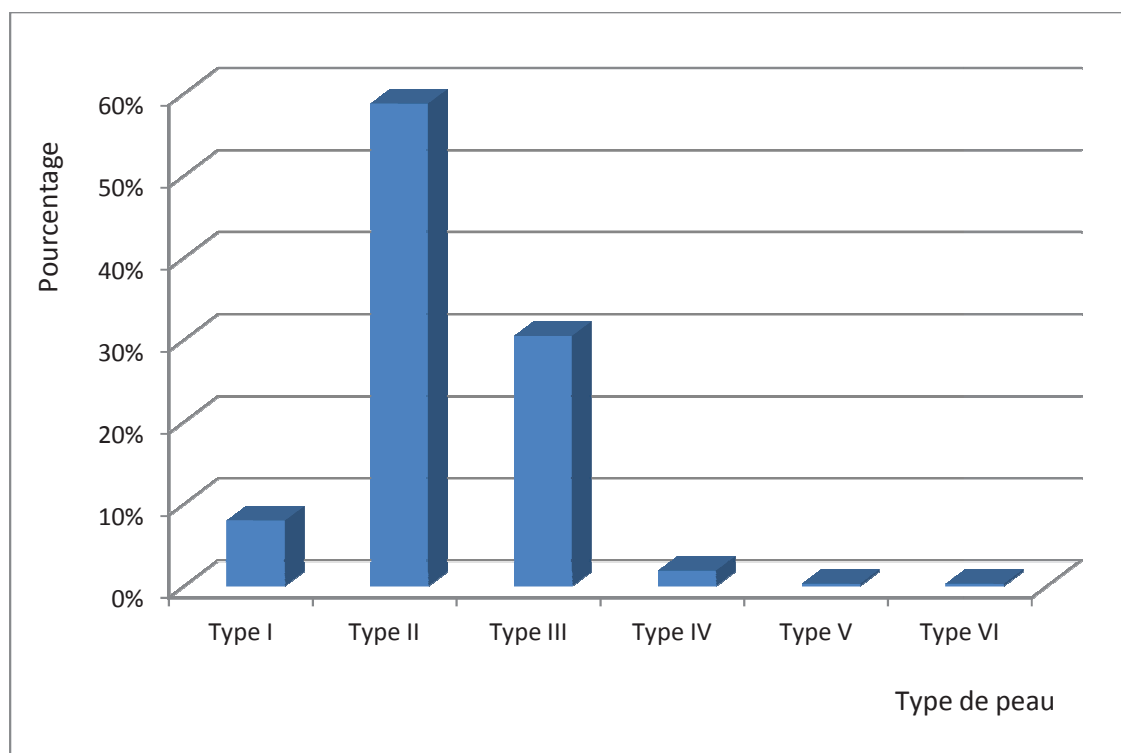


Figure 18: Répartition de la population DEESSES inclus à T1 selon la classification de Fitzpatrick

3.1.3.2. Activité professionnelle de la population DEESSES (T1)

Notre population est composée principalement par des infirmières (37,6%), des aides soignantes (23,8%) et des agents du service hospitalier (13,8%). Les médecins représentent seulement 0,6% de notre échantillon. Les brancardiers représentent 1,6%, les secrétaires et les techniciens de laboratoires 1,3% et 7% respectivement. La catégorie « autre » représentée par 14,8% regroupe essentiellement, les manipulateurs radiologie, les cadres de santé, les pharmaciens et les préparateurs en pharmacie, les diététiciennes, les assistantes sociales et les assistants de recherche clinique (Figure 19). 97,4% des agents sont titulaires de leur poste.

La répartition de la population sur les différents secteurs d'activité médicale n'est pas homogène. Les principaux services sont : secteur médecine (34,7%), secteur chirurgie (17%), secteur réanimation et soins intensifs (10,3%), consultation (8,4%). La figure 20, représente la répartition de la population selon l'ensemble des secteurs d'activité professionnelle.

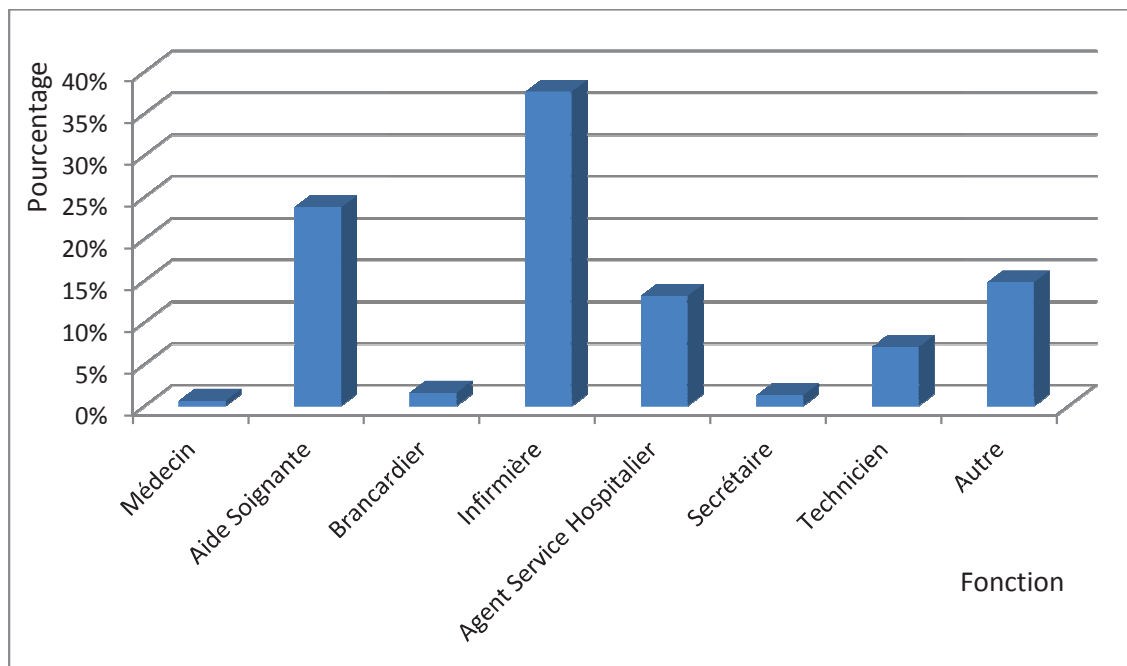


Figure 19: Répartition de la population DEESSES inclus à T1 selon l'activité professionnelle

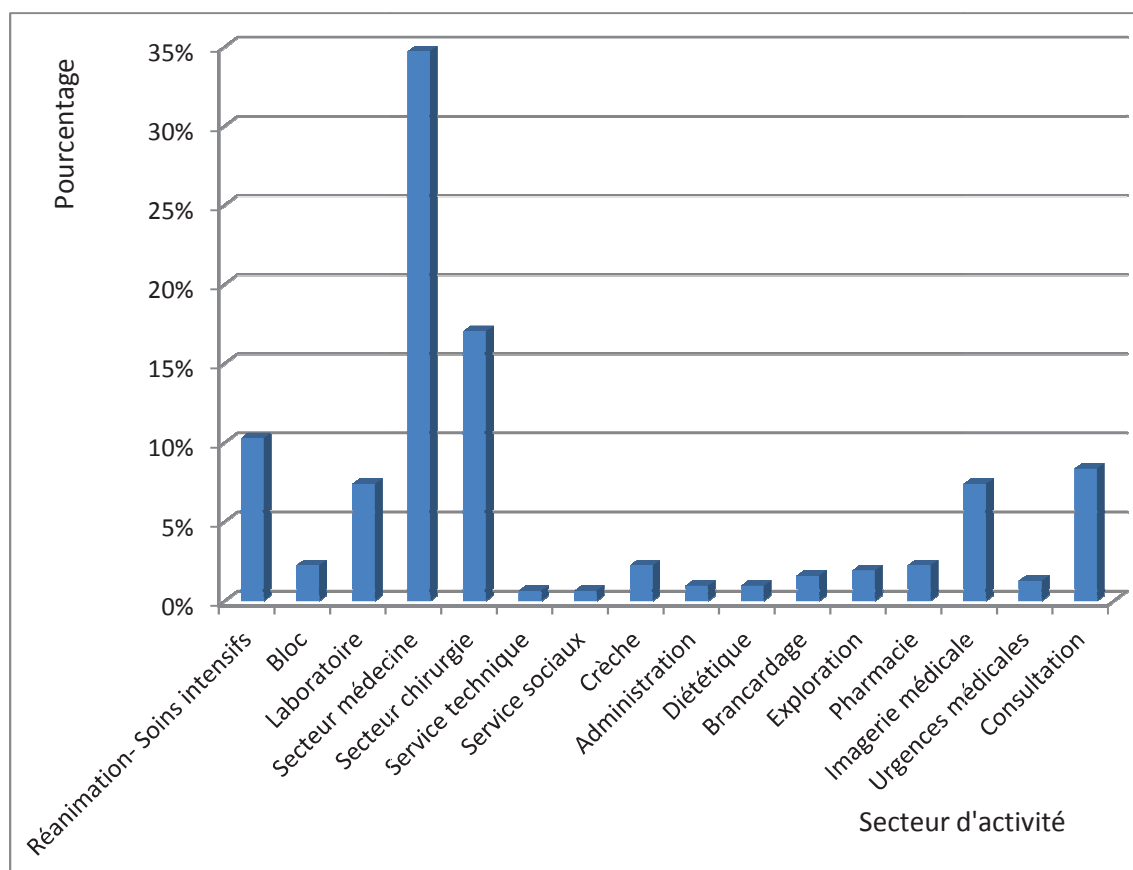


Figure 20: Répartition de la population DEESSES inclus à T1 selon le secteur d'activité professionnelle

Les agents de l'étude DEESSES travaillent en milieu hospitalier en moyenne depuis 14,3 ans, et dans leur service actuel depuis 8,4 ans. Ces agents occupent leur fonction actuelle depuis 14,1 ans en moyenne (Tableau 10). La majorité des agents ne travaille jamais la nuit (69,1%) et travaille une à deux fois par mois le week-end (44%) (Tableau 11).

Tableau 10: Durée de travail des agents en milieu hospitalier

	Moyenne ± Ecart-type (Année)	IC 95%
Durée de travail en milieu hospitalier	14,3 ± 8,6	[2 – 33]
Durée de travail dans le service actuel	8,4 ± 7	[1 – 29]
Durée d'occupation de la fonction actuelle	14,1 ± 8,7	[1 – 33]

Tableau 11: Fréquence de travail le week-end et la nuit des agents participants à l'étude

	Jamais n (%)	Une à deux fois par mois n (%)	Plus de deux fois par mois n (%)
Travail le week-end	102 (32,8)	137 (44)	72 (23,1)
Travail la nuit	215 (69,1)	60 (19,3)	36 (11,6)

3.1.3.3. Données médicales de la population DEESSES (T1)

Près de la moitié de la population (49,2%) déclare exercer une activité physique régulière. Sur la période des inclusions T1, 2,1% des femmes étaient enceintes et 33,2% étaient sous contraception orale. 27% des femmes n'ont jamais eu de grossesses antérieures. 19% de la population déclare fumer régulièrement, dont 18% de femmes. Dans la population étudiée, 18,3% déclare ne jamais consommer d'alcool, 35,4% consomme de l'alcool uniquement pendant les fêtes, 7,7% une fois par mois au moins, 18% entre 2 et 4 fois par mois, 28% entre 2 ou 3 fois par semaine, 1,6% entre 4 ou 6 fois par semaine. Seulement 0,3% des agents déclarent consommer de l'alcool tous les jours. 62,4% de la population consomment 1 à 2 verres d'alcool par occasion. Dans 86,8% des cas, les agents déclarent ne jamais consommer plus de 6 verres d'alcool par occasion. Seulement 1,6% des participants déclarent avoir l'impression de boire trop d'alcool et 1% ressent la nécessité de diminuer la consommation d'alcool.

23,5% des cas ont signalé avoir déjà été en arrêt maladie suite à un problème concernant leur profession actuelle. 23,5% de la population, majoritairement des femmes, déclarent suivre un traitement médical au long cours.

Dans la population incluse, plus de la moitié des agents (51,1%) déclarent présenter au moins une affection psychologique et près de la moitié (48,2%) au moins une affection dermatologique, 37,3% au moins une affection allergique, 16,7% au moins une affection cardiaque (principalement des femmes), 12,9% au moins une affection métabolique (principalement des femmes), 7,7% au moins une affection pulmonaire, 7,4% au moins une affection digestive (principalement des femmes), 7,1% au moins une affection neurologique. Plus de la moitié de la population déclare présenter différents types de pathologies, ces derniers ont été classés dans la catégorie « autre » (Tableau 12). La fréquence détaillée de l'ensemble des pathologies citées auparavant est présenté dans le tableau 13.

Les données du questionnaire DEESSES à T0 ont été recueillies lors de l'évaluation à T1, il n'y a pas de différence significative pour les items portant sur les caractéristiques de la population et les données médicales entre T0 et T1.

Tableau 12: Caractéristiques et données médicales de la population DEESSES inclus à T1

Caractéristiques	Femmes (n=289)	Hommes (n=22)
Age (Années)	39 ± 7	39 ± 6
Types de peau :	n (%)	n (%)
Type I	24 (8,3)	1 (4,5)
Type II	176 (60,9)	7 (31,8)
Type III	81 (28)	14 (63,6)
Type IV	6 (1,9)	0
Type V	1 (0,3)	0
Type VI	1 (0,3)	0
IMC (kg/m ²) : Moyenne ± Ecart-type	24,1 ± 4,8	24,2 ± 2,9
Activité physique : n (%)	135 (46,7)	18 (81,8)
Nombre de grossesse antérieures:	n (%)	n (%)
0	78 (27)	-
1	63 (21,8)	-
2	98 (33,9)	-
3	40 (13,8)	-
4	6 (2,1)	-
5	2 (0,7)	-
8	1 (0,3)	-

10	1 (0,3)	-
Contraception orale à T1	96 (33,2)	-
Enceinte à T1	6 (2,1)	-
Consommation du tabac: n (%)	n (%)	n (%)
Régulièrement	52 (18)	7 (31,8)
Occasionnellement	7 (2,4)	1 (4,5)
Nombre de cigarettes par jours : Moyenne ± Ecart-type	10,7 ± 5,7	7,7 ± 5,7
Consommation de tabac auparavant	57 (19,7)	5 (22,7)
Nombre de cigarettes/ Nombre d'années (Moyenne ± Ecart-type)	12,7 ± 8,6 / 11,8 ± 6,5	7,6 ± 3,4 / 14,4 ± 3,8
Consommation d'alcool:	n (%)	n (%)
Jamais	56 (19,4)	1 (4,5)
Uniquement pendant les fêtes	105 (36,3)	5 (22,7)
Une fois par mois au moins	23 (8)	1 (4,5)
Entre 2 et 4 fois par mois	79 (27,3)	8 (36,4)
2 ou 3 fois par semaine	22 (7,6)	5 (22,7)
4 ou 6 fois par semaine	3 (1)	2 (9,1)
Tous les jours	1 (0,3)	0
Nombre de verres par occasion:	n (%)	n (%)
1 à 2 verres par occasion	183 (63,3)	11 (50)
3 à 4 verres par occasion	40 (13,8)	7 (31,8)
5 à 6 verres par occasion	5 (1,7)	3 (13,6)
Consommation de plus de 6 verres d'alcool par occasion:	n (%)	n (%)
Jamais	260 (90)	10 (45,4)
Moins d'une fois par mois	25 (8,6)	10 (45,4)
Une fois par mois	2 (0,7)	2 (9,1)
Une fois par semaine	1 (0,3)	0
Ressentir la nécessité de diminuer la consommation d'alcool	1 (0,3)	2 (9,1)
Remarques de l'entourage à propos de la consommation d'alcool	0	1 (4,5)
Avoir l'impression de boire trop	2 (0,7)	3 (13,6)
Pathologies:	n (%)	n (%)
Allergies	112 (38,7)	4 (18,2)
Affection cardiaque	52 (18)	0
Affection pulmonaire	23 (7,9)	1 (4,5)
affection dermatologique	144 (49,8)	6 (27,3)
Affection digestive	23 (7,9)	0
Affection métabolique	40 (13,8)	0
Affection neurologique	21 (7,3)	1 (4,5)
Affection psychologique	156 (54)	3 (13,6)
Autres affections	154 (54)	10 (45,4)
Arrêt maladie	68 (23,5)	5 (22,7)
Traitement médical au long cours à T1	73 (25,2)	0

Tableau 13: Pathologies déclarées par auto-évaluation à T1

Pathologies : n (%)	Femmes (n=289)	Hommes (n=22)
Allergies		
Asthme	18 (6,2)	0
Eczéma	45 (15,6)	0
Rhino-conjonctivite	38 (13,1)	4 (18,2)
Allergies alimentaires	12 (4,1)	0
Autres allergies	39 (13,5)	0
Affection cardiaque		
Hypertension artérielle	19 (6,6)	0
Infarctus du myocarde	1 (0,3)	0
Troubles du rythme cardiaque	10 (3,5)	0
Insuffisance cardiaque	1 (0,3)	0
Cardiopathie ischémique	0	0
Pathologie veineuse	28 (9,7)	0
Accident vasculaire cérébral	0	0
Autre	3 (1)	0
Affection pulmonaire		
Bronchite chronique	10 (3,5)	0
Insuffisance respiratoire	0	0
Infections pulmonaires à répétitions	1 (0,3)	0
Asthme bronchite	12 (4,1)	0
Autre	4 (1,4)	0
Affection dermatologique		
Psoriasis	20 (6,9)	0
Urticair	10 (3,5)	0
Sécheresse cutanée	110 (38)	5 (22,7)
Lupus	1 (0,3)	0
Dermite irritante de contact : sensation de brûlures	8 (2,8)	0
Dermite irritante de contact : démangeaisons	33 (11,4)	0
Dermite irritante de contact : ampoules, suintements	6 (2)	0
Dermite irritante de contact : mains rouges, sèches, crevassées	65 (22,5)	0
Dermite allergique de contact : démangeaisons graves	4 (1,4)	0
Dermite allergique de contact : rougissement	19 (6,6)	1 (4,5)
Dermite allergique de contact : enflure locale	4 (1,4)	0
Autre	4 (1,4)	0
Affection digestive		
Ulcère	10 (3,5)	0
Insuffisance hépatique	1 (0,3)	0
Cirrhose	0	0
Pancréatite	0	0
Autre	12 (4,1)	0
Affection métabolique		
Diabète	1 (0,3)	0

Dyslipidémie	4 (1,4)	0
Goutte	0	0
Problème thyroïdien	33 (11,4)	0
Obésité	9 (3,1)	0
Autre	0	0
Affection neurologique		
Sclérose en plaques	0	1 (4,5)
Maladie de Parkinson	0	0
Vertiges	13 (4,5)	1 (4,5)
Epilepsie	0	0
Fibromyalgie	1 (0,3)	0
Paralysie	0	0
Delirium tremens	0	0
Neuropathie périphérique	1 (0,3)	0
Autre	6 (2)	0
Affection psychologique		
Stress	128 (44,3)	2 (9)
Anxiété	98 (33,9)	1 (4,5)
Dépression	20 (6,9)	2 (9)
Surmenage	40 (13,8)	1 (4,5)
Troubles du sommeil, insomnies	90 (31,1)	4 (18,2)
Autres affection		
Infection urinaire	27 (9,3)	0
Hémorragie	1 (0,3)	0
Douleurs : rachis	84 (29,1)	8 (36,4)
Douleurs : appareil locomoteur	38 (13,1)	4 (18,2)
Douleurs : digestive	28 (9,7)	1 (4,5)
Douleurs : céphalées	88 (30,4)	1 (4,5)
Douleurs : autres	1 (0,3)	0
Affection ostéo-articulaire	29 (10)	1 (4,5)
Tumeurs	4 (1,4)	0
Autres affection	1 (0,3)	0

3.1.3.4. Données relatives à l'utilisation des solutions hydro-alcooliques (T1)

3.1.3.4.1. Environnement professionnel (T0 versus T1)

Le tableau 14 résume, les résultats des questionnaires T0 versus T1, portant sur l'environnement professionnel. Les agents déclarent disposer de points d'eau dans toutes les chambres en milieu hospitalier pour 79,7% des cas à T0 comme à T1, des distributeurs de savon doux dans toutes les chambres dans 57,2% des cas à T0 et 54,7% à T1.

Les distributeurs de SHA n'ont pas été installés partout en milieu hospitalier à T0 (à deux ans précédant l'évaluation T1), les agents signalent la présence des distributeurs de SHA dans ou devant toutes les chambres, dans seulement 1% des cas, en revanche, la présence des distributeurs de savon antiseptique dans 95,8% des cas. Les services de soins ne disposaient pas de protocole écrit concernant l'utilisation des SHA.

Lors de l'évaluation à T1, les agents signalent, la présence des distributeurs de SHA dans 97,4% des cas, et les distributeurs de savon antiseptique dans 8,7% des cas. 88,4% des agents signalent la présence d'un protocole écrit concernant l'utilisation des SHA dans les services.

Tableau 14: Environnement professionnel (T0 versus T1)

Environnement professionnel n= 311	T0 n (%)	T1 n (%)	P value
Point d'eau dans toutes les chambres	248 (79,7)	248 (79,7)	NA*
Distributeur de savon doux dans toutes les chambres	178 (57,2)	170 (54,7)	0,5
Distributeur de SHA dans ou devant toutes les chambres	3 (1)	303 (97,4)	<0,0001
Distributeur de savon antiseptique dans le service	298 (95,8)	27 (8,7)	<0,0001
Distributeur de papier essuie-mains dans toutes les chambres	219 (70,4)	221 (71,1)	0,86
Dans la salle de soins, les poubelles sont pourvues de couvercle	35 (11,2)	39 (12,5)	0,62
Dans la salle de soins, les poubelles sont à commande non manuelle	284 (91,3)	284 (91,3)	NA*

Le service de soin dispose d'un protocole écrit concernant l'utilisation des SHA	0	275 (88,4)	NA*
Le protocole concernant l'utilisation des SHA est connu de tout le personnel	0	265 (85,2)	NA*
Personnel de santé ayant le sentiment que son équipe est en sous-effectif	166 (53,4)	171 (55)	0,68
Personnel de santé ayant le sentiment de ne pas avoir assez de temps pour faire son travail, de travailler dans l'urgence	186 (59,8)	199 (64)	0,28
Ruptures de stock de SHA le dernier mois	-	18 (5,8)	NA*

NA* : Non Adapté,

Les comparaisons ont été réalisées en utilisant le test Khi-deux.

3.1.3.4.2. Pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA (T1)

Les résultats présentés dans le tableau 15 concernent uniquement les évaluations à T1, les items portant sur les pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA en milieu hospitalier n'ont pas été recueillis à T0.

Tableau 15: Pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA (T1)

Pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA n= 311	
Techniques de lavage des mains pratiquées régulièrement par le personnel de santé	n (%)
Lavage simple au savon doux (type I)	305 (98,1)
Lavage hygiénique des mains avec antiseptique (type II)	36 (11,6)
Friction avec SHA	293 (94,2)
Désinfection chirurgicale des mains (type III)	9 (2,9)
Friction chirurgicale des mains avec SHA	5 (1,6)
Concernant les SHA	n (%)
Les SHA sont des solutions de désinfection des mains	306 (98,4)
Les SHA sont des solutions de désinfection du matériel ?	5 (1,6)
Les SHA sont des solutions de détergence des mains ?	45 (14,5)
Efficacité des solutions hydro-alcooliques	n (%)
Elevée	261 (83,9)
Moyenne	46 (14,8)
Médiocre	0
Inefficace	0

NSP	4 (1,3)
L'utilisation des SHA est plus pratique que celle du savon antiseptique	282 (90,7)
Personnels ayant rencontrés des difficultés pour utiliser les SHA	77 (24,7)
Difficultés rencontrés à l'utilisation des SHA	n (%)
Apparition de signes d'allergie (eczéma, asthme,...)	20 (6,4)
Dessèchement des mains	55 (17,7)
Perte de temps	5 (1,6)
Manque de produit à disposition	2 (0,6)
Difficultés de la technique	2 (0,6)
Difficultés d'obtention du produit	3 (1)
Autre	9 (2,9)
Céphalées	1 (0,3)
Irritations des voies respiratoires supérieures	9 (2,9)
Irritations des yeux	8 (2,6)
Vertiges	3 (1)
Etat d'ébriété	0
Tolérance cutanée aux SHA	n (%)
Excellente	37 (11,9)
Bonne	201 (64,6)
Moyenne	55 (17,7)
Mauvaise/ Intolérance totale	17 (5,5)
NSP	1 (0,3)
L'usage des SHA fait gagner du temps	267 (85,8)
Technique d'utilisation des SHA	n (%)
Très simple	125 (40,2)
Simple	182 (58,5)
Complicquée	4 (1,3)
Très compliquée	0
NSP	0
Manipulation des solutions corrosives (solutions acides et/ou alcalines) en milieu professionnel ou privé	n (%)
Très fréquemment	26 (8,4)
Parfois	101 (32,5)
Rarement	52 (16,7)
Jamais	132 (42,4)
Manipulation des solvants (white spirit, vernis...) ou des radicaux libres (eau oxygénée) en milieu professionnel ou privé	n (%)
Très fréquemment	9 (2,9)
Parfois	121 (38,9)
Rarement	83 (26,7)
Jamais	98 (31,5)
Exposition à des températures excessives (chaud ou froid) en milieu professionnel ou privé	n (%)
Très fréquemment	36 (11,6)
Parfois	111 (35,7)
Rarement	65 (20,9)
Jamais	99 (31,8)
Exposition à des pressions mécaniques en milieu professionnel ou privé	n (%)
Très fréquemment	20 (6,4)

Parfois	66 (21,2)
Rarement	51 (16,4)
Jamais	174 (55,9)
Port de gants	n (%)
Toujours	57 (18,3)
Souvent	182 (58,5)
Quelquefois	59 (19)
Jamais	13 (4,2)

3.1.3.5. Questions d'ordre sociologique (T0 versus T1)

Dans cette partie du questionnaire DEESSES, les participants ont été interrogés sur l'esthétique et le degré d'importance porté à l'apparence physique, le port et retrait des bijoux en milieu de travail, les contraintes vestimentaires et esthétiques liées à l'exercice de leur profession. Il n'y a pas de différences significatives pour ces items entre T0 et T1. Les données concernant, les artifices esthétiques, l'esthétique corporelle et l'idéal féminin n'ont pas été recueillis à T0. Les réponses aux différents items traités dans les questionnaires DEESSES sont présentées dans le tableau 16.

Tableau 16: Questions d'ordre sociologique (T0 versus T1)

Questions d'ordre sociologique n= 311	T0 n (%)	T1 n (%)
Vous maquillez-vous ?		
Jamais	33 (10,6)	33 (10,6)
Uniquement hors hôpital	18 (5,8)	17 (5,5)
Toujours	160 (51,4)	163 (52,4)
Quelquefois	75 (24,1)	75 (24,1)
Non concerné	23 (7,4)	23 (7,4)
Vos ongles sont		
Coupés ras	189 (60,8)	189 (60,8)
Longueur normale	100 (32,1)	101 (32,5)
Longs	21 (6,7)	21 (6,7)

Avec vernis	16 (5,1)	17 (5,5)
Avec faux ongles	4 (1,3)	5 (1,6)
Fréquence d'avoir des ongles longs et/ou vernis ou des faux ongles		
Toujours	7 (2,2)	7 (2,2)
Souvent	9 (2,9)	9 (2,9)
Quelquefois	26 (8,4)	27 (8,7)
Jamais	247 (79,4)	244 (78,4)
Non concerné	22 (7,1)	24 (7,7)
Dans votre vie quotidienne, portez-vous des bijoux ?		
Oui	275 (88,4)	275 (88,4)
Fréquence de port de bijoux		
(n= 275)	(n= 275)	(n= 275)
Tout le temps	199 (72,4)	199 (72,4)
Parfois	66 (24)	66 (24)
Rarement	10 (3,6)	10 (3,6)
Types de bijoux ?		
(n= 275)	(n= 275)	(n= 275)
Bague / Chevalière	183 (66,5)	184 (67,1)
Alliance	153 (55,6)	155 (56,4)
Montre	148 (53,8)	147 (53,4)
Bracelet / Gourmante	113 (41,1)	113 (41,1)
Piercing	21 (7,6)	22 (8)
Autre (boucles d'oreilles, collier)	147 (53,4)	147 (53,4)
Quelle importance portez-vous à votre apparence :		
Dans votre vie quotidienne ? (moyenne ± Ecart-type)/ [min – max]	(7,4 ± 1,2)/ [1 – 10]	(6,7 ± 1,8)/ [1 – 10]
Dans votre lieu de travail ? (moyenne ± Ecart-type)/ [min – max]	(7 ± 1,8)/ [1 – 10]	(6,9 ± 1,8)/ [1 – 10]
Vous sentez-vous plus à votre avantage lorsque :		
Vous portez vos bijoux ?	143 (46)	144 (46,3)
Vous vous maquillez ?	212 (68,2)	211 (67,8)
Vous avez les cheveux longs ?	77 (24,7)	78 (25)
Lorsque vous travaillez, retirez-vous votre alliance ?		
(n= 153)	(n = 155)	(n = 155)
Non	132 (86,3)	132 (85,2)
Pour quelles raisons refusez-vous de retirer votre alliance :		
(n= 132)	(n= 132)	(n= 132)
Dimension symbolique ou affective ?	100 (75,7)	100 (75,7)
Dimension esthétique ?	2 (1,5)	1 (0,7)
Dimension pratique (perte, vol, contrainte du port et du retrait) ?	43 (32,6)	43 (32,6)
Absence de risques pour le patient ?	8 (6,1)	8 (6,1)
Aucun contact avec le patient ?	12 (9,1)	12 (9,1)
Lorsque vous travaillez, retirez-vous vos bijoux ?		
(n= 275)	(n= 275)	(n= 275)
Non	76 (27,6)	76 (27,6)
Pour quelles raisons refusez-vous de retirer vos bijoux :		
(n= 76)	(n= 76)	(n= 76)
Dimension symbolique ou affective ?	22 (28,9)	23 (30,3)
Dimension esthétique ?	1 (0,3)	2 (2,6)
Dimension pratique (perte, vol, contrainte du port et du retrait) ?	37 (48,7)	41 (53,9)
Absence de risque pour le patient ?	12 (15,8)	13 (17,1)
Aucun contact avec le patient ?	20 (26,3)	23 (30,3)
Lorsque vous travaillez, retirez-vous piercing ?		
(n= 21)	(n= 22)	(n= 22)
Non	21 (100)	21 (95,4)
Pour quelles raisons refusez-vous de retirer votre piercing ?		
(n= 21)	(n= 21)	(n= 21)

Dimension symbolique ou affective ?	2 (9,5)	0
Dimension esthétique ?	1 (4,8)	2 (9,5)
Dimension pratique (perte, vol, contrainte du port et du retrait) ?	11 (52,4)	11(52,4)
Absence de risque pour le patient ?	7 (33,3)	7 (33,3)
Aucun contact avec le patient ?	10 (47,6)	10 (47,6)
Sur votre lieu de travail, comment jugez-vous les contraintes vestimentaires et esthétiques liées à l'exercice de votre profession ?		
Trop excessives	3 (1)	4 (1,3)
Nombreuses	59 (19)	59 (19)
Insuffisantes	11 (3,5)	12 (3,8)
Inexistantes	238 (76,5)	236 (75,9)
Ces contraintes ont-elles un retentissement dans votre vie privée?		
Beaucoup	1 (0,3)	2 (0,6)
Assez	6 (1,9)	4 (1,3)
Peu	16 (5,1)	16 (5,1)
Pas du tout	288 (92,6)	289 (92,9)
Selon vous, le port de bijoux, ongles longs ou vernis engendre-t-il un risque pour les patients ?		
Oui	277 (89)	277 (89)
Dans votre équipe de travail, vos collègues portent-ils des bijoux?		
Oui	242 (77,8)	241 (77,5)
Vous dérange t-il de travailler auprès de collègues portant des bijoux ?		
Oui	67 (21,5)	67 (21,5)
Avez-vous les cheveux longs ou mi-longs ?		
Oui	131 (42,1)	132 (42,4)
Les attachez-vous ?		
Toujours	n= 130	n= 132
Souvent	66 (50,8)	67 (50,7)
Quelquefois	21 (16,1)	21 (15,9)
Jamais	22 (16,9)	21 (15,9)
	21 (16,1)	23 (17,4)
Pour quelles raisons, usez-vous des artifices esthétiques ?		
Se construire symboliquement un personnage	-	17 (5,5)
Marquer sa différence	-	25 (8)
Attirer le regard de l'autre	-	15 (4,8)
Se sentir mieux dans sa peau	-	254 (81,7)
Vous considérez l'esthétique corporelle comme :		
Une liberté individuelle (choix)	-	305 (98)
Un poids culturel (contrainte imposée)	-	9 (2,9)
Êtes-vous en accord avec ces affirmations ?		
<i>La mode, la presse, les médias dans leur ensemble se font porteurs d'images qui influencent les représentations sociales, l'idée que l'on se fait de la femme :</i>		
Totalement d'accord	-	56 (18)
Plutôt d'accord	-	219 (70,4)
Pas trop d'accord	-	34 (10,9)
Pas du tout d'accord	-	2 (0,6)
<i>Le vêtement, en particulier, joue à la fois le rôle de carte d'identité sociale et de parure, incitant ou inhibant certains types de relations :</i>		
Totalement d'accord	-	29 (9,3)
Plutôt d'accord	-	222 (71,4)

Pas trop d'accord	-	57 (18,3)
Pas du tout d'accord	-	3 (1)
<i>Il existe aujourd'hui un véritable dictat de la beauté :</i>		
Totalement d'accord	-	42 (13,5)
Plutôt d'accord	-	217 (69,8)
Pas trop d'accord	-	47 (15,1)
Pas du tout d'accord	-	5 (1,6)
<i>Dans nos sociétés contemporaines, la femme idéale est jeune, belle et libérée :</i>		
Totalement d'accord	-	27 (8,7)
Plutôt d'accord	-	176 (56,6)
Pas trop d'accord	-	90 (28,9)
Pas du tout d'accord	-	18 (5,8)
Quelle personne incarne votre idéal féminin ?		
N'a pas d'idéal féminin	-	246 (79,1)
Un membre de la famille	-	22 (7,1)
Une personnalité publique	-	28 (9)
Une personne de l'entourage (hors famille)	-	15 (4,8)

3.1.4. Analyse descriptive de la population DEESSES inclus à T2

3.1.4.1. Caractéristiques de la population DEESSES (T2)

Lors de l'évaluation à T2, la population étudiée est composée de 261 agents (Figure 14) dont 92,7% de femmes. La moyenne d'âge est de (41 ± 8) ans avec des valeurs extrêmes égales à [24 - 53] ans.

Le poids moyen est de $64,4 \pm 13,7$ kg, pour une taille moyenne de $1,60 \pm 0,07$ m. La moyenne de l'IMC est de $23,7 \pm 4,7$ kg/m².

91,2% de la population sont droitiers, 6,5% sont gauchers et 2,3% sont ambidextres (Figure 21).

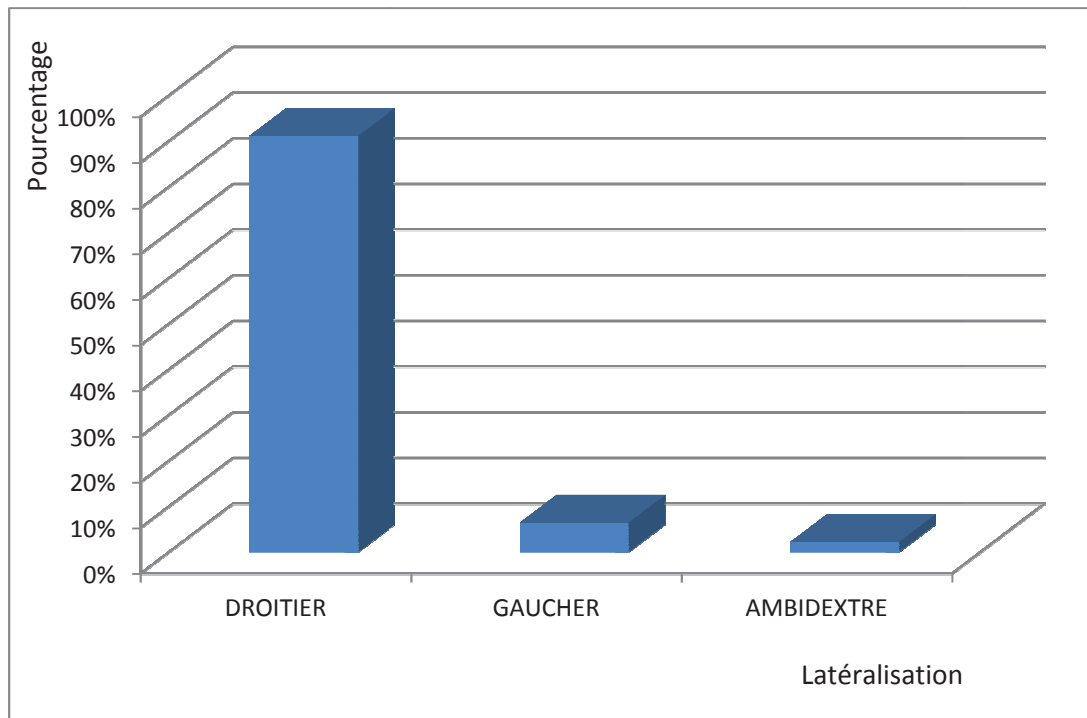


Figure 21 : Latéralisation de la population DEESSES inclus à T2

3.1.4.2. Activité professionnelle de la population DEESSES (T2)

La population DEESSES évaluée à T2 est composée principalement par des infirmières (37,9%), des aides soignantes (23,4%) et des agents du service hospitalier (14,5%). Les médecins représentent seulement 0,4% de notre échantillon. Les brancardiers représentent 1,1%, les secrétaires 1,1%, les techniciens de laboratoire 5,7%, la catégorie « autre » 15,7% (Figure 22). 98,8% des agents sont titulaires de leur poste.

La répartition de la population sur les différents secteurs d'activité médicale n'est pas homogène. Les principaux services sont : secteur médecine (34,5%), secteur chirurgie (16,1%), secteur réanimation et soins intensifs (10%), consultation (8,8%), imagerie médicale (7,7%), laboratoires (7,3%). La figure 23, représente la répartition de la population en fonction de l'ensemble des secteurs d'activité professionnelle.

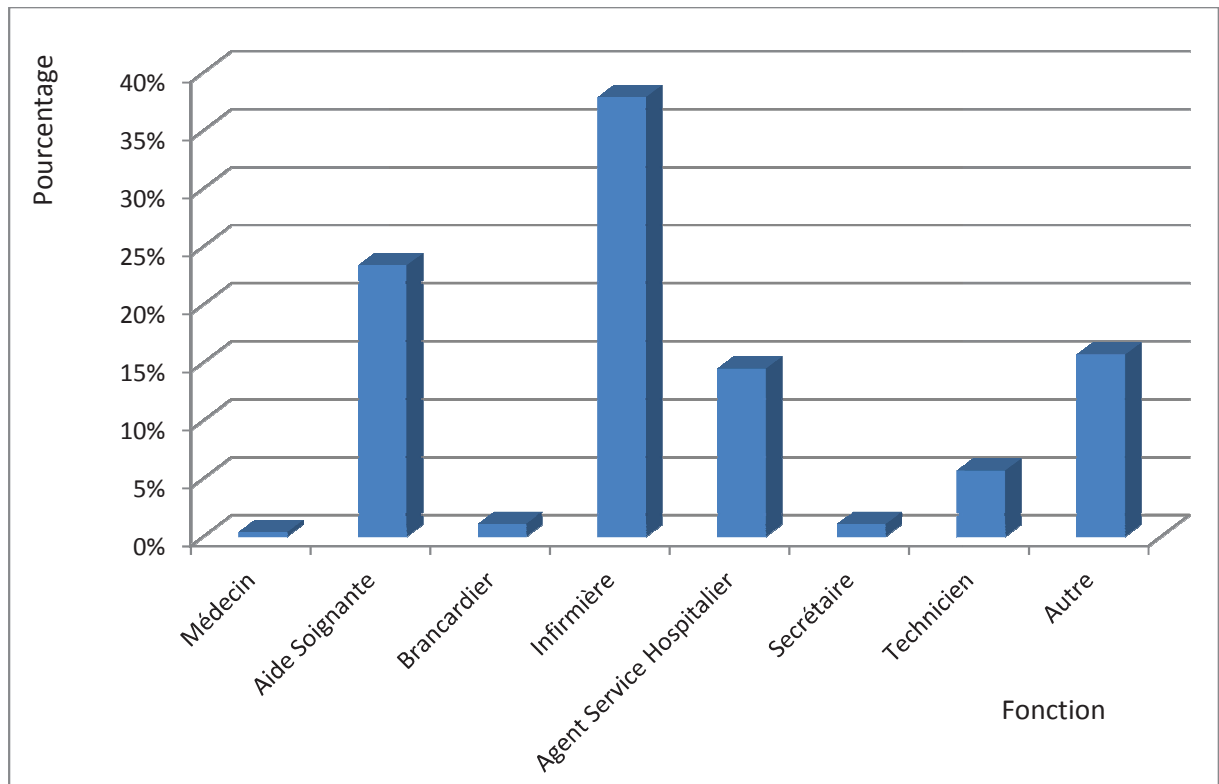


Figure 22: Répartition de la population DEESSES inclus à T2 selon l'activité professionnelle

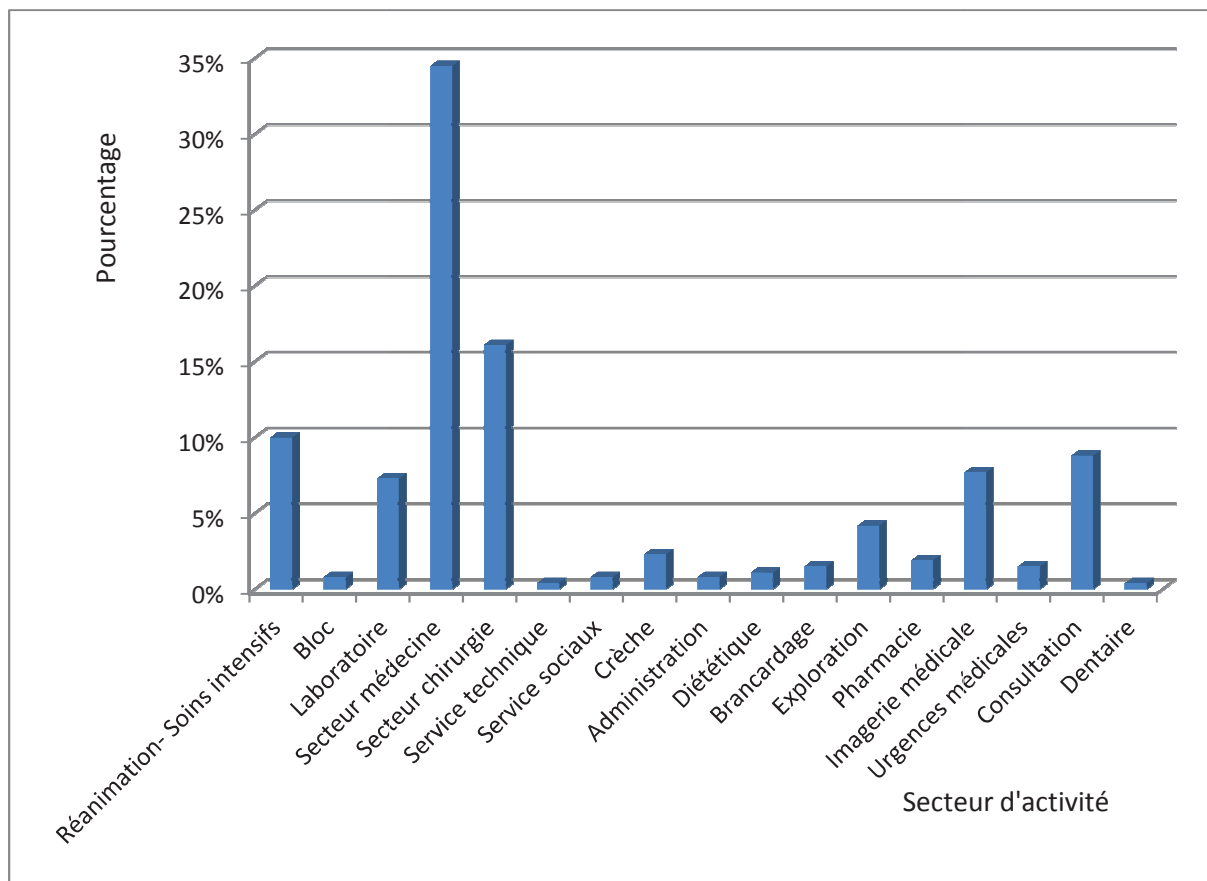


Figure 23: Répartition de la population DEESSES inclus à T2, selon le secteur d'activité professionnelle

Lors de l'administration des questionnaires DEESSES à T2, les agents déclarent travailler en milieu hospitalier en moyenne depuis 17,7 ans, et dans le service actuel depuis 9,3 ans. Ces agents occupent leur fonction actuelle depuis 15,6 ans en moyenne (Tableau 17). La majorité des agents ne travaille jamais la nuit (70,5%) et travaille une à deux fois par mois (34,5%) ou plus de deux fois par mois (26,8%) le week-end (Tableau 18).

Tableau 17: Durée de travail le week-end et la nuit des agents en milieu hospitalier (T2)

	Moyenne \pm Ecart-type (Année)	IC 95%
Durée de travail en milieu hospitalier	17,7 \pm 8,7	[3 – 35]
Durée de travail dans le service actuel	9,3 \pm 7,3	[0 – 30]
Durée d'occupation de la fonction actuelle	15,6 \pm 8,6	[1 – 34]

Tableau 18: Fréquence de travail des agents participants à l'étude (T2)

	Jamais n (%)	Une à deux fois par mois n (%)	Plus de deux fois par mois n (%)
Travail le week-end	101 (38,7)	90 (34,5)	70 (26,8)
Travail la nuit	184 (70,5)	45 (17,2)	32 (12,3)

3.1.4.3. Données médicales de la population DEESSES inclus à T2

La moitié de la population (50%) déclarent exercer une activité physique régulière. Sur la période des évaluations à T2, 0,8% des femmes étaient enceintes et 27,3% étaient sous contraception orale. 23,5% des femmes n'ont jamais eu de grossesses antérieures.

19,9% de la population déclarent fumer régulièrement, dont 19% de femmes, les agents fument en moyenne 9,6 \pm 5,1 cigarettes/jours, avec un IC 95% = [2 – 20].

Dans la population inclus, 18,2% déclarent ne jamais consommer d'alcool, 27,6% consomment de l'alcool uniquement pendant les fêtes, 13,8% une fois par mois au moins, 30,6% entre 2 et 4 fois par mois, 8,8% entre 2 ou 3 fois par semaine, 1,9% entre 4 ou 6 fois par semaine. Seulement 0,4% des agents déclarent consommer de l'alcool tous les jours. 65,9% de la population consomment 1 à 2 verres d'alcool par occasion. Dans 83,9% des cas,

les agents déclarent ne jamais consommer plus de 6 verres d'alcool par occasion. 3,8% des participants déclarent avoir l'impression de boire trop d'alcool et 3,1% ressentent le besoin de diminuer la consommation d'alcool. Seulement, 0,4% des participants déclarent avoir reçu des remarques de leur entourage au sujet de la consommation de boissons alcoolisées (Tableau 19).

Tableau 19: Caractéristiques et données médicales de la population DEESSES inclus à T2

Caractéristiques	Femmes (n= 242)	Hommes (n= 19)
Age (Années)	41 ± 7	40 ± 6
Types de peau	n (%)	n (%)
Type I	17 (7)	1 (5,3)
Type II	152 (62,8)	6 (2,5)
Type III	68 (28,1)	12 (4,9)
Type IV	4 (1,6)	0
Type V	0	0
Type VI	0	0
IMC (kg/m ²) : Moyenne ± Ecart-type	23,7 ± 4,8	24,1 ± 1,8
Activité physique : n (%)	121 (50)	5 (26,3)
Nombre de grossesses antérieurs	n (%)	n (%)
0	57 (23,5)	-
1	57 (23,5)	-
2	91 (37,6)	-
3	30 (12,4)	-
4	5 (2,1)	-
5	1 (0,4)	-
8	1 (0,4)	-
10	0	-
Contraception orale à T2	66 (27,3)	-
Enceinte à T2	2 (0,8)	-
Consommation du tabac	n (%)	n (%)
Régulièrement	46 (19)	6 (31,6)
Occasionnellement	6 (2,5)	0
Nombre de cigarettes par jour : Moyenne ± Ecart-type	9,9 ± 5,2	7,3 ± 3,9
Consommation de tabac auparavant	35 (14,5)	5 (26,3)
Nombre de cigarettes/ Nombre d'années (Moyenne ± Ecart-type)	12,9 ± 7/ 14 ± 6,1	8,8 ± 7,5/ 10,4 ± 5,3
Consommation d'alcool	n (%)	n (%)
Jamais	44 (18,2)	0
Uniquement pendant les fêtes	68 (28,1)	4 (21)

Une fois par mois au moins	34 (14)	2 (10,5)
Entre 2 et 4 fois par mois	73 (30,2)	7 (36,8)
2 ou 3 fois par semaine	19 (7,8)	4 (21)
4 ou 6 fois par semaine	4 (1,6)	1 (5,3)
Tous les jours	0	1 (5,3)
Nombre de verres par occasion	n (%)	n (%)
1 à 2 verres par occasion	163 (67,3)	9 (47,4)
3 à 4 verres par occasion	34 (14)	8 (42,1)
5 à 6 verres par occasion	2 (0,8)	2 (10,5)
Consommation de plus de 6 verres d'alcool par occasion	n (%)	n (%)
Jamais	212 (87,6)	7 (36,8)
Moins d'une fois par mois	27 (11,1)	11 (57,9)
Une fois par mois	3 (1,2)	1 (5,3)
Une fois par semaine	0	0
Ressent la nécessité de diminuer la consommation d'alcool	6 (2,5)	2 (10,5)
Remarques de l'entourage à propos de la consommation d'alcool	1 (0,4)	0
Avoir l'impression de boire trop	6 (2,5)	4 (21)
Pathologies	n (%)	n (%)
Allergies	90 (37,2)	4 (21)
Affection cardiaque	45 (18,6)	0
Affection pulmonaire	12 (4,9)	0
Affection dermatologique	121 (50)	7 (36,8)
Affection digestive	14 (5,8)	1 (5,3)
Affection métabolique	32 (13,2)	0
Affection neurologique	13 (5,4)	0
Affection psychologique	120 (49,6)	3 (15,8)
Autres affections	138 (57)	9 (47,4)
Arrêt maladie	67 (27,7)	5 (26,3)
Traitement médicale au long cours à T1	58 (24)	0

Tableau 20: Pathologies déclarées par auto-évaluation (T1 versus T2)

Pathologies : n (%)	T1		T2	
	Femmes (n=289)	Hommes (n=22)	Femmes (n= 242)	Hommes (n=19)
Allergies				
Asthme	18 (6,2)	0	21 (8,7)	1 (5,3)
Eczéma	45 (15,6)	0	40 (16,5)	1 (5,3)
Rhino-conjonctivite	38 (13,1)	4 (18,2)	26 (10,7)	2 (10,5)
Allergies alimentaires	12 (4,1)	0	9 (3,7)	0
Autres allergies	39 (13,5)	0	32 (13,2)	2 (10,5)
Affection cardiaque				
Hypertension artérielle	19 (6,6)	0	16 (6,6)	0
Infarctus du myocarde	1 (0,3)	0	0	0
Troubles du rythme cardiaque	10 (3,5)	0	11 (4,5)	0
Insuffisance cardiaque	1 (0,3)	0	1 (0,4)	0

Cardiopathie ischémique	0	0	0	0
Pathologie veineuse	28 (9,7)	0	23 (9,5)	0
Accident vasculaire cérébral	0	0	0	0
Autre	3 (1)	0	0	0
Affection pulmonaire				
Bronchite chronique	10 (3,5)	0	5 (2,1)	0
Insuffisance respiratoire	0	0	0	0
Infections pulmonaires à répétitions	1 (0,3)	0	1 (0,4)	0
Asthme bronchite	12 (4,1)	0	9 (3,7)	0
Autre	4 (1,4)	0	1 (0,4)	0
Affection dermatologique				
Psoriasis	20 (6,9)	0	13 (5,4)	0
Urticaire	10 (3,5)	0	12 (4,9)	0
Sécheresse cutanée	110 (38)	5 (22,7)	86 (35,5)	7 (36,8)
Lupus	1 (0,3)	0	0	0
Dermite irritante de contact : sensation de brûlures	8 (2,8)	0	10 (4,1)	1 (5,3)
Dermite irritante de contact : démangeaisons	33 (11,4)	0	27 (11,1)	1 (5,3)
Dermite irritante de contact : ampoules, suintements	6 (2)	0	5 (2,1)	0
Dermite irritante de contact : mains rouges, sèches, crevassées	65 (22,5)	0	48 (19,8)	2 (10,5)
Dermite allergique de contact : démangeaisons graves	4 (1,4)	0	11 (4,5)	0
Dermite allergique de contact : rougissement	19 (6,6)	1 (4,5)	15 (6,2)	0
Dermite allergique de contact : enflure locale	4 (1,4)	0	7 (2,9)	0
Autre	4 (1,4)	0	5 (2,1)	0
Affection digestive				
Ulcère	10 (3,5)	0	9 (3,7)	1 (5,3)
Insuffisance hépatique	1 (0,3)	0	1 (0,4)	0
Cirrhose	0	0	0	0
Pancréatite	0	0	0	0
Autre	12 (4,1)	0	5 (2,1)	0
Affection métabolique				
Diabète	1 (0,3)	0	2 (0,8)	0
Dyslipidémie	4 (1,4)	0	2 (0,8)	0
Goutte	0	0	1 (0,4)	0
Problème thyroïdien	33 (11,4)	0	22 (9,1)	0
Obésité	9 (3,1)	0	10 (4,1)	0
Autre	0	0	2 (0,8)	0
Affection neurologique				
Sclérose en plaques	0	1 (4,5)	0	0
Maladie de Parkinson	0	0	0	0
Vertiges	13 (4,5)	1 (4,5)	8 (3,3)	0
Epilepsie	0	0	0	0
Fibromyalgie	1 (0,3)	0	1 (0,4)	0
Paralysie	0	0	0	0
Delirium tremens	0	0	0	0
Neuropathie périphérique	1 (0,3)	0	1 (0,4)	0

Autre	6 (2)	0	3 (1,2)	0
Affection psychologique				
Stress	128 (44,3)	2 (9)	90 (37,2)	3 (15,8)
Anxiété	98 (33,9)	1 (4,5)	65 (26,8)	2 (10,5)
Dépression	20 (6,9)	2 (9)	12 (4,9)	1 (5,3)
Surmenage	40 (13,8)	1 (4,5)	20 (8,3)	2 (10,5)
Troubles du sommeil, insomnies	90 (31,1)	4 (18,2)	65 (26,8)	3 (15,8)
Autres affection				
Infection urinaire	27 (9,3)	0	17 (7)	0
Hémorragie	1 (0,3)	0	1 (0,4)	0
Douleurs : rachis	84 (29,1)	8 (36,4)	91 (37,6)	8 (42,1)
Douleurs : appareil locomoteur	38 (13,1)	4 (18,2)	26 (10,7)	4 (21)
Douleurs : digestives	28 (9,7)	1 (4,5)	21 (8,7)	0
Douleurs : céphalées	88 (30,4)	1 (4,5)	61 (25,2)	0
Douleurs : autres	1 (0,3)	0	5 (2,1)	0
Affection ostéo-articulaire	29 (10)	1 (4,5)	28 (11,6)	1 (5,3)
Tumeurs	4 (1,4)	0	4 (1,6)	0
Autres affection	1 (0,3)	0	3 (1,2)	0

3.1.4.4. Données relatives à l'utilisation des solutions hydro-alcooliques (T2)

3.1.4.4.1. Environnement professionnel (T1 versus T2)

Les données relatives à l'utilisation des SHA et l'environnement professionnel, recueillies lors des évaluations T1 et T2 sont présentées dans le tableau 21. Les comparaisons ont été réalisées en utilisant le test Khi-deux.

Tableau 21: Environnement professionnel (T1 versus T2)

Environnement professionnel n (%)	T1 n= 311	T2 n= 261	P value
Point d'eau dans toutes les chambres	248 (79,7)	210 (80,4)	0,83
Distributeur de savon doux dans toutes les chambres	170 (54,7)	179 (68,6)	0,0006*
Distributeur de SHA dans ou devant toutes les chambres	303 (97,4)	247 (94,6)	0,08
Distributeur de savon antiseptique dans le service	27 (8,7)	40 (15,3)	0,01*
Distributeur de papier essuie-mains dans toutes les chambres	221 (71,1)	199 (76,2)	0,16
Dans la salle de soins, les poubelles sont pourvues de couvercle	39 (12,5)	33 (12,6)	0,97
Dans la salle de soins, les poubelles sont à commande non manuelle	284 (91,3)	239 (91,6)	0,91
Le service de soin dispose d'un protocole écrit concernant l'utilisation des SHA	275 (88,4)	213 (81,6)	0,02*
Le protocole concernant l'utilisation des SHA est connu de tout le personnel	265 (85,2)	203 (77,8)	0,02*
Personnel de santé ayant le sentiment que son équipe est en sous-effectif	171 (55)	160 (61,3)	0,12
Personnel de santé ayant le sentiment de ne pas avoir assez de temps pour faire son travail, de travailler dans l'urgence	199 (64)	168 (64,4)	0,92
Ruptures de stock de SHA le dernier mois	18 (5,8)	13 (5)	0,67

3.1.4.4.2. Pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA (T1 versus T2)

Les résultats de l'interrogation des personnels soignants sur leurs pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA à T1 versus T2 sont présentés dans le tableau 22.

Tableau 22: Pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA (T1 versus T2)

Pratiques professionnelles liées à l'utilisation des SHA n (%)	T1 n= 311	T2 n= 261	P value
Techniques de lavage des mains pratiquées régulièrement par le personnel de santé			
Lavage simple au savon doux (type I)	305 (98,1)	261 (100)	0,02*
Lavage hygiénique des mains avec savon antiseptique (type II)	36 (11,6)	30 (11,5)	0,97
Friction avec SHA	293 (94,2)	255 (97,7)	0,03*
Désinfection chirurgicale des mains (type III)	9 (2,9)	5 (1,9)	0,45
Friction chirurgicale des mains avec SHA	5 (1,6)	3 (1,1)	0,64
Concernant les SHA			
Les SHA sont des solutés de désinfection des mains	306 (98,4)	259 (99,2)	0,36
Les SHA sont des solutés de désinfection du matériel ?	5 (1,6)	6 (2,3)	0,54
Les SHA sont des solutés de détergence des mains ?	45 (14,5)	39 (14,9)	0,87
Efficacité des SHA			
Elevée	261 (83,9)	206 (78,9)	0,12
Moyenne	46 (14,8)	48 (18,4)	0,24
Médiocre	0	1 (0,4)	NA*
Inefficace	0	0	NA*
NSP	4 (1,3)	6 (2,3)	0,35
L'utilisation des SHA est plus pratique que celle du savon antiseptique	282 (90,7)	236 (90,4)	0,91
Personnels ayant rencontrés des difficultés pour utiliser les SHA	77 (24,7)	69 (26,4)	0,64
Difficultés rencontrées à l'utilisation des SHA			
Apparition de signes d'allergie (eczéma, asthme,...)	n= 77 20 (6,4)	n= 69 10 (3,8)	0,16
Dessèchement des mains	55 (17,7)	56 (21,4)	0,25
Perte de temps	5 (1,6)	3 (1,1)	0,64
Manque de produit à disposition	2 (0,6)	5 (1,9)	0,16
Difficultés de la technique	2 (0,6)	0	0,19
Difficultés d'obtention du produit	3 (1)	1 (0,4)	0,40
Autre	9 (2,9)	11 (4,2)	0,39
Céphalées	1 (0,3)	1 (0,4)	NA*
Irritations des voies respiratoires supérieures	9 (2,9)	9 (3,4)	NA*
Irritations des yeux	8 (2,6)	7 (2,7)	0,9
Vertiges	3 (1)	0	0,11
Etat d'ébriété	0	0	NA*
Tolérance cutanée aux SHA			
Excellente	37 (11,9)	21 (8)	0,12
Bonne	201 (64,6)	151 (57,8)	0,09
Moyenne	55 (17,7)	74 (28,3)	0,002*
Mauvaise/Intolérance totale	17 (5,5)	13 (5)	0,79

NSP	1 (0,3)	2 (0,8)	0,46
L'usage des SHA fait gagner du temps	267 (85,8)	229 (87,7)	0,50
Technique d'utilisation des SHA			
Très simple	125 (40,2)	101 (38,7)	0,71
Simple	182 (58,5)	157 (60,1)	0,69
Complicquée	4 (1,3)	2 (0,8)	0,54
Très complicquée	0	0	NA*
NSP	0	1 (0,4)	NA*
Manipulation des solutions corrosives (solutions acides et/ou alcalines) en milieu professionnel ou privé			
Très fréquemment	26 (8,4)	31 (11,9)	0,16
Parfois	101 (32,5)	64 (24,5)	0,03
Rarement	52 (16,7)	40 (15,3)	0,65
Jamais	132 (42,4)	126 (48,3)	0,16
Manipulation des solvants (white spirit, vernis...) ou des radicaux libres (eau oxygénée) en milieu professionnel ou privé			
Très fréquemment	9 (2,9)	13 (5)	0,19
Parfois	121 (38,9)	70 (26,8)	0,002*
Rarement	83 (26,7)	85 (32,6)	0,12
Jamais	98 (31,5)	93 (35,6)	0,29
Exposition à des températures excessives (chaud ou froid) en milieu professionnel ou privé			
Très fréquemment	36 (11,6)	32 (12,3)	0,80
Parfois	111 (35,7)	83 (31,8)	0,32
Rarement	65 (20,9)	60 (23)	0,54
Jamais	99 (31,8)	86 (32,9)	0,77
Exposition à des pressions mécaniques en milieu professionnel ou privé			
Très fréquemment	20 (6,4)	20 (7,7)	0,56
Parfois	66 (21,2)	51 (19,5)	0,61
Rarement	51 (16,4)	57 (21,8)	0,09
Jamais	174 (55,9)	133 (50,9)	0,23
Port de gants			
Toujours	57 (18,3)	60 (23)	0,16
Souvent	182 (58,5)	141 (54)	0,27
Quelquefois	59 (19)	49 (18,8)	0,95
Jamais	13 (4,2)	11 (4,2)	0,98

Les comparaisons ont été réalisées en utilisant le test Khi-deux.

Na* : Non adapté

3.1.4.5. Questions d'ordre sociologique (T1 versus T2)

Le tableau 23 représente une comparaison (T1 versus T2) entre les données recueillies pour les items portant sur l'esthétique corporelle, le degré d'importance porté à l'apparence physique, le port et retrait des bijoux en milieu hospitalier, les contraintes vestimentaires et esthétiques liées à l'exercice de la profession, les raisons de l'utilisation des artifices esthétiques et l'idéal féminin.

Tableau 23 : Questions d'ordre sociologiques (T1 versus T2)

Questions d'ordre sociologique n (%)	T1 n= 311	T2 n = 261	P value
Vous maquillez-vous ?			
Jamais	33 (10,6)	29 (11,1)	0,84
Uniquement hors hôpital	17 (5,5)	8 (3,1)	0,16
Toujours	163 (52,4)	136 (52,1)	0,94
Quelquefois	75 (24,1)	69 (26,4)	0,5
Non concerné	23 (7,4)	19 (7,3)	0,95
Vos ongles sont :			
Coupés ras	189 (60,8)	146 (55,9)	0,24
Longueur normale	101 (32,5)	103 (39,5)	0,08
Longs	21 (6,7)	12 (4,6)	0,27
Avec vernis	17 (5,5)	19 (7,3)	0,37
Avec faux ongles	5 (1,6)	2 (0,8)	0,36
Fréquence d'avoir des ongles longs et/ou vernis ou des faux ongles			
Toujours	7 (2,2)	5 (1,9)	0,78
Souvent	9 (2,9)	7 (2,7)	0,87
Quelquefois	27 (8,7)	27 (10,3)	0,49
Jamais	244 (78,4)	201 (77)	0,67
Non concerné	24 (7,7)	21 (8)	0,88
Dans votre vie quotidienne, portez-vous des bijoux ?			
Oui	275 (88,4)	234 (89,6)	0,63
Fréquence de port de bijoux			
Tout le temps	(n= 275)	(n= 234)	P value
Parfois	199 (72,4)	165 (70,5)	0,64
Rarement	66 (24)	65 (27,8)	0,33
	10 (3,6)	4 (1,7)	0,18
Types de bijoux ?			
Bague / Chevalière	(n= 275)	(n= 234)	P value
Alliance	184 (67,1)	135 (57,7)	0,03*
	155 (56,4)	141 (60,2)	0,37

Montre	147 (53,4)	101 (43,2)	0,02*
Bracelet / Gourmante	113 (41,1)	74 (31,6)	0,02*
Piercing	22 (8)	18 (7,7)	0,89
Autre	147 (53,4)	90 (38,5)	0,02*
Quelle importance portez-vous à votre apparence			
Dans votre vie quotidienne ? (moyenne ± SD)/ [min – max]	(6,7 ± 1,8)/ [1 – 10]	7,3 ± 1,4/ [3 – 10]	
Dans votre lieu de travail ? (moyenne ± SD) [min – max]	(6,9 ± 1,8)/ [1 – 10]	7 ± 1,7/ [1 – 10]	
Vous sentez-vous plus à votre avantage lorsque			
Vous portez vos bijoux ?	144 (46,3)	113 (43,3)	
Vous vous maquillez ?	211(67,8)	170 (65,1)	
Vous avez les cheveux longs ?	78 (25)	62 (23,7)	
Lorsque vous travaillez, retirez-vous votre alliance ?	(n = 155)	(n = 141)	
Non	132 (85,2)	125 (88,6)	
Pour quelles raisons refusez-vous de retirer votre alliance	(n= 132)	(n = 125)	
Dimension symbolique ou affective ?	100 (75,7)	90 (72)	
Dimension esthétique ?	1 (0,7)	2 (1,6)	
Dimension pratique (perte, vol, contrainte du port et du retrait) ?	43 (32,6)	42 (33,6)	
Absence de risques pour le patient ?	8 (6,1)	14 (11,2)	
Aucun contact avec le patient ?	12 (9,1)	18 (14,4)	
Lorsque vous travaillez, retirez-vous vos bijoux ?	(n= 275)	(n= 234)	
Non	76 (27,6)	73 (31,2)	
Pour quelles raisons refusez-vous de retirer vos bijoux	(n= 76)	(n= 73)	
Dimension symbolique ou affective ?	23 (30,3)	22 (30,1)	
Dimension esthétique ?	2 (2,6)	2 (2,7)	
Dimension pratique (perte, vol, contrainte du port et du retrait) ?	41 (53,9)	31 (42,5)	
Absence de risque pour le patient ?	13 (17,1)	16 (21,9)	
Aucun contact avec le patient ?	23 (30,3)	26 (35,6)	
Lorsque vous travaillez, retirez-vous piercing ?	(n= 22)	(n= 18)	
Non	21 (95,4)	16 (88,9)	
Pour quelles raisons refusez-vous de retirer votre piercing	(n= 21)	(n= 16)	
Dimension symbolique ou affective ?	0	0	
Dimension esthétique ?	2 (9,5)	0	
Dimension pratique (perte, vol, contrainte du port et du retrait) ?	11(52,4)	2 (12,5)	
Absence de risques pour le patient ?	7 (33,3)	9 (56,2)	
Aucun contact avec le patient ?	10 (47,6)	11 (68,7)	
Sur votre lieu de travail, comment jugez-vous les contraintes vestimentaires et esthétiques liées à l'exercice de votre profession ?			
Trop excessives	4 (1,3)	1 (0,4)	
Nombreuses	59 (19)	77 (29,5)	
Insuffisantes	12 (3,8)	12 (4,6)	
Inexistantes	236 (75,9)	171 (65,5)	
Ces contraintes ont-elles un retentissement dans votre vie privée?			
Beaucoup	2 (0,6)	1 (0,4)	
Assez	4 (1,3)	6 (2,3)	
Peu	16 (5,1)	26 (10)	
Pas du tout	289 (92,9)	228 (87,3)	

Selon vous, le port de bijoux, ongles longs ou vernis engendre-t-il un risque pour les patients ?		
Oui	277 (89)	213 (81,6)
Dans votre équipe de travail, vos collègues portent-ils des bijoux?		
Oui	241 (77,5)	204 (78,2)
Vous dérange t-il de travailler auprès de collègues portant des bijoux ?		
Oui	67 (21,5)	51 (19,5)
Avez-vous les cheveux longs ou mi-longs ?		
Oui	132 (42,4)	106 (40,6)
Les attachez-vous ?		
	(n= 132)	(n= 106)
Toujours	67 (50,7)	53 (50)
Souvent	21 (15,9)	16 (15,1)
Quelquefois	21 (15,9)	21 (19,8)
Jamais	23 (17,4)	18 (17)
Pour quelles raisons, utilisez-vous des artifices esthétiques ?		
Se construire symboliquement un personnage	17 (5,5)	6 (2,3)
Marquer sa différence	25 (8)	8 (3,1)
Attirer le regard de l'autre	15 (4,8)	5 (1,9)
Se sentir mieux dans sa peau	254 (81,7)	220 (84,3)
Vous considérez l'esthétique corporelle comme		
Une liberté individuelle (choix)	305 (98)	255 (97,7)
Un poids culturel (contrainte imposée)	9 (2,9)	5 (1,9)
Êtes-vous en accord avec ces affirmations ?		
<i>La mode, la presse, les médias dans leur ensemble se font porteurs d'images qui influencent les représentations sociales, l'idée que l'on se fait de la femme</i>		
Totalement d'accord	56 (18)	53 (20,3)
Plutôt d'accord	219 (70,4)	168 (64,4)
Pas trop d'accord	34 (10,9)	32 (12,3)
Pas du tout d'accord	2 (0,6)	8 (3,1)
<i>Le vêtement, en particulier, joue à la fois le rôle de carte d'identité sociale et de parure, incitant ou inhibant certains types de relations</i>		
Totalement d'accord	29 (9,3)	31 (11,9)
Plutôt d'accord	222 (71,4)	177 (67,8)
Pas trop d'accord	57 (18,3)	48 (18,4)
Pas du tout d'accord	3 (1)	5 (1,9)
<i>Il existe aujourd'hui un véritable dictat de la beauté</i>		
Totalement d'accord	42 (13,5)	44 (16,8)
Plutôt d'accord	217 (69,8)	182 (69,7)
Pas trop d'accord	47 (15,1)	30 (11,5)
Pas du tout d'accord	5 (1,6)	5 (1,9)
<i>Dans nos sociétés contemporaines, la femme idéale est jeune, belle et libérée</i>		
Totalement d'accord	27 (8,7)	21 (8)
Plutôt d'accord	176 (56,6)	144 (55,2)
Pas trop d'accord	90 (28,9)	81 (31)
Pas du tout d'accord	18 (5,8)	15 (5,7)
Quelle personne incarne votre idéal féminin ?		
N'a pas d'idéal féminin	246 (79,1)	200 (76,6)
Un membre de la famille	22 (7,1)	15 (5,7)
Une personnalité publique	28 (9)	39 (14,9)
Une personne de l'entourage (hors famille)	15 (4,8)	7 (2,7)

3.1.5. Comparaison des questionnaires gestuels (T0 - T1 - T2)

Les résultats présentés dans le tableau suivant (Tableau 24) sont observationnels. Lors des évaluations de la qualité de friction à T0, T1 et T2, nous avons recueilli des données concernant, le port de bijoux, le respect de la technique de friction, notamment le respect du temps nécessaire pour réaliser une friction hygiénique des mains, et le pourcentage de la zone non frictionnée sur la paume et le dos de la main dominante.

Après comparaison, les résultats montrent une augmentation de la fréquence de port de bijoux à T2 (55,5%) par rapport à T1 (48,9%) et T0 (37%), et une augmentation de la fréquence d'avoir des ongles longs à T2 (32,6%) par rapport à T1 (26,4%) et T0 (11,9%). La fréquence de port de faux ongles et/ou vernis, reste constante entre T1 (8,7%) et T2 (8,8%) mais supérieur par rapport à T0 (6,7%). Nous avons observé que le personnel avait des manches longues dans 27,2% des cas à T2, 10,3% à T1 et 3,5% à T0. En revanche, nous avons remarqué une baisse significative de la présence de lésions cutanées chez le personnel soignant à T2 (3,8%) par rapport à T1 (11,2%) et T0 (16%),

Le temps de friction est plus respecté en T2 (47,5%) par rapport à T1 (34,3%) mais reste nettement inférieur, par rapport à T0 (96,4%).

Une baisse significative a été observée dans le respect de la qualité de friction à T2 par rapport à T1 et T0. La qualité de la friction a été évaluée « Bien » chez 44,8% des agents à T2, 72,8% à T1 et 97% à T0.

Le pourcentage de la zone non frictionnée sur la paume de la main dominante à T0 était de 0,7% ($\pm 1,8\%$), à T1 de 1,7% ($\pm 3,7\%$) et à T2 de 4% ($\pm 5,3\%$).

Le pourcentage de la zone non frictionnée sur le dos de la main dominante à T0 était de 2,6% ($\pm 4,7\%$), à T1 de 4,6% ($\pm 6,7\%$) et à T2 de 9,5% ($\pm 14,7\%$).

Le tableau 23 présente les résultats de la comparaison des variables entre T0 et T1 d'une part et entre T1 et T2 d'autre part

Tableau 24: Questionnaire gestuel (T0 - T1 - T2)

Questionnaire gestuel	T0 n = 311 n (%)	T1 n = 311 n (%)	P value	T1 n = 311 n (%)	T2 n = 261 n (%)	P value
Présence de bijoux pour friction	115 (37)	152 (48,9)	0,002	152 (48,9)	145 (55,5)	0,11
Alliance	95 (30,5)	109 (35)	0,23	109 (35)	113 (43,3)	0,04
Bague	25 (8)	41 (13,2)	0,03	41 (13,2)	45 (17,2)	0,17
Bracelet	19 (6,1)	25 (8)	0,34	25 (8)	37 (14,2)	0,01
Montre	14 (4,5)	34 (10,9)	0,002	34 (10,9)	23 (8,8)	0,39
Ongles longs	37 (11,9)	82 (26,4)	<0,0001	82 (26,4)	85 (32,6)	0,1
Vernis	21 (6,7)	27 (8,7)	0,36	27 (8,7)	23 (8,8)	0,9
Manches longues	11 (3,5)	32 (10,3)	0,0009	32 (10,3)	71 (27,2)	<0,0001
Lésions cutanées	50 (16)	35 (11,2)	0,07	35 (11,2)	10 (3,8)	0,001
Mains sales	1 (0,3)	0	NA*	0	0	Na*
Respect du temps de friction	n= 307	n = 309		n = 309	n = 261	
Moins de 15 secondes	1 (0,3)	6 (1,9)	0,05	6 (1,9)	11 (4,2)	0,1
De 15 à 30 secondes	10 (3,2)	197 (63,7)	<0,0001	197 (63,7)	126 (48,3)	0,0002
Plus de 30 secondes	296 (96,4)	106 (34,3)	<0,0001	106 (34,3)	124 (47,5)	0,001
Respect de la méthode de friction	n= 307	n= 309		n= 309	n = 261	
Pas du tout	0	2 (0,6)	0,15	2 (0,6)	12 (4,6)	0,002
Moyen	9 (2,9)	82 (26,5)	<0,0001	82 (26,5)	132 (50,6)	<0,0001
Bien	298 (97)	225 (72,8)	<0,0001	225 (72,8)	117 (44,8)	<0,0001
Zone non frictionnée (paume de la main dominante)	0,7 ± 1,8 [0 - 10]	1,7 ± 3,7 [0 - 20]	<0,0001	1,7 ± 3,7 [0 - 20]	4 ± 5,3 [0 - 27]	<0,0001
Zone non frictionnée (dos de la main dominante)	2,6 ± 4,7 [0 - 30]	4,6 ± 6,7 [0 - 70]	<0,0001	4,6 ± 6,7 [0 - 70]	9,5 ± 14,7 [0 - 80]	<0,0001

Les comparaisons ont été réalisées en utilisant le test Khi-deux.

Na* : Non adapté

3.2. Evaluation de la tolérance cutanée des personnels soignants utilisant des solutions hydro-alcooliques à T1 (Etude DEESSES) :

Ce travail a fait l'objet d'un article publié dans le journal : American Journal of Infection Control. 2012; 40 (2):160-4.

Article 3: Prospective observational study to assess hand skin condition after application of alcohol-based hand rub solutions.

Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A.

Résumé

La lutte contre les infections nosocomiales, particulièrement celles liées au manu-portage est un enjeu de santé publique. Le lavage des mains est une des principales mesures de prévention, pour laquelle le manque d'observance est lié à l'intolérance aux produits utilisés. L'antisepsie des mains par friction avec SHA, représente certainement un progrès dans la lutte contre les infections nosocomiales.

Le but de ce travail est d'évaluer l'impact immédiat de l'utilisation des SHA sur l'état cutané des mains chez des professionnels de santé du CHU de Nancy (auto-évaluation, mesure des propriétés biophysiques cutanées).

Méthode : 231 agents, âgés en moyenne de 40 ans, préalablement formés à l'utilisation des SHA, ont été tirés au sort pour participer à cette étude. L'hydratation cutanée, le pH de la peau et le taux de sébum ont été mesurés sur le dos et la paume de la main dominante, avant et après friction avec SHA, au moyen d'un cornéomètre. L'auto-évaluation a été réalisée à l'aide d'un questionnaire.

Résultats : Les femmes représentent 96.2% des participants. Parmi les agents inclus, 33.8% sont des infirmières, 22.1% aides soignantes et 4.7% agents de service hospitalier.

L'application des SHA entraîne une augmentation significative de l'hydratation cutanée sur les deux cotés de la main ($p < .0001$). Le pH diminue significativement sur la paume (-0.069 ± 0.41 , $p = .012$) mais reste dans la valeur normale du pH de la peau. Une baisse significative du taux de sébum a été observée sur la paume également (-0.53 ± 1.56 , $p < .0001$). La tolérance cutanée a été jugée excellente ou bonne dans 73% des cas.

Conclusion : L'utilisation des SHA en milieu hospitalier entretient l'hydratation naturelle de la peau, et préserve son acidité ce qui empêche l'altération de la barrière transcutanée et la pénétration des germes. Les SHA assurent une meilleure tolérance.



Major article

Prospective observational study to assess hand skin condition after application of alcohol-based hand rub solutions

Djihane Ahmed-Lecheheb MSc^{a,b,*}, Lisiane Cunat PhD^{a,c}, Philippe Hartemann MD, PhD^{a,d}, Alexis Hautemanière MD, PhD^{a,c,d}^a Department of Public Health and Environment, School of Medicine, Nancy, France^b INSERM U-954, Nutrition, Genetics, and Environmental Risk Exposure, School of Medicine, Nancy, France^c RHEM 4369 Relations Environments Micro-Organisms, Infection Prevention and Control, School of Medicine, Nancy, France^d Infection Prevention and Control, University Hospital of Nancy, Nancy, France

Key Words:

Health care workers
Skin dryness
Skin hydration
Dermal tolerance
Skin dermatitis

Background: The use of alcohol-based hand rub solutions (ABHRSs) in health care settings has been associated with increased hand hygiene compliance and reduced rates of nosocomial infection. Deterioration in hand skin condition leads to impaired barrier function, changes in skin flora, and increased bacterial shedding. Thus, poor skin condition can increase the risk of infection. This study evaluated the hand skin condition and dermal tolerance among health care workers (HCWs) after ABHRS application. **Methods:** The study group comprised 231 HCWs (34% nurses, 22% nurse assistants, and 15% hospital cleaners). The mean participant age was 40 years. Stratum corneum hydration and superficial sebum content and surface pH of the skin were measured on the back and palm of each participant's dominant hand before and after ABHRS use. A self-assessment questionnaire was administered to collect information about the participants, their skin problems, and their perception of the ABHRS.

Results: The study group was 83% females. Skin hydration at the 2 assessment sites was markedly increased after ABHRS use ($P < .0001$). The mean pH value did not change significantly on the back of the hand, but did change significantly on the palm ($P = .012$). The superficial sebum content decreased significantly on the palm ($P < .0001$), but not on the back of the hand. HCWs reported excellent or good skin tolerance of ABHRS in 73% of cases.

Conclusion: ABHRSs are well tolerated and do not dry the skin. pH and superficial sebum values decreased slightly, but these decreases did not affect skin barrier function. Values remained within the physiological range.

Copyright © 2012 by the Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology, Inc. Published by Elsevier Inc. All rights reserved.

Hand hygiene is generally considered the most important measure that can be applied to prevent the spread of health care-associated infection.¹ Hand hygiene is the cornerstone of nosocomial infection prevention efforts and presents a challenge for infection control teams.^{2,3} Overall compliance with hand hygiene by health care workers (HCWs) remains too low. The challenge is to develop a hospital-wide program aimed at improving compliance

with hand hygiene, which should lead to a reduction in nosocomial infections.

Hand hygiene can be achieved either by traditional handwashing or by the use of an alcohol-based hand rub solution (ABHRS). The skin, particularly the stratum corneum (SC), the outermost layer of the epidermis, plays a vital role in preventing the passive diffusion of water from the skin and provides a barrier against environmental aggression. The SC has an essential function in the prevention of microbial penetration and infection control. The normal SC turnover rate is 2 weeks in the absence of environmental stressors,⁴ but is significantly increased after chronic exposure to detrimental surfactants.⁵ Frequent repetitive exposure of the skin to soap and water has significant negative effects on the structure and function of the SC barrier,⁶ making it more susceptible to penetration by microorganisms.⁷ The challenge is to provide an appropriate method for hand disinfection while maintaining the

* Address correspondence to Djihane Ahmed-Lecheheb, MSc, Department of Public Health and Environment, School of Medicine, 9 Ave de la Forêt de Haye, BP 184, 54505 Vandœuvre-les-Nancy, France.

E-mail address: djihane.lecheheb-ahmed@medecine.uhp-nancy.fr (D. Ahmed-Lecheheb).

Conflict of interest: D.A.-L. was supported by ANIOS laboratories and ANRT, National Association of Research and Technology, France. L.C. and P.H. have no conflicts of interest to disclose.

skin in a healthy condition. ABHRSs are superior to antimicrobial soaps for a rapid microbial kill on the skin;⁸ they are rapid-acting, have broad-spectrum activity, provide a quick kill, have been used for skin disinfection for centuries,⁹ and, with the addition of appropriate hydration, are probably milder.^{10,11} All of these factors support the use of ABHRSs for hand hygiene to minimize the deleterious effects of repeated hand cleansing. The use of ABHRSs with emollients to reduce drying and cracking of the skin that commonly result from repetitive handwashing^{12,13} has been associated with increased hand hygiene compliance and reduced rates of nosocomial infection and thus is recommended by the Center for Disease Control and Prevention's guidelines.^{3,14}

The skin's biophysical properties, SCs water content, superficial sebum content, and surface pH are important factors in its appearance and function. These factors act together to provide a barrier to the environment. Disruption of this barrier may lead to clinical manifestations of skin dryness. In the present study, we noninvasively assessed the immediate effect of ABHRS use on the biophysical properties of the users' skin and correlated these measurements with skin dermatitis reported by HCWs. The aim of this prospective observational study was to assess the hand skin condition and dermal tolerance after ABHRS use among 231 HCWs selected by drawing lots.

MATERIALS AND METHODS

A total of 231 HCWs at University Hospital Nancy (1,900 beds) were involved in this study. The participants represented a wide range of HCWs and were chosen at random without any selection, except for the following exclusion criteria: age <18 years, absence of written and signed consent, and did not receive information about hand hygiene. All HCWs had received the same information about hand hygiene (hand rubs with ABHRSs was described in detail, with the various steps specified). Ethical approval for the study was obtained from the French Committee for the Protection of Human Subjects and the French Health Products Safety Agency. Each participant provided signed informed consent after having been fully informed about the experimental procedures.

The test consisted of rubbing hands in a standardized manner with 3 mL of ANIOSGEL 85 NPC (Anios, Lille, France), an ABHRS was introduced in the hospital in 2007. ANIOSGEL 85 NPC contains ethanol (700 mg/g or 75% mL/L), water, glycerin, acrylates/C10-30, alkyl acrylate cross-polymer, bisabolol, caprylic/capric triglycerides, polyethylene glycol 4 esters, polyethylene glycol 8 caprylic/capric glycerides, aminomethylpropanol, and methylpropanediol. It has a pH at 20°C of 5.5 (close to that of normal human skin).¹⁵

Assessment of skin condition

Measurements were made before and after the application of ABHRS on the back and palm of the dominant hand in each participant. The test procedure involved rubbing the hands for 30–45 seconds (until the product had completely dried), then performing the skin measurements 4–5 minutes later. Measurements were performed under standardized conditions. SC hydration and skin surface pH and superficial sebum content were measured by noninvasive methods on the same sites on the back and palm of the dominant hand in each participant. The measurement sites were defined by Hautemanière et al¹⁶ as the space between the first and second metacarpus at 2 cm from the external edge of the first metacarpus. All measurements were made by the same investigator and were measured at exactly the same sites.

Assessment of skin hydration

Skin hydration was measured with the Corneometer (CM 825; Courage & Khazaka, Cologne, Germany), the method based on the SC capacitance measurement. The first reading in the continuous capacitance measurement indicated the initial level of hydration measurement.¹⁷ The degree of epidermal skin humidity is indicated in system-specific units, with 1 unit representing 0.02 mg/cm² of SC water content at a measurement depth of 20 nm. The probe is applied to the skin for 1 second at a pressure of 0.16 N. The corneometer manufacturer provides a skin classification system corresponding to readings. Values <35 are classified as very dry, values 35–50, as dry, and values >50 as normal.

Measurement of skin surface pH

The normal human hand skin surface pH value is 4.3–5.5. Skin surface pH was determined using a skin pH meter (model pH905; Courage & Khazaka). The pH905 meter, the most frequently used device for this type of assessment,^{18,19} measures the pH of the skin with a flat glass electrode connected to a pH meter. The planar electrodes produce a small electrical voltage that is measured and displayed as a pH value. The electric current is small and constant and causes no damage. Instrument accuracy was ensured by calibration every 4 weeks in buffers with known pH values of 4.0 and 7.0. The equipment was cleaned daily in accordance with current recommendations for pH meters. After each measurement, the electrode was rinsed in deionized water to remove particles of skin or dirt from the electrode surface. Excess water was removed to obtain just a flat probe. According to the manufacturer, the pH905 meter has a measurement precision of ± 0.1 pH unit.

Measurement of skin superficial sebum content

Sebum comprises a mixture of lipids and cellular debris that forms a lipidic film on the epidermal surface that helps regulate the skin's water content, integrity, softness, plasticity, hydration and aspect.²⁰ A sebumeter (model SM815; Courage & Khazaka) was used for quantitative measurements of skin surface lipids. This method of measuring sebaceous secretion, which has good repeatability and reproducibility, is based on the premise that lipids increase the transparency of opaque glass when in contact. This increase is directly proportional to the skin's fat content. In the sebumeter, the opaque glass is replaced by opaque plastic tape mounted on a cartridge, which can be wound after each measurement to expose a clean surface. The tape is then placed on the skin for 30 seconds at a pressure kept constant by a spring mechanism. Variations in tape transparency, reflecting the amount of lipids absorbed by the tape, are measured with a photometer. The changes in light transmission are proportional to the quantity of lipids absorbed. Sebum values are expressed as µg/cm² of skin. Proposed baseline values were 0–6 µg/cm² for very dry skin and >6 µg/cm² for normal skin.

Data collection

The evaluation of skin condition and dermal tolerance was made on the basis of participants' self-assessment. HCWs were asked about their routine hand hygiene practices and answered questions regarding history of atopic and irritative dermatitis, allergies (ie, eczema, allergic redness, and allergic itching), psoriasis, urticaria, hydration (dry, normal), appearance (red, rash), intactness (abrasions, fissures), sensation (itching, burning), and self-perception of skin tolerance to ABHRS (good, moderate, or poor).

Table 1
Difference in biophysical measurements before and after use of ABHRS in HCWs with and without skin problems

	Number	Palm hydration		Back hydration		Palm pH		Back pH		Palm sebum		Back sebum	
		Mean ± SD	P	Mean ± SD	P	Mean ± SD	P	Mean ± SD	P	Mean ± SD	P	Mean ± SD	P
Eczema													
Yes	36	7.8 ± 10.6	<.0001	14.8 ± 10.5	<.0001	-0.05 ± 0.5	.54	0.08 ± 0.5	.32	-0.6 ± 1.4	.009	-0.4 ± 1.6	.11
No	195	4.2 ± 9.3	<.0001	12.5 ± 11.2	<.0001	-0.07 ± 0.4	.01	-0.00 ± 0.4	.78	-0.5 ± 1.5	<.0001	-0.06 ± 0.9	.31
Dryness													
Yes	83	4.7 ± 9.5	<.0001	12.0 ± 11.2	<.0001	-0.1 ± 0.4	.006	-0.01 ± 0.4	.72	-0.4 ± 1.3	.01	-0.1 ± 0.9	.30
No	148	4.8 ± 9.7	<.0001	13.3 ± 11.0	<.0001	-0.04 ± 0.4	.23	0.01 ± 0.4	.62	-0.6 ± 1.7	<.0001	-0.1 ± 1.1	.14
Itching													
Yes	28	2.7 ± 6.6	.037	12.9 ± 10.0	<.0001	-0.06 ± 0.4	.48	0.05 ± 0.4	.56	-0.07 ± 0.8	.66	-0.3 ± 1.4	.24
No	203	5.0 ± 9.9	<.0001	12.8 ± 11.3	<.0001	-0.07 ± 0.4	.01	0.00 ± 0.4	.98	-0.6 ± 1.6	<.0001	-0.1 ± 1.0	.16
Redness													
Yes	52	5.2 ± 8.2	<.0001	14.0 ± 11.1	<.0001	-0.05 ± 0.4	.29	0.02 ± 0.3	.59	-0.4 ± 1.4	.06	0.07 ± 0.6	.35
No	179	4.6 ± 10.0	<.0001	12.5 ± 11.3	<.0001	-0.07 ± 0.4	.02	0.00 ± 0.4	.98	-0.6 ± 1.6	<.0001	-0.2 ± 1.2	.03

NOTE. Data were compared using the paired-sample *t* test.

Statistical analysis

Data were analyzed using SPSS version 16.0 (SPSS Inc, Chicago, IL). Paired *t* tests were used to compare skin condition before and after ABHRS use. Categorical variables were compared using the χ^2 test for analyzing qualitative variables and linear regression for quantitative variables, and multivariate analysis logistic regression was performed. Estimated odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals (CIs) were calculated. Continuous variables are expressed as mean ± SD. Significance was set at $P \leq .05$.

RESULTS

A total of 231 HCWs (93% females) participated in this study. The age range of the participants was 23–58 years (mean age, 40 years). The distribution of Fitzpatrick skin types among the participants was 61.9% skin type II, 10% type I, 25.5% type III, 2.2% type IV, and 0.4% type VI.

Participant self-assessment

The participants included 78 nurses, 51 nurse assistants, 34 hospital cleaners, 19 laboratory technicians, 16 radiology technicians, 9 senior nurses, 7 stretcher-bearers, 4 pharmacists, 4 secretaries, 3 clinical dietitians, 2 social workers, 2 clinical research assistants, 1 doctor, and 1 psychologist. The questionnaire results show that various cutaneous signs appeared as skin condition deteriorated. The most frequently induced effect was skin dryness; 36.4% of HCWs reported having dry skin, which can occur without any visible inflammation; 22.5% characterized their skin as dry, red and chapped; 15.6% reported eczema; and 12.1% reported contact dermatitis. Only 0.9% of HCWs reported allergic dermatitis.

Measurement of skin biophysical properties

Overall, superficial sebum content and skin hydration values were low before ABHRS application. The mean SC hydration values were 47.21 on the palm and 40.03 on the back of the hand. The mean superficial sebum content was 1.23 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ on the palm and 0.68 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ on the back of the hand, and mean superficial pH was 5.33 on the palm and 5.27 on the back of the hand. After rubbing with ABHRS, skin hydration was increased significantly at the 2 measurement sites ($P < .0001$). Mean pH values did not change significantly on the back of the hand, but significant changes were seen for the palm (-0.069 ± 0.41 ; $P = .012$). Superficial sebum content was decreased significantly after application on the palm (-0.53 ± 1.56 ; $P < .0001$), but no significant difference was observed on the back of the hand ($P = .076$).

Effect of self-assessed skin problems

For comparisons between participants who reported skin problems (ie, eczema, dryness, itching, redness) and those who did not, we performed statistical analysis to determine whether changes in biophysical properties, skin hydration, pH, and superficial sebum content after ABHRS application varied similarly in the participants with skin dermatitis and those without skin dermatitis. Table 1 compares measurements before and after rub application in these 2 groups. *P* values reveal a highly significant increase in skin hydration after rub application at the 2 measurement sites in both groups. No significant changes in pH value were found on the back of the hand, whereas on the palm, a significant decrease in pH was observed in the participants who reported skin dermatitis. In the participants with skin dermatitis, only those experiencing dryness demonstrated a significant decrease in surface pH (-0.1 ± 0.4 ; $P = .006$). All participants except those who reported itching demonstrated significant decreases in superficial sebum content on the palm. Only the participants without skin redness had a statistically significant difference after rub application, with significant decreases in sebum content (-0.2 ± 1.2 ; $P = .036$).

Assessment of skin tolerance

The questionnaire revealed that 93% of the HCWs responded positively to the use of ABHRS, which caused less skin dryness than washing with soap and water, and 73% reported excellent or good skin tolerance in daily use of ABHRS. Participants with skin dermatitis reported good tolerance to ABHRS. Table 2 presents the results of a colinearity analysis between skin dermatitis and ABHRS tolerance. Skin problems (OR, 0.25; 95% CI, 0.13–0.46; $P = .000007$) and dryness (OR, 0.33; 95% CI, 0.18–0.60; $P = .0002$) were highly associated with good tolerance. The participants' self-assessments demonstrate that skin irritation and dryness occurred significantly less often when they routinely used ABHRS.

DISCUSSION

Irritant contact dermatitis is caused by cumulative exposure to irritants in home and work environments. HCWs sometimes have low compliance with hand hygiene because of the assumption that it will lead to skin irritation and hand eczema. Skin deterioration can be avoided through preventive measures. In a prospective intervention trial designed to study the impact of ABHRS use on hand hygiene compliance among HCWs, dermatologist-assessed skin dryness and irritation showed that the ABHRS was better tolerated than the traditional antiseptic handwashing preparation.²¹ Measurements of skin hydration improved (albeit not

Table 2
Variables analysis of skin problems correlated with tolerance of ABHRS

	Tolerance		P value	OR (0.00/1.00)	95% CI
	Poor	Good			
Skin problems					
No	17	101	.000007	0.25	0.12–0.48
Yes	46	67			
Dryness					
No	28	119	.0002	0.33	0.18–0.60
Yes	35	49			
Itching					
No	46	157	2.2×10^{-5}	0.19	0.08–0.43
Yes	17	11			
Redness					
No	37	142	2.9×10^{-5}	0.26	0.14–0.50
Yes	26	26			

NOTE. Data were determined using the χ^2 test.

significantly) after introduction of ABHRS. Repeated exposure to alcohol can cause or maintain skin dryness and irritation, however. Use of a gel ABHRS product with glycerin content has been reported to increase skin hydration.²² The use of preparations with higher ethanol concentrations was found to produce increased skin scaliness. Sensorial assessment revealed less appreciation for isopropanol. Hand gel containing an increased glycerin concentration and 70% ethanol was found to be preferable.²³ Adding glycerin, emollients, or other skin-conditioning agents can reduce or eliminate the drying effects of alcohol. Several studies have shown that ABHRS-containing emollients may cause significantly less skin dryness and irritation compared with handwashing with liquid detergents.^{14,24} Other clinical studies have found that ABHRS are well tolerated by HCWs.²⁵ The present study supports results from previous studies. To the best of our knowledge, this investigation is the first to use a combination of self-assessment and quantitative evaluation of skin surface pH, SC hydration, and superficial sebum content in HCWs selected at random from various health care settings. We have demonstrated that a single application of ABHRS significantly increases skin hydration. The slight increase in skin pH does not affect the skin barrier function; pH values remain in the physiological range, and the skin barrier remains intact. A decrease in skin surface pH could be beneficial, given that an acidic extracellular pH is necessary for initiation of epidermal barrier recovery and normal SC integrity and cohesion.²⁶ An acidic pH of the SC provides resistance to microbial penetration. Superficial sebum content values were low before and after ABHRS application; slightly reduced value on the palm were seen in participants who had high baseline values. The high alcohol concentration in ABHRS certainly removes sebum, especially in users with oily skin. Our measurements were performed at 5 minutes after ABHRS application; sebum content may return to baseline level after more than 5 minutes. Kramer et al²⁷ found no significant reductions in superficial sebum content measured in dorsum, antithenar, and thenar areas of the hand after 1 day and 7 days of use of alcohol-based hand disinfectants. The skin dermatitis reported by HCWs had no impact on increased skin hydration after ABHRS use, whereas we observed no statistically significant change in skin pH, except in participants with skin dryness. Superficial sebum content was decreased significantly in all participants except those who reported itching and dryness. Participants' self-assessment indicated that the ABHRS was milder than soaps; 73% reported good skin tolerance during daily use of ABHRS. Allergic contact dermatitis or contact urticaria syndrome induced by exposure to ABHRS occurs rarely.²⁸ Surveillance at a large hospital in which a commercial ABHRS has been used for more than 10 years has not identified a single case of well-documented allergy to the product.²⁹ Allergic reactions to ethanol or isopropanol have been

reported but are very rare.³⁰ The majority of HCWs in the present study preferred ABHRS to handwashing with soap and water, and the use of ABHRS, which contains emollients, was associated with statistically significantly better skin condition.

The present study was limited by our evaluation only of relative skin condition, not of the antimicrobial effectiveness of the ABHRS. A major limitation of our work is that measurements were based on a single application of ABHRS. The main question concerns the results that might be obtained after several applications of ABHRS, after 1 day of work in hospital, 1 week, or 1 month. To complete our study, we intend to observe the evolution of hand rub and measurements of skin condition, which is an optimal method of evaluation among the same participants each year for 10 years as a long-term assessment.

In conclusion, this study used a combination of biophysical measurements and participant self-assessment to evaluate the immediate effect of a single application of ABHRS containing emollients. Our findings indicate that skin hydration increased significantly in all participants, with or without skin problems, and that surface pH and superficial sebum content of the skin decreased on the palm of the hand, but not to a sufficient degree to affect the skin barrier function. Other benefits of ABHRSs include their nonallergenic properties and their tolerance by HCWs. ABHRS is a good substitute for soap and water hand hygiene. Our findings provide a strong argument to encourage HCWs to use ABHRS to improve hand hygiene compliance and reduce nosocomial infections.

References

- Pittet D, Allegranzi B, Sax H, Dharan S, Pessoa-Silva CL, Donaldson L, et al. Evidence-based model for hand transmission during patient care and the role of improved practices. *Lancet Infect Dis* 2006;6:641–52.
- Pittet D, Hugonnet S, Harbarth S, Mourouga P, Sauvan V, Touveneau S, et al. Effectiveness of a hospital-wide programme to improve compliance with hand hygiene: Infection Control Programme. *Lancet* 2000;356:1307–12.
- Trampuz A, Widmer AF. Hand hygiene: a frequently missed life-saving opportunity during patient care. *Mayo Clin Proc* 2004;79:109–16.
- Effendy I, Kwangskuth C, Lee JY, Maibach HI. Functional changes in human stratum corneum induced by topical glycolic acid: comparison with all-trans retinoic acid. *Acta Derm Venereol* 1995;75:455–8.
- Wilhelm KP, Saunders JC, Maibach HI. Increased stratum corneum turnover induced by subclinical irritant dermatitis. *Br J Dermatol* 1990;122:793–8.
- Wickett RR, Visscher MO. Structure and function of the epidermal barrier. *Am J Infect Control* 2006;34:598–110.
- Winnefeld M, Richard MA, Drancourt M, Grob JJ. Skin tolerance and effectiveness of two hand decontamination procedures in everyday hospital use. *Br J Dermatol* 2000;143:546–50.
- Hobson DW, Woller W, Anderson L, Guthery E. Development and evaluation of a new alcohol-based surgical hand scrub with persistent antimicrobial characteristics and brushless application. *Am J Infect Control* 1998;26:507–12.
- Larson E, Morton HE. Alcohols. In: Block SS, editor. *Disinfection, sterilization, and preservation*. Philadelphia [PA]: Lea & Febiger; 1991. p. 191–203.
- Larson E, Eke P, Laughon B. Efficacy of alcohol-based hand rinses under frequent use conditions. *Antimicrob Agents Chemother* 1986;30:542–4.
- Larson E, Silberberg M, Jakob K, Whittier S, Lai L, DellaLatta P, et al. Assessment of alternative hand hygiene regimens to improve skin health among neonatal ICU nurses. *Heart Lung* 2000;29:136–42.
- Larson E, Friedman C, Cohran J, Treston-Aurand J, Green S. Prevalence and correlates of skin damage on the hands of nurses. *Heart Lung Issues Infect Control* 1997;26:404–12.
- Larson E, McGinley KJ, Grove GL, Leyden JJ, Talbot GH. Physiologic, microbiologic, and seasonal effects of hand washing on the skin of health care personnel. *Am J Infect Control* 1986;14:51–9.
- Boyce JM, Pittet D. Guideline for hand hygiene in health-care settings: recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002;23:S3–40.
- Issachar N, Gall Y, Borell MT, Poelman MC. pH measurements during lactic acid stinging test in normal and sensitive skin. *Contact Dermatitis* 1997;36:152–5.
- Hautemanière A, Diguio N, Daval MC, Hunter PR, Hartemann P. Short-term assessment of training of medical students in the use of alcohol-based hand rub using fluorescent-labeled hand rub and skin hydration measurements. *Am J Infect Control* 2009;37:338–40.
- Léveque JL, Rigal J. Impedance methods for studying skin moisturization. *J Soc Cosmet Chem* 1983;34:419–28.

18. Yosipovitch G, Xiong G, Haus E, Sackett-Lundeen L, Ashkenazi I, Maibach H. Time-dependent variations of the skin barrier function in humans: transepidermal water loss, stratum corneum hydration, skin surface pH, and skin temperature. *J Invest Dermatol* 1998;110:20-3.
19. Treffel P, Panisset F, Faivre B, Agache P. Hydration, transepidermal water loss, pH and skin surface parameters: correlations and variations between dominant and non-dominant forearms. *Br J Dermatol* 1994;130:325-8.
20. Welzel J. pH and ions. In: Berardesca E, editor. *Bioengineering of the skin: methods and instrumentation*. Boca Raton [FL]: CRC Press; 1995. p. 91-3.
21. Girard R, Amarian K, Fabry J. Better compliance and better tolerance in relation to a well-conducted introduction to rub-in hand disinfection. *J Hosp Infect* 2001;47:131-7.
22. Harbarth S, Pittet D, Grady L, Zawacki A, Potter-Bynoe G, Samore MA, et al. Interventional study to evaluate the impact of an alcohol-based hand gel in improving hand hygiene compliance. *Pediatr Infect Dis J* 2002;21:489-95.
23. Houben E, De Paepe K, Rogiers V. Skin condition associated with intensive use of alcoholic gels for hand disinfection: a combination of biophysical and sensorial data. *Contact Dermatitis* 2006;54:261-7.
24. Pedersen LK, Held E, Johansen JD, Agner T. Less skin irritation from alcohol-based disinfectant than from detergent used for hand disinfection. *Br J Dermatol* 2005;153:1142-6.
25. Maury E, Alzieu M, Baudel JL, Haram N, Barbut F, Guidet B, et al. Availability of an alcohol solution can improve hand disinfection compliance in an intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:324-7.
26. Hachem JP, Crumrine D, Fluhr J, Brown BE, Feingold KR, Elias PM. pH directly regulates epidermal permeability barrier homeostasis and stratum corneum integrity/cohesion. *J Invest Dermatol* 2003;121:345-53.
27. Kramer A, Berrig T, Kampf G. Clinical double-blind trial on the dermal tolerance and user acceptability of six alcohol-based hand disinfectants for hygienic hand disinfection. *J Hosp Infect* 2002;51:114-20.
28. Cimiotti JP, Marmor ES, Nesin M, Hamlin-Cook P, Larson EL. Adverse reactions associated with an alcohol-based hand antiseptic among nurses in a neonatal intensive care unit. *Am J Infect Control* 2003;31:43-8.
29. Widmer AF. Replace handwashing with use of a waterless alcohol hand rub? *Clin Infect Dis* 2000;31:136-43.
30. Ophaswongse S, Maibach HI. Alcohol dermatitis: allergic contact dermatitis and contact urticaria syndrome. *Contact Dermatitis* 1994;30:1-6.

Données complémentaires non publiées

Evaluation de la tolérance cutanée des personnels soignants utilisant des solutions hydro-alcooliques à T2 (L'étude DEESSES)

L'étude a été réalisée chez 261 agents du CHU de Nancy, c'est-à-dire la population DEESSES inclus à T2. L'application des SHA entraîne une augmentation significative de l'hydratation cutanée sur les deux cotés de la main dominante ($p < .0001$). Le pH diminue significativement sur la paume ($p < .0001$) mais reste dans la valeur normale du pH de la peau. Une baisse significative du taux de sébum a été observée sur les deux cotés de la main dominante ($p < .0001$). L'utilisation des SHA en milieu hospitalier entretient l'hydratation naturelle de la peau, et préserve son acidité ce qui empêche l'altération de la barrière transcutanée et la pénétration des germes (Tableau 25).

Tableau 25: Mesures des paramètres biophysiques cutanées de la population DEESSES à T2

n=261 agents	Moyenne ± Ecart-type	P value
Le taux d'hydratation sur la paume de la main avant friction	40,3 ± 19,8	
Le taux d'hydratation sur la paume de la main après friction	44,3 ± 17,8	
Différence sur le taux d'hydratation sur la paume de la main (a.u)	4 ± 9,5	< 0,0001
Le taux d'hydratation sur le dos de la main avant friction	31,5 ± 10,4	
Le taux d'hydratation sur le dos de la main après friction	42,6 ± 11	
Différence sur le taux d'hydratation sur le dos de la main (a.u)	11,4 ± 10,4	< 0,0001
La valeur du pH sur la paume de la main avant friction	5,2 ± 0,5	
La valeur du pH sur la paume de la main après friction	5,3 ± 0,4	
Différence sur la valeur du pH sur la paume de la main	0,1 ± 0,3	< 0,0001
La valeur du pH sur le dos de la main avant friction	4,8 ± 0,6	
La valeur du pH sur le dos de la main après friction	5 ± 0,5	
Différence sur la valeur du pH sur le dos de la main	0,2 ± 0,4	< 0,0001
Le taux de sébum sur la paume de la main avant friction	1,2 ± 2,1	
Le taux de sébum sur la paume de la main après friction	0,4 ± 1,2	
Différence sur le taux de sébum sur la paume de la main ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)	- 0,7 ± 1,6	< 0,0001
Le taux de sébum sur le dos de la main avant friction	0,5 ± 1,2	
Le taux de sébum sur le dos de la main après friction	0,3 ± 1	
Différence sur le taux de sébum sur le dos de la main ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)	- 0,2 ± 0,8	< 0,0001

4. Evaluation de l'exposition professionnelle à l'éthanol contenu dans les solutions hydro-alcooliques à T1 (Etude DEESSES Prime)

Ce travail a fait l'objet d'un article publié dans le journal : Journal of Hospital Infection.
2012; 81(1):31-5.

Article 4: Dermal and pulmonary absorption of ethanol from alcohol-based hand rub.

Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A.

Résumé

Le but de cette partie de l'étude est de quantifier le niveau d'absorption de l'éthanol chez des professionnels de santé utilisant des SHA en milieu hospitalier.

Méthode: 86 agents du CHU de Nancy ont été inclus pour participer à cette étude. Les participants ont utilisé une SHA contenant 70% de l'éthanol. Les mesures ont été réalisées avant et après 4 heures de travail. Les concentrations de l'éthanol, de l'acétaldéhyde et de l'acétate dans le sang et dans l'urine ont été déterminées par chromatographie phase gazeuse. Un éthylotest a été utilisé pour mesurer le niveau de l'éthanol dans l'air expiré.

Résultats: L'éthanol a été détecté dans l'air expiré chez 28 agents 1 à 2 min post-exposition. La concentration moyenne de l'éthanol est de $0,076 \pm 0,05 \text{ mg.L}^{-1}$. L'éthanol, l'acétaldéhyde et l'acétate n'ont pas été détectés dans le sang après 4 heures d'exposition au SHA. Les tests d'urine sont négatifs chez tous les participants.

Conclusion: L'absorption transcutanée de l'éthanol n'a pas été détectée. L'inhalation des vapeurs d'éthanol conduit à des lectures positives en éthylotest 1 à 2 min après utilisation des SHA. L'exposition pulmonaire à l'éthanol reste en dessous des niveaux toxiques en milieu professionnel.



Dermal and pulmonary absorption of ethanol from alcohol-based hand rub

D. Ahmed-Lecheheb^{a,b,*}, L. Cunat^{a,c}, P. Hartemann^{a,d}, A. Hautemanière^{a,c,d}

^aDepartment of Environment and Public Health, Faculty of Medicine, Nancy University, Nancy, France

^bINSERM U-954, Nutrition, Genetics and Environmental Risk Exposure, Faculty of Medicine, Nancy University, Nancy, France

^cRHEM 4369 Relation Environment Micro-Organisms, Faculty of Medicine, Nancy University, Nancy, France

^dInfection Prevention and Control, University Hospital of Nancy, Nancy, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 13 September 2011

Accepted 7 February 2012

Available online 22 March 2012

Keywords:

Ethanol

Workstation

Toxicology

Dermal absorption

Pulmonary absorption

SUMMARY

Background: Ethanol intoxication of healthcare workers (HCWs) using alcohol-based hand rubs (ABHRs) in the workplace is a potentially serious issue. This study quantified the level of ethanol absorption among HCWs after hygienic hand disinfection.

Methods: Eighty-six HCWs from Nancy University Hospital were tested before and after a 4-h shift. Participants used ABHR containing 70% ethanol. Levels of ethanol, acetaldehyde and acetate in blood and urine were determined using gas chromatography. A breathalyzer was used to measure the level of ethanol in expired air.

Results: Ethanol [mean concentration 0.076 (standard deviation 0.05) mg/L] was detected in the expired air of 28 HCWs 1–2 min post exposure. Ethanol, acetaldehyde and acetate were undetectable in blood after a 4-h shift, and urine tests were negative in all participants.

Conclusion: Ethanol exposure from ABHR, particularly inhalation of vapours, resulted in positive breathalyzer readings 1–2 min after exposure. Dermal absorption of ethanol was not detected. Pulmonary absorption was detected but was below toxic levels.

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

Introduction

Alcohol-based hand rubs (ABHRs) are currently the first choice for hand hygiene in healthcare settings because they have better antimicrobial activity than antiseptic soaps,^{1,2} are effective, easy to use and improve compliance.^{3,4} Their use is recommended before and after patient contact, and for procedures such as intravenous cannulation, provided the

hands are not visibly soiled.⁵ Most commercially available ABHRs contain 60–95% alcohol in the form of ethanol, propan-1-ol, propan-2-ol or a combination of these.^{6,7}

A small amount of alcohol is absorbed from ABHRs and can be detected in the blood.^{8,9} As ethanol intoxication of healthcare workers (HCWs) at work is potentially serious, particularly for pregnant women and motorists, it is important to elucidate the effects of frequent use of ABHRs on blood levels. Most countries have legal blood alcohol levels for drivers of 0.0–0.8 mg/mL (a potentially fatal concentration).¹⁰ Estonia, Hungary, Latvia, the Czech Republic, Romania and Slovakia have zero tolerance regarding blood alcohol levels in drivers. Also, alcohol consumption varies with religion and culture.¹¹ Muslim HCWs may be concerned about exposure to alcohol,¹² producing a potential barrier to the use of ABHRs.

* Corresponding author. Address: Department of the Environment and Public Health, Faculty of Medicine, Nancy University, 9 Avenue de la Forêt de Haye, B.P. 184, 54505 Vandoeuvre-les-Nancy, France. Tel.: +33 3 83 68 34 80; fax: +33 3 83 68 34 89.

E-mail address: djihane.lecheheb-ahmed@medecine.uhp-nancy.fr (D. Ahmed-Lecheheb).

Absorbed alcohols diffuse widely. Ethanol is mainly metabolized in the liver, with smaller quantities found in kidney, muscle, lung, intestine and possibly brain. Ethanol is oxidized to acetaldehyde and then converted to acetate. This study measured ethanol absorption from ABHR in several categories of HCWs to determine if routine use during a 4-h shift under real-life conditions might cause toxicity. Levels of ethanol, acetaldehyde and acetate were measured in blood, urine and expired air.

Materials and methods

Participants were chosen at random. HCWs completed a questionnaire recording their position, age, gender, height, weight, alcohol consumption, use of medication, and medical and surgical history. Height and weight were used to calculate body mass index (kg/m^2). HCWs on regular medication or with visible lesions on their hands were excluded, as were those with alcohol sensitivity or a history of alcohol or drug abuse. Ethical approval was obtained from the Committee for the Protection of Human Subjects 'Est III' (France) and the French Health Products Safety Agency. Participants signed an informed consent form after receiving detailed information about the experimental procedures. Participants were asked to refrain from alcohol consumption for 48 h before the study. All participants had received the same training regarding use of ABHRs, including the volume of product to use and the duration of hand rubbing.

Exposure study

Ethanol exposure of 86 HCWs aged 18–50 years was assessed under normal working conditions at the University Hospital of Nancy, France. Participants applied 3 mL of ANIOGEL 85 NPC (Laboratories Anios, Lille, France) to their hands and rubbed them together until dry (30 s), several times during a 4-h shift. Each participant started with a 100-mL bottle of ABHR of known weight. ANIOGEL contains ethanol (700 mg/g or 755 mL/L), water, glycerine, acrylates/C10-30, alkyl acrylate cross-polymer, bisabolol, caprylic/capric triglycerides PEG-4, esters, PEG-8 caprylic/capric glycerides, aminomethylpropanol and methylpropanediol.

Ethylotest breathalyzer

The level of ethanol in expired air was measured using an electronic Ethylotest Alco-Sensor FST (Intoximeters, Inc., St. Louis, MO, USA), which can detect 0.00–2 mg/L (± 0.01 mg/L). Measurements were taken before a 4-h work shift (pre-exposure) and 1–2 min after the shift.

Blood and urine collection

Blood and urine samples were collected before a 4-h shift (pre-exposure) and 5–10 min, after the last application of ABHR. The skin was disinfected with a non-alcoholic antiseptic. Blood was collected in a Vacutainer (Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, USA), and urine was collected in a 60-mL bottle. Samples were stored for up to 2 h at 4 °C before analysis.

Analysis of ethanol, acetaldehyde and acetate concentrations

Levels of ethanol, acetaldehyde and acetate were measured with a gas chromatograph (GC 3900, Varian Analytical Instruments, Walnut Creek, CA, USA) equipped with an injector 1177 EFC 21 split/splitless, and a flame ionization detector with capillary column (CP-SIL 19CB; 25 m \times 0.53 mm, 2 μm ; Varian Analytical Instruments). The gas chromatograph was set with hydrogen at 25 mL/min and air at 300 mL/min. The nitrogen carrier gas flow was set at 5 mL/min. The temperatures at the injector and detector were set at 220 and 200 °C, respectively. In each case, calibration was performed using an internal standard method. Methanol was used as the internal standard. Samples were analysed using a modified Varian protocol, which involves direct injection of the biological specimen into the gas chromatograph with little pre-treatment. Plasma or urine is mixed with the internal standard solution and injected in the gas chromatograph. Each sample was analysed in duplicate. Contamination of the gas chromatographic column with non-volatile material was prevented by using a glass liner in the injector as a precolumn. The glass liner (without glass wool) was replaced after approximately 50 injections.

The reagents used (ethanol 96%, methanol 99.5% and acetaldehyde 99.5%) were obtained from Merck (Darmstadt, Germany).

Preparation of biological samples

The standard sample solution was a mixture containing methanol and ethanol with the concentration ratio. Sealed blood sample tubes were centrifuged for 5 min at 800 g. Urine was centrifuged at 1000 g for 15 min at 4 °C. The samples were stored in closed microsample containers at –20 °C until analysis. One hundred microlitres of samples were taken and mixed with 100 μL of internal standard (methanol), and stored in a closed microsample container. Standard sample preparation was prepared by diluting 100 μL of ethanol with 100 μL of methanol.

A 1- μL syringe (Hamilton Microliter Syringes, Interchim, Hamilton, Bonaduz, Switzerland) was flushed several times to remove the air in the needle, 0.5 μL of sample was measured in the syringe and injected manually in the split injector of the gas chromatograph.

Data calculation

Results were obtained using Galaxie Version 1.9 SP1 (Varian Analytical Instruments). The peak heights were used to calculate the concentrations of ethanol and its metabolites in the samples. The concentration of ethanol in plasma is 1.17 times the concentration in the whole blood. The detection limit of ethanol and acetaldehyde was 0.1 mg/L. Peaks were identified for acetaldehyde, methanol and ethanol.

Statistical analysis

Data were analysed using Statistical Package for the Social Sciences Version 17 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Table I
Demographic and physical data of study participants

	Mean (SD)	95% CI
Number of subjects	86	
Males	10	
Females	76	
Age (years)	40	
Weight (kg)	64 (11.7)	44–105
Height (cm)	164.4 (7.8)	150–192
Body mass index (kg/m ²)	23.8 (1.8)	19.6–28.5

SD, standard deviation; CI, confidence interval.

Results

Ten males and 76 females (mean age 40 years) participated in this study. Most participants had Fitzpatrick skin type II (69.8%), 15.1% had skin type III, 3.5% had skin type IV and 1.2% had skin type VI. Table I shows the demographic and physical data of the study participants.

The mean usage of ABHR was 27.5 [standard deviation (SD) 14.9] g per 4-h shift (range 1.23–59.84 g), representing approximately nine (SD 5) hygienic disinfections. Figure 1 shows ABHR usage for each subject during a 4-h shift. The amount of ABHR used varied with profession and workplace. Table II shows the mean usage of ABHR by type of HCW and breathalyser values.

Ethanol, acetaldehyde and acetate concentrations

Pre-exposure

Ethanol, acetaldehyde and acetate were undetectable in the blood and urine of 85 participants. Ethanol (0.39 mg/L) was detected in the blood of one radiology technician.

Post-exposure

Ethanol (0.22 mg/L) was detected in the blood of a senior nurse who had only used 7.9 g of ABHR during the 4-h shift. Acetaldehyde was detected in the blood of a laboratory

technician, who turned out to have a history of liver disease and was therefore excluded from the study. All urine alcohol tests were negative.

Measurement of ethanol by breathalyzer

Pre-exposure

Ethanol was not detected in the expired air of any of the participants.

Post-exposure

After a 4-h shift, the level of ethanol in expired air approximately 2 min after the last application of ABHR was 0 in 58 HCWs. In the remaining 28 HCWs, the mean level of ethanol was 0.076 (SD 0.05) mg/L (95% confidence interval 0.03–0.23).

Discussion

Hand disinfection is vital for the prevention of nosocomial infections, and ABHRs are routinely used for hand hygiene. However, extensive use of such products in healthcare settings could expose HCWs to potential risks. Previous studies have shown that some of the alcohol used for disinfection is absorbed, can be detected in the blood and may cause alcohol toxicity.^{13,14} Other studies have demonstrated a significant increase in alcohol blood levels after application of alcohol-containing preparations to the skin.^{15,16} In contrast, a recent investigation reported no significant transdermal absorption of ethanol or 1-isopropanol in 14 healthy volunteers within 1 h of application of hand disinfectant (containing ethanol, 1-propanol and skin-protecting additives) or the alcohols alone.¹⁷ The present study focused on real-life hand hygiene practices and use of ABHRs in the workplace by measuring transdermal and pulmonary absorption of ethanol. Gas chromatography associated with a flame ionizing detector is the most precise, reliable and rapid method for alcohol determination in a biological specimen. Plasma and urine were injected without pretreatment so the method was able to detect concentrations as low as 0.1 mg/L ethanol. The baseline values

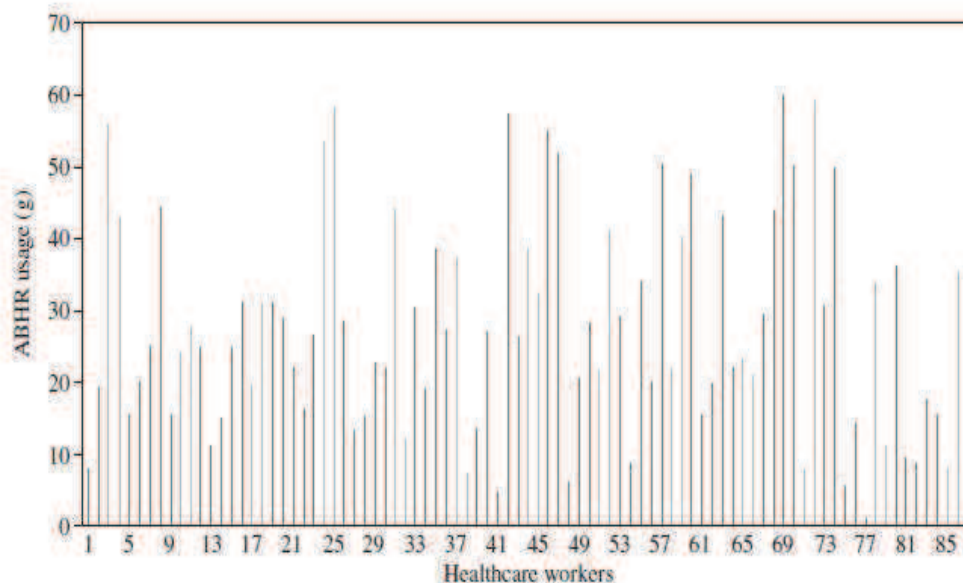


Figure 1. Usage of alcohol-based hand rub (ABHR) by healthcare workers during a 4-h shift.

Table II

Mean usage of alcohol-based hand rub (ABHR) during a 4-h shift by category of healthcare worker and breathalyzer reading

Profession	N	Mean ABHR usage (g/4 h) ± SD [range]	Mean breathalyzer (mg/L) (SD) [range]
Nurses	39	30.5 (15.3) [4.7–59.8]	0.02 (0.03) [0–0.17]
Nurse assistants	11	30.2 (12.5) [8.7–50.3]	0.05 (0.07) [0–0.23]
Radiology technicians	11	28.6 (13.2) [15.7–55.8]	0.02 (0.06) [0–1.19]
Doctor	1	26.7	0
Clinical dieticians	2	25.1 (6.1) [20.8–29.4]	0
Hospital cleaners	15	24.5 (16.2) [7.5–59]	0.02 (0.04) [0–0.16]
Clinical research assistants	1	14.6	0
Laboratory technicians	4	12.5 (14.8) [1.2–34.1]	0
Social worker	1	11.5	0.06
Senior nurse	1	7.9	0

SD, standard deviation.

of ethanol, acetaldehyde and acetate indicated alcohol abstinence of subjects before the shift. After a 4-h shift, values were below the maximum physiological levels of ethanol and acetaldehyde.^{18,19} Thus, no significant transdermal absorption of ethanol had occurred despite several applications of ABHR, supporting the results of previous studies.^{20,21} It has been reported that 55–60% of inhaled alcohol vapours can be absorbed into the bloodstream,²² as HCWs rarely use masks when applying ABHR. Pre-exposure breathalyzer tests registered zero in all participants, but a mean ethanol level of 0.076 (SD 0.05) mg/L was measured in the expired air of 28 HCWs (95% confidence interval 0.03–0.23 mg/L) 1–2 min post-exposure. Values returned to zero in all participants within 15 min. The threshold limit set by the Highway Code for drivers in France is 0.25 mg/L, and positive breathalyzer readings could result in sanctions for drivers.

This study has several limitations. The chosen exposure period was only 4 h, and surgical hand rub was not tested. The number of applications of ABHR varies markedly between HCWs depending on the nature of clinical activity, the hospital setting and compliance with hand hygiene programmes. Indeed, the US Centers for Disease Control and Prevention hand hygiene guidelines report that the compliance of HCWs with hand hygiene practices varies between 5% and 81%, with an overall average of 40%.⁵ In the present study, the mean amount of ABHR used during a 4-h shift was 27.5 g (i.e. approximately nine hand disinfections). This suggests exposure to alcohol every 26.6 min, which is a very short exposure period. Furthermore, ethanol absorption corresponded with exposure dose and time. Previous data have shown that the small amounts of ethanol absorbed are divided into two portions: one portion (2–5%) is excreted unmetabolized in urine, sweat and breath;²³ and the remainder is metabolized quickly, eliminated rapidly and does not accumulate, making it difficult to detect ethanol and its metabolites in blood and urine.

Detection of acetaldehyde in the blood of a subject with liver disease could stimulate further research. HCWs suffering from liver disease or who are metabolically deficient could be at increased risk of toxicity. Another area for research is the consequences of long-term daily and frequent use of ABHR.

Conclusion

The ABHR used by HCWs in routine work did not lead to the absorption of a detectable amount of ethanol. Dermal

absorption was not detected. Values detected from pulmonary absorption were below the levels known to be toxic in humans. Therefore, the use of ABHR is safe for healthy HCWs.

Conflict of interest statement

D. Ahmed-Lecheheb was supported by ANRT: National Association of Research and Technology and ANIOS Laboratories.

Funding sources

This study was financed by the Department of the Environment and Public Health, Faculty of Medicine, Nancy University, France and University Hospital of Nancy, France.

References

1. Winnefeld M, Richard MA, Drancourt M, Grob JJ. Skin tolerance and effectiveness of two hand decontamination procedures in everyday hospital use. *Br J Dermatol* 2000;143:546–550.
2. Mody L, McNeil SA, Sun R, Bradley SE, Kauffman CA. Introduction of a waterless alcohol-based hand rub in a long-term care facility. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2003;24:157–159.
3. Kampf G, Rudolf M, Labadie JC, Barrett SP. Spectrum of antimicrobial activity and user acceptability of the hand disinfectant agent Sterillium Gel. *J Hosp Infect* 2002;52:141–147.
4. Harbarth S, Pittet D, Grady L, et al. Interventional study to evaluate the impact of an alcohol-based hand rub in improving hand hygiene compliance. *Pediatr Infect Dis J* 2002;21:489–495.
5. Boyce JM, Pittet D. Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee; HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. Guideline for hand hygiene in health-care settings. Recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *MMWR Recomm Rep* 2002;51:1–45.
6. Luby SP, Agboatwalla M, Painter J, Altaf A, Billhimer WL, Hoekstra RM. Effect of intensive handwashing promotion on childhood diarrhea in high-risk communities in Pakistan: a randomized controlled trial. *JAMA* 2004;291:2547–2554.
7. Yosef A, Dolan MJ, Fendler EJ, Larson EL. Alcohols. In: Block SS, editor. *Disinfection, sterilization and preservation*. 5th ed. Philadelphia: Williams & Wilkins; 2001. p. 229–253.
8. Turner P, Saeed B, Kelsey MC. Dermal absorption of isopropyl alcohol from a commercial hand rub: implications for its use in hand decontamination. *J Hosp Infect* 2004;56:287–290.
9. Kramer A, Below H, Bieber N, et al. Quantity of ethanol absorption after excessive hand disinfection using three commercially available hand rubs is minimal and below toxic levels for humans. *BMC Infect Dis* 2007;7:117.

10. Heatley MK. The blood concentration at post-mortem in 175 fatal cases of alcohol intoxication. *Med Sci Law* 1990;30:101–105.
11. Allegranzi B, Memish ZA, Donaldson L, Pittet D. Religion and culture: potential undercurrents influencing hand hygiene promotion in health care. *Am J Infect Control* 2009;37:28–34.
12. Ahmed QA, Memish ZA, Allegranzi B, Pittet D. WHO Global Patient Safety Challenge. Muslim health-care workers and alcohol-based handrubs. *Lancet* 2006;367:1025–1027.
13. Scheuplein RJ, Blank IH. Mechanisms in percutaneous absorption. IV. Penetration of non-electrolytes (alcohols) from aqueous solutions and from pure liquids. *J Invest Dermatol* 1973;60:286–296.
14. Vivier PM, Lewander WJ, Martin HF, Linakis JG. Isopropyl alcohol intoxication in a neonate through chronic dermal exposure: a complication of culturally-biased umbilical care practice. *Pediatr Emerg Care* 1994;10:91–93.
15. Rajabally YA, Martimer NJ. Acute neuropathy and erythromelalgia following topical exposure to isopropanol. *Vet Hum Toxicol* 2004;46:24–25.
16. Leeper SC, Almatari AL, Ingram JD, Ferslew KE. Topical absorption of isopropyl alcohol induced cardiac and neurologic deficits in an adult female with intact skin. *Vet Hum Toxicol* 2000;42:15–17.
17. Lang RA, Egli-Gany D, Brill FH, et al. Transdermal absorption of ethanol- and 1-propanol-containing hand disinfectants. *Langenbecks Arch Surg* 2011;396:1055–1060.
18. Wittmann S, Gilg T, Dietz HG, Grantzow R, Peschel O, Meyer L. Isopropanol- und Acetonspiegel im serum nach präoperativer Flächendesinfektion mit isopropanolhaltigen Antiseptika. *Blutalkohol* 1992;29:326–335.
19. Al-Awadhi A, Wasfi IA, Al Reyami F, Al-Hatali Z. Endogenous concentrations of blood ethanol in residents of the United Arab Emirates. *Sci Justice* 2004;44:149–152.
20. Miller MA, Rosin A, Levsky ME, Patel MM, Gregory TJD, Crystal CS. Does the clinical use of ethanol-based hand sanitizer elevate blood alcohol levels? A prospective study. *Am J Emerg Med* 2006;24:815–817.
21. Miller MA, Rosin A, Crystal CS. Alcohol-based hand sanitizer: can frequent use cause an elevated blood alcohol level? *Am J Infect Control* 2006;34:150–151.
22. Lester D, Greenberg LA. The inhalation of ethyl alcohol by man. I. Industrial hygiene and medicolegal aspects. II. Individuals treated with tetraethylthiuram disulfide. *Q J Stud Alcohol* 1951;12:168–178.
23. National Institute of Research and Safety. *Ethanol; toxicological sheet FT 48*. Paris: INRS; 2007.

Données complémentaires non publiées

Evaluation de l'exposition professionnelle à l'éthanol contenu dans les solutions hydro-alcooliques à T2 (L'étude DEESSES Prime)

Le tableau 27 présente les résultats de l'évaluation à T2 du passage transcutané de l'éthanol après manipulation des SHA. L'étude a été réalisée sur la même population que l'évaluation à T1. Sept agents ont été exclus de l'étude pour différents raisons: 3 départs en retraites, 2 mutations, 1 refus, 1 congé maladie longue durée.

La moyenne de la consommation des SHA chez les 80 agents est de 34,7 g/4h (Tableau 27). La consommation des SHA est variable selon le service et la catégorie professionnelle du personnel soignant. Le tableau 26, représente l'évolution de la moyenne de consommation des SHA en fonction de la catégorie professionnelle du personnel soignant.

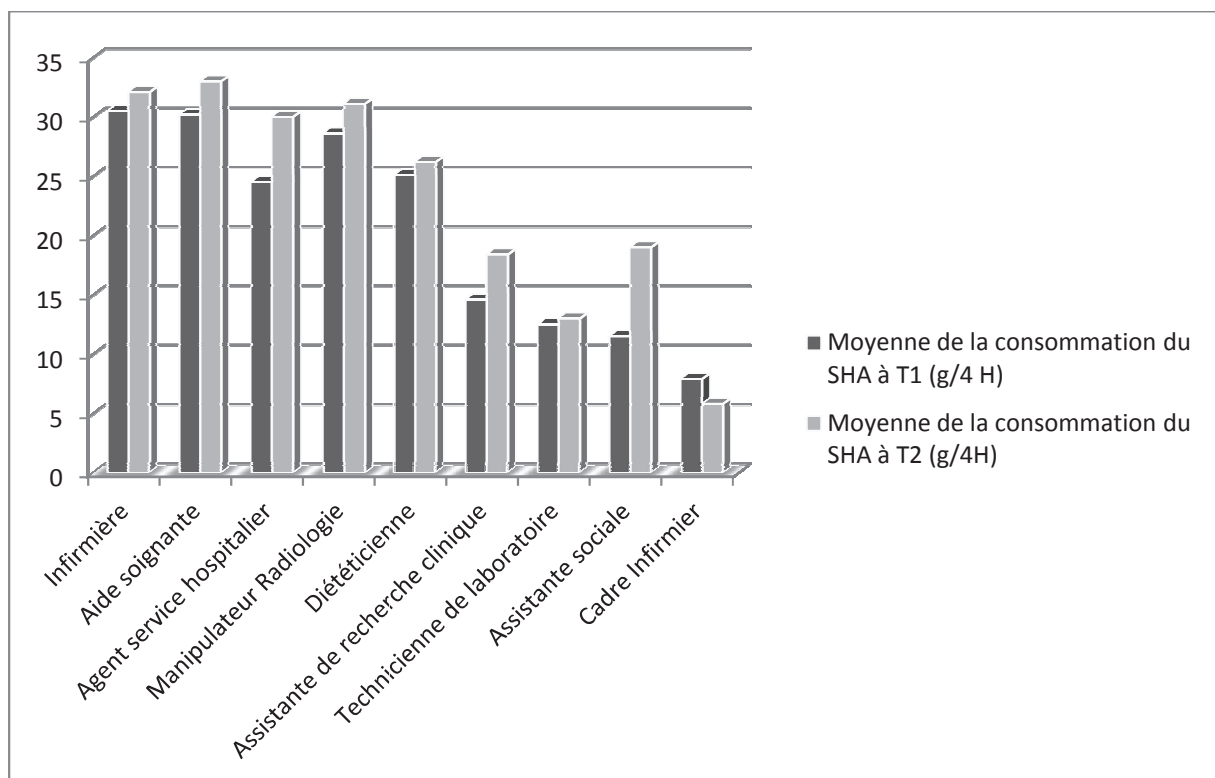


Figure 24: Evolution de la consommation des SHA chez la population DEESSES Prime

La figure 24, représente l'évolution de la consommation des SHA chez la population DEESSES Prime à T1 et T2 en fonction de la catégorie fonctionnelle.

Tableau 26: Evolution de la consommation du SHA en grammes pendant 4 heures de travail en fonction des différentes catégories professionnelles du personnel soignant

Profession	T1			T2		
	Effectif	Moyenne de la consommation de SHA (grammes/ 4 Heures)	Ecart-type	Effectif	Moyenne de la consommation de SHA (grammes/ 4 Heures)	Ecart-type
Infirmière	39	30,5	15,3	37	32,1	16,2
Aide-soignante	11	30,2	12,5	11	33	12,2
Agent service hospitalier	15	24,5	16,2	13	30	19,5
Manipulateur radiologie	11	28,6	13,2	11	31,1	17,1
Diététicienne	2	25,1	6,1	2	26,2	13,7
Assistante de recherche clinique	1	14,6	-	1	18,4	-
Médecin	1	26,7	-	0	-	-
Technicienne de laboratoire	4	12,5	14,8	3	13	6
Assistante sociale	1	11,5	-	1	19	-
Cadre infirmier	1	7,9	-	1	5,8	-

- **Dépistage de l'éthanol et de ses métabolites (Acétaldéhyde, Acétate) dans le sang et les urines**
 - **Avant la prise de poste** : l'éthanol et ses métabolites n'ont pas été détectés dans les échantillons de sang et urines des participants.
 - **Après 4 heures de travail** : aucun résultat positif de l'éthanol et ses métabolites n'a été détecté dans les échantillons de sang et urines des participants.

- **Mesure du taux d'éthanol dans l'air expiré**

L'éthanol dans l'air expiré a été mesuré à l'aide d'un éthylomètre, environ une à deux minutes après la réalisation de la dernière friction avec une SHA. Nous avons mesuré en moyenne chez 49 agents, la valeur de 0,09 mg d'éthanol/L d'air expiré ($\pm 0,04$) avec des valeurs extrêmes de [0,01 – 0,19]. Une valeur nulle a été détectée chez 31 personnes.

Tableau 27: Evaluation DEESSES Prime à T2

SEXE (n= 80)	HOMMES n (%)		FEMMES n (%)	
	10 (12,5)		70 (87,5)	
Age (Moyenne ± Ecart-type) ans	42,3 ± 7,4			
Fonction				
Infirmière	3 (3,7)		34 (42,5)	
Aide-soignante	0		11 (13,7)	
Agent service hospitalier	0		13 (16,2)	
Manipulateur radiologie	6 (7,5)		5 (6,2)	
Technicien de laboratoire	0		3 (3,7)	
Diététicienne	0		2 (2,5)	
Assistante sociale	0		1 (1,2)	
Cadre infirmière	0		1 (1,2)	
Assistante de recherche clinique	0		1 (1,2)	
n= 80	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Sang				
Ethanol T ₀	0	0	0	0
Acétaldéhyde T ₀	0	0	0	0
Acétate T ₀	0	0	0	0
Sang				
Ethanol T ₄	0	0	0	0
Acétaldéhyde T ₄	0	0	0	0
Acétate T ₄	0	0	0	0
Urine				
Ethanol T ₀	0	0	0	0
Acétaldéhyde T ₀	0	0	0	0
Acétate T ₀	0	0	0	0
Urine				
Ethanol T ₄	0	0	0	0
Acétaldéhyde T ₄	0	0	0	0
Acétate T ₄	0	0	0	0
Air expiré (mg.L⁻¹)				
Ethanol T ₀	0	0	0	0
Ethanol T ₄	0	0,19	0,05	0,05
Quantité de SHA consommée durant 4 heures (g)				
	5,8	80,6	34,7	16,9

T₀ : Avant la prise de poste, T₄ : Après 4 heures de travail

5. Evaluation de l'absorption transpulmonaire de l'éthanol contenu dans les solutions hydro-alcooliques à T1 (Etude DEESSES Seconde)

Ce travail a fait l'objet d'un article publié dans le journal : American Journal of Infection Control. 2013 Mar;41(3):e15-9. Epub 2013 Jan 16.

Article 5: Assessment of transpulmonary absorption of ethanol from Alcohol-Based Hand-Rub.

Hautemanière A. Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P.

Résumé

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'absorption transpulmonaire de l'éthanol contenu dans les SHA utilisées par les professionnels de santé dans des conditions réelles de travail.

Méthode: 26 agents du CHU de Nancy ont été inclus. L'exposition à l'éthanol est évaluée sur 4 heures d'une journée de travail habituel. La mesure de l'éthanol dans l'air expiré a été réalisée en utilisant un éthylomètre de classe B (Alco-Sensor FST). La concentration d'éthanol dans l'air inhalé a été mesurée à l'aide d'une pompe de prélèvement d'air, de marque Gilian LFS-113. Les concentrations d'éthanol, acétaldéhyde et acétate dans les échantillons de sang et urines ont été déterminées par chromatographie phase gazeuse avec détecteur à ionisation de flamme.

Résultats: les femmes représentent 88% de la population. L'âge moyen est de 40 ± 8 ans. L'éthanol et ses métabolites n'ont pas été détectés dans les échantillons de sang et urines.

L'éthanol ($0,08 \pm 0,07 \text{ mg.L}^{-1}$) a été détecté dans l'air expiré de 10 professionnels de santé, 1 à 2 minutes après exposition aux SHA. La concentration moyenne de l'éthanol dans l'air inhalé durant 4 heures de travail est de $46,2 \text{ mg.m}^{-3}$.

Conclusion: L'absorption des vapeurs d'éthanol à partir de SHA chez les professionnels de santé au cours de leurs activités de soins n'a pas été détectée. La concentration des vapeurs d'éthanol inhalées sur une période de 4 heures de travail est en dessous des limites réglementaires d'exposition à l'éthanol en milieu professionnel.



Contents lists available at ScienceDirect

American Journal of Infection Control

journal homepage: www.ajicjournal.org

Major article

Assessment of transpulmonary absorption of ethanol from alcohol-based hand rub

Alexis Hautemanière PhD, MD^{a,b}, Djihane Ahmed-Lecheheb MSc^{a,c,*}, Lisiane Cunat PhD^a, Philippe Hartemann PhD, MD^{a,b}^a Faculty of Medicine, Department of the Environment and Public Health, Lorraine University, Nancy, France^b University Hospital of Nancy, Infection Prevention and Control, Nancy, France^c INSERM U-954, Nutrition, Genetics, and Environmental Risk Exposure, Nancy, France

Key Words:

Healthcare workers
Ethanol vapors
Pulmonary exposure
Ethanol blood concentration
Ethanol urine concentration

Background: Alcohol-based hand rubs (ABHRs) have been associated with a reduction of nosocomial infections. Despite the worldwide introduction of these products in health care settings, the aim of this study was to assess the transpulmonary absorption of ethanol contained in ABHRs used by health care workers (HCWs) in real conditions of work shift.

Methods: Twenty-six HCWs of Nancy University Hospital were included. Research consisted in monitoring participants during 4 hours of work shift to assess their exposure to ethanol. The measurement of ethanol vapors in exhaled breath was performed using a class B ethylometer (Alco-Sensor FST). Ethanol concentration in inhaled breath was measured using Gilian pump LFS-113. Concentration of ethanol, acetaldehyde, and acetate in blood and urine samples were determined using gas chromatography with flame ionization detector.

Results: Participants were 12% male and 88% female. The mean age was 40 ± 8 years. None of the employees included in the study presented any traces of ethanol or its metabolites in the blood or urine. Ethanol (0.08 ± 0.07 mg/L) was detected in the breath of 10 HCWs at 1 to 2 minutes postexposure. The mean concentration of ethanol in the inhaled air was 46.2 mg/m³.

Conclusion: Absorption of ethanol vapor from ABHRs among HCWs during their care activities was not detected. Quantification of ethanol fumes inhaled during 4 hours of work shift was below the regulatory limitations of exposure to ethanol.

Copyright © 2013 by the Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology, Inc. Published by Elsevier Inc. All rights reserved.

The importance of hand hygiene in the prevention of nosocomial infections^{1,2} and in reducing the transmission of pathogenic microorganisms³ has been proven several times over.⁴ The use of alcohol-based hand rubs (ABHR) as compared with antiseptic soap⁵ increased the compliance with hand hygiene^{6,7} and decreased the rate of nosocomial infections.⁸ Intensive use of ABHR is also one of the objectives of several national programs to prevent the spread of health care-associated infection.⁹ Health care workers (HCW) exposure to ethanol contained in ABHR can result in systemic inhalation and transdermal absorption (and occasionally

ingestion). The metabolism of ethanol varies from one individual to another, and prolonged exposure can cause serious adverse effects. Several studies have investigated absorption of ethanol content in ABHR, but the results remain controversial. Two of Miller et al's studies^{10,11} investigated absorption of ethanol. In the first study, 5 volunteers applied an ABHR containing 62% ethanol 50 times over a period of 4 hours. Blood levels remained below 0.05 g/L. In the second study, an emergency physician applied an ABHR containing 62% ethanol to his hands 25 times over a period of 2 hours. Serum levels remained below the detection limits according to the method used in this laboratory. These 2 studies tend to show that ethanol is absorbed through the skin barrier gradually. However, they were conducted in volunteers free of dermatologic lesions and without taking into account subjects' variability (sex, age, skin type, and others) that could influence the transcutaneous absorption. Inversely, another study¹² tackled the problem of detection of alcohol while driving after using ABHR. In this study, 20 subjects carried out 30 rubs per hour during a working day. Ethanol was detected in exhaled breath of 6 subjects 1 to 2 minutes after exposure and in the blood of 2 subjects 5 to 7 minutes after

* Address correspondence to Djihane Ahmed-Lecheheb, PhD student, Environmental Department and Public Health, Medicine University of Nancy, 9 Avenue de la Forêt de Haye, B.P. 184, 54505 Vandœuvre-les-Nancy, France.

E-mail address: djihane.lecheheb-ahmed@medecine.uhp-nancy.fr (D. Ahmed-Lecheheb).

Supported by the Department of the Environment and Public Health, Faculty of Medicine, Lorraine University, Nancy, France; University Hospital of Nancy (France); and the National Association of Research Technology (ANRT) and ANIOS laboratories (to D.A.L.).

Conflicts of interest: None to report.

exposure. The clinical trials were controlled, double blind, and randomized, and cross over to analyze the transdermal absorption of ethanol and 1-propanol after dermal application on 14 healthy male volunteers.¹³ The results showed 0.35 mg/L \pm 0.14 mg/L ethanol/1-propanol in the blood samples. The absence of transcutaneous absorption and/or associated with pulmonary absorption of ethanol is not proven. The half-life of ethanol evaporation on the skin is 12 seconds.¹⁴ The absorption rate of a toxin (air distribution into the blood) depends on its concentration in alveolar air and the Nernst partition coefficient for blood (solubility coefficient). Under these conditions, the respiratory route must be taken into account. A recent study assessed the inhaled dose of alcohol during hand disinfection using 2 hand disinfection procedures and 2 types of commercially available ABHRs (ethanol and combined alcohols, which contained 700 mg/g of ethanol and 560 mg/g of ethanol and 90 mg/g of isopropanol). This research provided experimental data, using a simple method to show that the use of ABHRs leads to the absorption of very low doses of alcohols, but repeated inhalation of high alcohol concentrations raises the question of possible adverse health effects.¹⁵ To our knowledge, no previous study has focused on ethanol concentration in inhaled air during use of ABHRs in real conditions of work in health care settings; most of the studies have focused on exposure to alcohols in experimental conditions by measuring blood alcohol concentrations. Consequently, the principal aim of this study was to assess the pulmonary exposure to ethanol during hand disinfection in real conditions at workplace. A simple method was used to estimate the amount of ethanol inhaled during 4 hours of work shift in hospital. The concentration of ethanol in biologic fluids and exhaled breath was performed.

MATERIALS AND METHODS

Twenty-six HCWs of the Nancy University Hospital, France (1,700 beds), participated in the study. Participants were from all wards of hospital. Volunteers used 3 mL of the product usually used in the hospital ANIOSGEL 85 NPC (Anios Laboratories, Lille, France) for each hand rub, containing 70% ethanol + emollients. The study followed the guidelines for Good Clinical Practice and was approved by the Ethics Committee of the University Hospital of Nancy. The main criteria for inclusion were volunteers aged 18 to 50 years, working in the Nancy University Hospital, and having participated in hand hygiene rubbing training. Subjects were excluded if over 50 years old because this study was the first in a longitudinal study to be conducted over 10 years (DEESSES cohort). All former alcoholics or those who left the hospital within 2 years were not accepted. Participants were asked to stop consuming alcohol from 48 hours before the beginning of the experiment and throughout the entire study period.

The data collected included the following: demographic characteristics (age, weight, height, body mass index, ward, position); medical and surgical history; Fitzpatrick skin types¹⁶; start and finish time for the exposure assessment; content before and after of the ABHR bottle to estimate the amount of ABHR used; concentration of ethanol, acetaldehyde, and acetate in blood and urine; and ethanol concentration in inhaled and exhaled breath.

This study was conducted in a hospital. HCWs can use ABHRs in any situation (when the opportunity for hand rubbing arises): in the care rooms, hallways, and patient rooms. Measurements were performed under standardized conditions of temperature and humidity. Building ventilation is provided by a constant air exchange rate of about 25 to 50 m³/h per room.

The quality of hand rubbing (percentage of surface coverage, time spent rubbing, and respect of the standard rub procedure)¹⁷

was assessed using the method described by Hautemanière et al.¹⁸ Ethanol concentrations in blood, urine, and exhaled breath were measured at the beginning of the work shift and 4 hours later under real-life conditions at workplace. This study was carried out on the subject's duty ward without changing the care program in any way.

Blood samples

For blood samples collection, the skin was disinfected with a non-alcoholic antiseptic solution to prevent contamination of the blood with ethanol. The blood samples were collected in an anti-coagulant EDTA collection tube (BD vacutainer; Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ) and centrifuged at 800g for 10 minutes at room temperature; the plasma was taken and aliquoted into 200- μ L vials and stored at -20° C until analysis.

Urine samples

Samples of urine were collected in urine collection bottles 60 mL of size. Samples are centrifuged at 1,000g for 15 minutes at $+4^{\circ}$ C and stored in closed microsample containers at -20° C until analysis.

Ethylotest breathalyzer

Breath ethanol concentration was measured using an electronic Ethylotest Alco-Sensor FST (Intoximeters, Inc, St. Louis, MO). The Ethylotest measures with a precision of ± 0.01 mg/L of breath; measurement range is 0.00 mg/L to 2.00 mg/L of breath. Measurement was made at baseline and 1 to 2 minutes after 4 hours of work shift.

Sampling method for measurement of ethanol vapor in inhaled breath

To estimate exposure levels to ethanol during hand disinfection in workplace for 4 hours, air samplings in the breathing zone of HCW were taken with sampling pump (Model LFS-113, Sensidyne, Inc., Clearwater, FL). The LFS-113 is a compact, low-flow, air-sampling pump with sorbent tubes designed for flow rates between 1 mL/min and 350 mL/min. Compact size and light weight of this pump allow it to fit easily inside a shirt pocket. Flow rates were measured at the start and end of the sampling period using a soap bubble flow meter and SKC sorbent sample activated charcoal tubes (100 + 50 mg) (SKC Inc., Eighty Four, PA). The sampling flow rate was fixed at 200 mL/min; this was accurately measured at the start and end of the sampling period. Sorbent tube was placed near the breathing zone of the subject to be representative of the distance between the hands and the respiratory tract. At the end of the sampling process, SKC sorbent sample tubes were rapidly transferred to the laboratory and stored at $+4^{\circ}$ C for a maximum period of 10 to 15 days.

The SKC tubes were then desorbed in 1 mL of dichloromethane. After 30 minutes of shaking, the desorbed ethanol was analyzed with a gas chromatograph GC 3900 (Varian Analytical Instruments, Walnut Creek, CA) equipped with a flame ionization detector. The conditions of the gas chromatography for the injection and column temperature were 220° C and 55° C, respectively. The flame ionization detector temperature was set at 200° C. The flow rates of hydrogen and air were fixed at 25 mL/min and 300 mL/min, respectively. The flow rate in column was 5 mL/min. The detailed analytical procedures have been described elsewhere.¹⁹

Samples analysis

Concentrations of ethanol, acetaldehyde, and acetate were determined using a gas chromatograph GC 3900 (Varian Analytical Instruments) equipped with an injector 1177 EFC 21 Split/Splitless and a flame ionization detector. Capillary column was used (CP-SIL 19CB: 25 m × 0.53 mm × 2.0 μm; Varian Analytical Instruments). The detailed analytical method was described by Ahmed-Lecheheb et al.²⁰

Statistical analysis

Results of analysis were obtained using Galaxie software version 1.9 SP1 (Varian Analytical Instruments). The peak heights were used to calculate the concentration of ethanol and its metabolites in the samples. Data were analyzed using SPSS version 17 (SPSS Inc, Chicago, IL).

RESULTS

Twenty-six volunteers, 12% male and 88% non-pregnant female, participated in this study. Participants were 50% nurses, 23% auxiliary nurses, 15% hospital cleaners, and 8% radiology technicians. The mean age was 40 ± 8 years, the mean weight was 64 ± 12 kg, the mean size was 1.63 ± 0.08 m, and mean body mass index was 24 ± 4 kg/m². Subjects were 96% right-handed, and 85% had Fitzpatrick skin type II. Fifty percent of subjects never consumed alcohol or consumed only at parties. No volunteers were suffering from hepatic problems, but 3 suffered from asthma and 6 from skin pathologies. Table 1 shows demographic and physical characteristics of participants.

The quality of hand rubbing was judged as excellent or good in 100% of cases and the rubbing time sufficiently long (more than 30 seconds) in 42%. Seventy-three percent of HCWs had the palms of their hands covered 100% with the ABHR. In the 7 subjects whose hand surfaces were not completely covered, the discrepancy was on average 9% (Table 2). The amount of ABHR used during 4 hours of assessment was on average 33 g or 34.5 mL, which corresponds to 11.5 hand rubs (with 3 mL of product for each hand rub). This average reflects significant differences in consumption from 8 g (2.7 rubs) to 59 g (20.5 rubs). We decided to exclude the result for 1 SKC sorbent sample activated charcoal tube for misuse of the Gillian pump by HCW that resulted in damage to the tube. The mean concentration of ethanol in the inhaled air of 25 HCWs was 46.2 mg/m³ (Table 3). There is a significant correlation of 0.388 ($P = .05$) between the amount of ABHR used and the ethanol concentration in inhaled air (Fig 1).

Before the beginning of work shift, none of the HCWs included in the study presented any traces of ethanol or its metabolites in the blood, urine, and expired air. After 4 hours of ABHR professional use, all the concentrations of ethanol and its metabolites were nil or nondetectable in blood and urine. The ethanol level in the expired air was measured at 1 to 2 minutes after the last rub with ABHR. We measured the mean value of 0.03 ± 0.06 mg of ethanol per liter of expired air (95% confidence interval: 0.00–0.23) (Table 3). No clinical effects were described during the 4 hours of ABHR use for subjects with health problems.

DISCUSSION

Our study did not find any systematic absorption of ethanol vapors from hand disinfection product in HCWs during their care activities. This study confirms the findings of Miller et al's 2 studies.^{10,11} HCWs used several products that do not contain only ethanol. This alcohol presents toxicologic characteristics different

Table 1
Demographic and physical characteristics of participants

	Epidemiology section		Biologic measurement		
	Frequency	Percent	Mean	SD	95% CI
Sex					
Male	3	11.5			
Female	23	88.5			
Skin type					
Fitzpatrick skin type I	1	3.8			
Fitzpatrick skin type II	22	84.6			
Fitzpatrick skin type III	2	7.7			
Fitzpatrick skin type IV	1	3.8			
Dominant hand					
Right-handed	25	96.1			
Ambidextrous	1	3.8			
Profession					
Auxiliary nurse	6	23.1			
Hospital cleaner	4	15.4			
Nurse	13	50.0			
Radiology technicians	2	7.7			
Laboratory technicians	1	3.8			
Ward					
Surgical	2	7.7			
Consultation	2	7.7			
Medical-technical*	9	34.6			
Medicine	9	34.6			
ICU	4	15.4			
Alcohol consumption					
Never	2	7.7			
Only at parties	11	42.3			
Once per month at least	1	3.8			
Between 2 and 4 times per month	9	34.6			
2 or 3 Times per week	3	11.5			
Pathology					
Asthma	3	11.5			
Eczema	4	15.4			
Psoriasis	2	7.7			
Weight, kg			64	12	44–85
Height, cm			163	8	150–180
Age, yr			40	8	26–50
BMI			24	4	19–32

BMI, body mass index; CI, confidence interval; ICU, intensive care unit; SD, standard deviation.

*Dialysis, functional respiratory exploration, digestive endoscopy, radiology.

Table 2
Hand rub practice

	Epidemiology section		Biologic measurement		
	Frequency	Percent	Mean	SD	95% CI
Quality of hand rub					
Period of hand rub					
Less than 15 seconds	2	7.7			
15 to 30 seconds	13	50.0			
More than 30 seconds	11	42.3			
Method of hand rub					
Good	8	30.8			
Very good	18	69.2			
Surface of hand without ABHR					
Palm %			3	4	0–10
Back %			7	11	0–45
Weight of ABHRs used, g			33	16	8–59

CI, confidence interval; SD, standard deviation.

from the 2 other alcohols usually used in the formulation of hand rub products. These differences may be one of the explanations for the results of the studies that found alcohol in the blood. Although the peak points are all very low (13°C [pure ethanol], 7°C [isopropanol], 15°C [n-propanol]), the molar masses are different (46.0684 ± 0.0023 g/mol ethanol and 60.095 ± 0.0033 g/mol for isopropanol and n-propanol) or 30% higher for those with

Table 3
Concentration of ethanol in the expired and inhaled air

	Minimum	Maximum	Mean	SD
Expired air (mg/L)				
Ethanol T ₀	0	0	0	0
Ethanol T ₄	0	0.23	0.03	0.06
Inhaled air				
Ethanol (mg)	0.5	6.8	2.2	1.7
Ethanol (mg/m ³)	10.4	141.9	46.2	34.8

SD, standard deviation.

NOTE. T₀: At baseline (pre-exposure); T₄: After 4 hours work shift (postexposure).

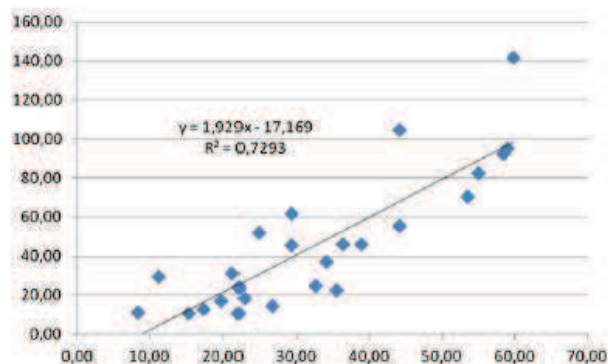


Fig 1. Correlation between the amount of ABHRs used and ethanol concentration in inhaled air.

tri-carbon chains. This toxicologic data could explain a difference in evaporation and skin absorption. In fact, the studies that found plasmatic concentrations were all carried out using isopropanol or n-propanol.^{12,13}

In the literary review on methods for quantification of alcohols and their metabolites, physical methods are the most sensitive. Gas chromatography associated with flame ionizing detector is the most commonly used. This tool enables several molecules whose metabolites are of interest to be dosed simultaneously without pretreatment, which often leads to a loss of product with a detection level of 0.1 mg/L for ethanol. Concerning these data, we cannot claim that there were not a few molecules of ethanol in the blood or urine of HCWs tested. On the other hand, we can confirm that the concentration in ethanol is inferior to the detection limit, which, for our purposes, is 0.1 mg/L. With regard to these results, even if a presence of ethanol was detected by another method such as mass spectrometry, it only shows traces: these traces are harmless to the health. Moreover, these traces could come from an endogenous production of ethanol resulting from bacterial and fungal fermentation of sugars in the intestines. These phenomena have been known for a long time²¹ and essentially concern the blood ethanol levels tested on cadavers.

We performed the quantification of pulmonary exposure of HCWs in a real situation of work shift, which had never previously been investigated except in laboratories under experimental conditions with excessive exposure. Our investigation extends knowledge on alcohol vapor concentrations during hand rubbing. In light of our results, we confirm that the concentration of ethanol released into the air from AHBR in workplace (mean 46.2 ± 34.8 mg/m³ in 4 hours of exposition) remains far inferior to the French guidelines for professional exposure limits to ethanol over 8 hours (currently 1,900 mg/m³ and considered as not causing any chronic effects).

Breathalyzer readings registered the mean ethanol level of 0.08 (± 0.07 mg/L) in the breath of 10 HCWs at 1 to 2 minutes

postexposure. Values returned to zero in all participants at 10 to 15 minutes after the last ABHR use. These findings confirmed earlier results of our study groups where no significant transpulmonary absorption was detected.²⁰ Positive breathalyzer readings are resulting from instantaneous inhalation of ethanol vapors during hands disinfection with ABHR. This was not due to skin absorption. The dead space of the airways (trachea and branch) is not the site of gas exchange. However, they corresponding to the quality of the incoming air (loaded air in a fraction of ethanol) and airflows (exchange of CO₂). The breath test was performed after friction often resulting in a penetration in the dead spaces of ethanol without gas exchange and therefore measurable. In the review of the literature, the authors concluded that the values of breathalyzer should not be converted into blood concentration in any case.²²

The study was conducted in a hospital in which the ventilation is provided by a constant air exchange rate of about 25 to 50 m³/h per room, which corresponds to poor ventilation. Air exchange took place, and this resulted in no ethanol vapor saturation after repeated ABHR manipulation. HCWs were exposed to alcohol vapors within a short time. The mean amount of ABHR used during a 4-hour shift was 34.5 mL, which corresponds to 11.5 hand rubs, approximately 3 hand disinfections per hour, which is a very short exposure period. HCWs exhibit poor hand hygiene compliance in real-life situation of work shift.

No respiratory clinical effect was observed in fragile populations (asthmatics), but our sample was very small (3 HCWs) and is therefore lacking in scientific basis. However, this result is reassuring and should be confirmed by other studies. It should be noted that our volunteers did not reduce their ABHR use, which suggests that the use of these products was causing them no discernible ill effects.

We are confident to conclude that, under real-life situations, the use of ABHR does not lead to intoxication levels of ethanol, and, therefore, the theoretical risk of systemic toxicity for HCWs could be further excluded. Our findings are important to have confidence in the safe use of ABHR, which encourages HCWs to use these products for hand hygiene in particularly HCWs who have reservation about their exposure to alcohol.

Finally, the major limitation of this investigation is that, in real-life situations, HCWs can work 8 to 12 hours per day, and our experiment was performed in 4 hours. We cannot be sure that intensive use of ABHR for longer than 4 hours results in higher absorption of alcohol. A small amount may be absorbed during intensive use via transcutaneous or inhalation of fumes in closed area.

CONCLUSION

Our findings did not find systematic absorption of ethanol vapors from hand disinfection products in HCW during their care activities, and the exposure concentrations fall well below the limit values fixed by the government guidelines for professional exposure to ethanol in workplace.

Acknowledgment

The authors thank in particular Fabien GERARDIN and Yves MORELE, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), Laboratoire Procédés et Epuration des Polluants, for their analytical support and providing Gilian pumps.

References

1. Akyol A, Ulusoy H, Ozen I. Handwashing: a simple, economical and effective method for preventing nosocomial infections in intensive care units. *J Hosp Infect* 2006;62:395–405.
2. Pittet D, Sax H, Hugonnet S, Harbarth S. Cost implications of successful hand hygiene promotion. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2004;25:264–6.

3. Pittet D. The role of hospital hygiene in the reduction of antibiotic resistance. *Bull Acad Natl Med* 2004;188:1269–80.
4. Simmons B, Bryant J, Neiman K, Spencer L, Arheart K. The role of handwashing in prevention of endemic intensive care unit infections. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1990;11:589–94.
5. Zaragoza M, Salles M, Gomez J, Bayas JM, Trilla A. Handwashing with soap or alcoholic solutions? A randomized clinical trial of its effectiveness. *Am J Infect Control* 1999;27:258–61.
6. Maury E, Alzieu M, Baudel JL, Haram N, Barbut F, Guidet B, et al. Availability of an alcohol solution can improve hand disinfection compliance in an intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:324–7.
7. Mody L, McNeil SA, Sun R, Bradley SE, Kauffman CA. Introduction of a waterless alcohol-based hand rub in a long-term-care facility. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2003;24:165–71.
8. Girou E, Loyeau S, Legrand P, Oppein F, Brun-Buisson C. Efficacy of handrubbing with alcohol based solution versus standard handwashing with antiseptic soap: randomised clinical trial. *BMJ*; 2002;325–62.
9. Boyce JM, Pittet D. Guideline for hand hygiene in health-care settings: recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002;23:53–40.
10. Miller MA, Rosin A, Crystal CS. Alcohol-based hand sanitizer: can frequent use cause an elevated blood alcohol level? *Am J Infect Control* 2006;34:150–1.
11. Miller MA, Rosin A, Levsky ME, Patel MM, Gregory TJ, Crystal CS. Does the clinical use of ethanol-based hand sanitizer elevate blood alcohol levels? A prospective study. *Am J Emerg Med* 2006;24:815–7.
12. Brown TL, Gamon S, Tester P, Martin R, Hosking K, Bowkett GC, et al. Can alcohol-based hand-rub solutions cause you to lose your driver's license? Comparative cutaneous absorption of various alcohols. *Antimicrob Agents Chemother* 2007;51:1107–8.
13. Lang RA, Egli-Gany D, Brill FH, Böttrich JG, Breuer M, Breuer B, et al. Transdermal absorption of ethanol- and 1-propanol-containing hand disinfectants. *Langenbecks. Arch Surg* 2011;396:1055–60.
14. Pendington RU. Fate of ethanol topically applied to the skin. *Food Chem Toxicol* 2001;39:169–74.
15. Bessonneau V, Thomas O. Assessment of exposure to alcohol vapor from alcohol-based hand rubs. *Int J Environ Res Public Health* 2012;9:868–79.
16. Fitzpatrick TB. The validity and practicality of sun reactive skin types I through VI. *Arch Dermatol* 1988;124:869–71.
17. NF EN 1500: Chemical disinfectants and antiseptics. Hygienic hand disinfection: test method and requirement (phase 2/ step 2). Brussels: Comité Européen de Normalisation; 1997.
18. Hautemanière A, Diguio N, Daval MC, Hunter PR, Hartemann P. Short-term assessment of training of medical students in the use of alcohol-based hand rub using fluorescent-labeled hand rub and skin hydration measurements. *Am J Infect Control* 2009;37:338–40.
19. INRS MetroPol database, 2004. Available from: <http://www.inrs.fr/metroPol/sommet.htm>. Accessed March 16, 2012.
20. Ahmed-Lecheheb D, Cunat L, Hartemann P, Hautemanière A. Dermal and pulmonary absorption of ethanol from alcohol-based hand rub. *J Hosp Infect* 2012;81:31–5.
21. Spinucci G, Guidetti M, Lanzoni E, Pironi L. Endogenous ethanol production in a patient with chronic intestinal pseudo-obstruction and small intestinal bacterial overgrowth. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 2006;18:799–802.
22. Gouille JP, Lacroix C. Blood ethanol in legal medicine, 43. Paris, France: ESKA. *J Forensic Med Med Law*; 2000. 17–32.

Données complémentaires non publiées

Evaluation de l'absorption transpulmonaire d'éthanol contenu dans les solutions hydro-alcooliques à T1 (Etude DEESSES Seconde)

Le tableau 28 présente les résultats de l'évaluation à T2 de l'étude DEESSES Seconde. Le but principal de cette étude est de mesurer la concentration de l'éthanol dans l'air inhalé après 4 heures d'exposition aux SHA. L'étude a été réalisée sur la même population que l'évaluation à T1. De plus, nous avons inclus 5 nouveaux agents (participants à l'étude DEESSES Prime), ces professionnels de santé ont été inclus lors de l'évaluation DEESSES Seconde à T1, mais pour des difficultés techniques les résultats de la quantification de l'éthanol dans l'air inhalé n'ont pas été validés. La moyenne de la consommation des SHA chez la population DEESSES Seconde est de $35 \pm 18,8$ g/4h, [18,2 - 80.6] (Tableau 28).

- **Dépistage de l'éthanol et de ses métabolites (Acétaldéhyde, Acétate) dans le sang et les urines**
 - **Avant la prise de poste :** l'éthanol et ses métabolites n'ont pas été détectés dans les échantillons de sang et urines des participants.
 - **Après 4 heures de travail :** aucun résultat positif de l'éthanol et de ses métabolites n'a été détecté dans les échantillons de sang et urines des participants.

- **Mesure du taux de l'éthanol dans l'air expiré**

L'éthanol dans l'air expiré a été mesuré à l'aide d'un éthylomètre, environ une à deux minutes après la réalisation de la dernière friction avec une SHA. Nous avons mesuré en moyenne chez 20 agents, la valeur de $0,09 \pm 0,04$ mg d'éthanol par litre d'air expiré avec des valeurs extrêmes allant de 0,04 à 0,19 mg.L⁻¹. Une valeur nulle a été détectée chez les 10 autres personnes.

- **Mesure de la concentration d'éthanol dans l'air inhalé**

La concentration de l'éthanol dans l'air inhalé est en moyenne de 62.4 ± 61.7 mg.m⁻³ avec des valeurs extrêmes égales à [6,2 - 267,5] mg.m⁻³.

Tableau 28: Evaluation DEESSES Seconde à T2

SEXE (n= 30)	HOMMES n (%)		FEMMES n (%)	
	3 (10)		27 (90)	
Age (Moyenne ± Ecart-type) ans	41.9 ± 7,9			
Fonction				
Infirmière	1 (3,3)		14 (46,7)	
Aide-soignante	0		7 (23,3)	
Agent service hospitalier	0		4 (13,3)	
Manipulateur radiologie	2 (6,7)		0	
Technicien de laboratoire	0		1 (3,3)	
Cadre infirmière	0		1(3,3)	
n= 30	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Sang				
Ethanol T ₀	0	0	0	0
Acétaldéhyde T ₀	0	0	0	0
Acétate T ₀	0	0	0	0
Sang				
Ethanol T ₄	0	0	0	0
Acétaldéhyde T ₄	0	0	0	0
Acétate T ₄	0	0	0	0
Urines				
Ethanol T ₀	0	0	0	0
Acétaldéhyde T ₀	0	0	0	0
Acétate T ₀	0	0	0	0
Urines				
Ethanol T ₄	0	0	0	0
Acétaldéhyde T ₄	0	0	0	0
Acétate T ₄	0	0	0	0
Ethanol expiré (mg.L⁻¹)				
Ethanol T ₀	0	0	0	0
Ethanol T ₄	0	0,19	0,06	0,06
Ethanol inhalé (mg.m⁻³)				
Ethanol T ₄	6,2	267,5	62,4	61,7
Quantité de SHA consommée durant 4 heures (g)				
	18,2	80,6	35	18,8

T₀ : Avant la prise de poste, T₄ : Après 4 heures de

Discussion

La lutte contre les infections nosocomiales, est un enjeu de santé publique. Malgré la mise en œuvre très répandue du programme de lutte contre la transmission des micro-organismes, l'incidence ne diminue pas ces dernières années dans certains nombres de situations comme les pneumopathies en réanimation par exemple. La plus simple des mesures de prévention, le lavage des mains, se heurte à des obstacles qui semblent insurmontables. Quelles que soient les méthodes d'incitation utilisées, l'observance du lavage des mains ne dépasse pas 30% à 50% (40, 89, 90). La technique du lavage et sa durée ne sont pas respectées. Il est donc nécessaire de trouver des alternatives au lavage des mains si l'on veut parvenir à maîtriser la diffusion des bactéries multirésistantes. L'antisepsie des mains par friction avec une solution hydro-alcoolique, représente un progrès dans la lutte contre les infections nosocomiales et occupe une place particulière dans la prévention de ces infections. Les techniques de friction des mains avec les SHA apportent un bénéfice considérable, elles sont plus rapides (29), plus efficaces et mieux tolérées que les procédures classiques du lavage des mains (91,92).

Cependant, de nombreux facteurs, individuels ou collectifs, influencent encore la compliance aux bonnes pratiques de friction avec les SHA. Certains sont bien connus, mais d'autres restent encore à identifier.

Par ailleurs, aucune étude n'a actuellement montré l'innocuité de l'utilisation massive des SHA pendant une longue période chez le personnel soignant, alors que son utilisation va fortement progresser au cours des prochaines années. De ce fait, ce travail de thèse a eu comme objectif principal d'évaluer l'exposition des professionnels de santé aux SHA. Les SHA utilisées sont principalement composées d'éthanol (70%). Pour cela, nous avons établi un projet de recherche divisé en deux grandes parties, la première a consisté à réaliser des essais au laboratoire dans des conditions purement expérimentales en dehors du milieu hospitalier sur des volontaires sains et sur un mannequin fabriqué en bois. La deuxième partie a consisté à appliquer un protocole de recherche clinique dans des conditions réelles en milieu

professionnel hospitalier sur des du personnel soignant volontaire, afin d'évaluer l'exposition pulmonaire et de vérifier le passage transcutanée de l'éthanol dans le sang.

Dans cette partie de discussion générale, nous avons résumé les principaux résultats de ce travail, nous les avons discuté et donné des premiers éléments de réponse à la thématique abordée ainsi que les perspectives d'évolution à long terme des travaux sur l'exposition professionnelle aux solutions hydro-alcooliques.

1. Méthodes de dosage

Le panel des méthodes physiques de dosage des alcools proposé aux toxicologues est vaste. Cependant, la méthode la plus couramment utilisée est la chromatographie en phase gazeuse. Cette méthode séparative, permet de doser aussi bien les produits parents que leurs produits de biotransformation. Le mode de détection le plus répandu est la détection par ionisation de flamme (CPG/FID) (93). Cette technique est sensible (93). D'autres auteurs proposent une détection en spectrométrie de masse (CPG/SM), mais les applications aux alcools restent peu nombreuses (94, 95). La spectrométrie de masse reste la méthode de choix, pour une identification formelle, lorsque plusieurs produits possèdent le même temps de rétention (96, 97). Cependant les produits analysés dans notre travail ont différents temps de rétention.

Le sang demeure le prélèvement de choix, associé aux urines pour une confirmation ou une recherche de métabolisme (93). Dans notre étude, nous avons analysé les échantillons de plasma et d'urines, à la recherche d'éthanol et de ses métabolites, en utilisant la technique de chromatographie en phase gazeuse couplée avec un détecteur à ionisation de flamme.

La méthode d'injection directe sans prétraitement des échantillons de plasma et d'urines utilisée dans notre travail, présente des avantages d'être rapide et économique pour de petites

séries de dosages, et de nécessiter une faible prise d'essai (98, 99). Nous avons utilisé une colonne capillaire, qui présente l'avantage de doser plusieurs molécules en même temps. La méthode de l'étalonnage interne a été utilisée, en utilisant le méthanol comme un standard interne. Les hauteurs de pics ont été utilisées pour calculer les concentrations de l'éthanol et ses métabolites (100).

Notre protocole analytique est basé sur la méthode de l'INRS, afin de quantifier la concentration des vapeurs d'éthanol dans l'air inhalé, en laboratoire et en milieu hospitalier. L'éthanol est piégé par pompage dans un tube sorbent, rempli de charbon actif, et dosé par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme, après désorption du charbon actif dans le dichlorométhane (54, 87, 101, 102). Cette méthode présente plusieurs avantages.

La désorption des filtres se fait par agitation du mélange (charbon actif et dichlorométhane) aux ultra-sons pendant 30 minutes, le coefficient de désorption est en moyenne égal à 96% (en veillant à ne pas trop échauffer la solution) (87). La récupération est supérieure à 95% après stockage plusieurs jours à 4°C. La sélectivité de la méthode est spécifique du piégeage de l'éthanol au travers de la séparation et du dosage chromatographique. Les conditions de prélèvements et d'analyses peuvent être adaptées au milieu de prélèvement. La méthode est adaptée pour mesurer des expositions aux fins de comparaison à la VLEP. Avec une facilité de mise en œuvre, il s'agit d'une méthode classique de mesure de l'exposition aux agents chimiques qui nécessite un matériel usuel tant au niveau du prélèvement que de l'analyse.

En revanche, cette méthode avait pour inconvénient, l'influence des conditions environnementales sur le piégeage de l'éthanol, les conditions d'humidité relative et la présence d'autres polluants atmosphériques pouvant réduire la capacité de piégeage. Un autre problème technique pour les volontaires, est la gêne provoquée par le bourdonnement émis par la pompe. Cela pourrait présenter un obstacle dans le recrutement des volontaires.

Cependant, nous n'avons pas rencontré cette difficulté, lors du recrutement des participants à notre étude.

2. Estimation en laboratoire de l'exposition pulmonaire aux solutions hydro-alcooliques

Nous avons réalisé en laboratoire des expérimentations afin d'évaluer l'exposition pulmonaire des professionnels de santé et des patients à des concentrations excessives de SHA, une méthode basée sur la quantification de la concentration de l'éthanol dans l'air inhalé a été utilisée.

Dans un premier lieu, nous avons évalué l'exposition pulmonaire à l'éthanol contenue dans les SHA d'un professionnel de santé (remplacé par un mannequin en bois) et des volontaires sains (non professionnels de santé). Le modèle de Kramer *et al* (103) a été utilisé avec modifications. Nous avons réussi à créer un modèle expérimental en situation contrôlée sur un mannequin en bois dans le but d'étudier l'exposition par inhalation des vapeurs d'éthanol durant la réalisation de différents gestes de soins par une infirmière en milieu hospitalier. Cette étude nous a permis d'estimer la quantité d'éthanol inhalée pendant la désinfection hygiénique et chirurgicale des mains avec les SHA.

Les résultats affichés par le détecteur Multi PID-2 sont élevées. Les valeurs moyennes de pics de l'éthanol, durant les différents gestes sont comprises entre 1074 et 5235 ppm. Ces valeurs ne peuvent pas être comparées à la valeur limite d'exposition à court terme (VLCT= 5000 ppm), car les pics sont obtenus durant une période très courte (2 à 9 min), temps nécessaire pour réaliser une friction hygiénique ou chirurgicale. Or, Le VLCT est estimé pour 15 min maximum d'exposition. Les résultats des valeurs moyennes d'exposition à l'éthanol calculées

à partir des mesures réalisées par le détecteur et la pompe Gilian sont compris entre 73 et 370 ppm ce qui est largement en dessous de la valeur limite d'exposition à court terme (VLCT). En revanche, cette quantité inspirée n'est pas négligeable et pourrait causer des effets secondaires sur le long terme.

Cependant, en dépit de quelques anciennes observations non confirmées, il n'existe aucune argumentation montrant que l'inhalation chronique peut avoir des répercussions sur la santé, semblables à celles de l'ingestion excessive répétée. Une étude de cohorte sur 15 années portant sur 1282 travailleurs de l'industrie du caoutchouc et des pneus, a trouvé une association significative entre l'exposition à l'éthanol et la mortalité par cardiopathie ischémique chez les sujets de plus de 50 ans (104). En revanche, les concentrations de l'éthanol dans l'air en milieu hospitalier sont largement inférieures à celles évaluées dans le milieu professionnel de cette étude.

Dans ce travail, la quantité d'éthanol inspirée par une infirmière ou un médecin a été estimée pour la désinfection hygiénique et chirurgicale des mains avec la SHA. Le travail quotidien d'un professionnel de santé combine plusieurs situations différentes. Il faudrait donc ajouter les estimations selon l'activité professionnelle. Cependant, même si cette quantité d'éthanol inspirée sur une courte période est négligeable, l'estimation tout au long d'une carrière professionnelle représente l'absorption de plusieurs kilogrammes d'alcool pur et pourrait provoquer des effets secondaires à long terme.

Nos résultats avec le mannequin en bois ont montré que les valeurs étaient légèrement plus élevées que pour les volontaires en quantité et en temps de friction pour une cinétique identique. Cette différence pourrait être compatible avec la perte de produit lors de la réalisation de la friction. La taille de la main doit être aussi prise en compte. Tous les paramètres ont été maîtrisés avec le mannequin, tandis que, seule la quantité de SHA livrée a

été maîtrisée chez les volontaires. De même, le temps d'évaporation d'éthanol sur la peau est plus rapide que sur la plaque chauffante du mannequin. La première explication est que le temps d'évaporation est directement liée à la quantité d'éthanol sur la peau et sur la plaque, le bénévole peut perdre une partie du produit. La seconde explication peut être la température constante de la plaque chauffante par rapport à un chauffage localisé de la peau lors du frottement. L'alcool est très volatile, car même une légère augmentation de la température accélère l'évaporation.

Ces premiers essais ont montré que les valeurs de la concentration d'éthanol évaporé lors de la manipulation des SHA dans l'air inhalé sont bien en dessous des limites réglementaires d'exposition à l'éthanol en milieu professionnel dans différents pays. Cependant une exposition aiguë de courte durée à des concentrations élevées a été observée dans la mesure en temps réel avec le Multi PID-2. Nous avons réussi à mettre en évidence un modèle expérimental avec des conditions contrôlées, qui pourrait être utilisé pour remplacer des humains afin d'effectuer nos tests en laboratoire. La création d'un modèle expérimental est importante car elle nous permet d'étudier plusieurs paramètres tels que la distance entre la main et le nez, ou l'effet de porter un masque chirurgical pendant la manipulation des produits hydro-alcooliques tout en éliminant les variations interindividuelles comme, le temps de friction, la perte du produit et la taille des mains.

Dans un second temps, ce travail a été évalué dans des conditions de laboratoire (en utilisant notre modèle expérimental validé auparavant), l'exposition pulmonaire à des SHA d'un professionnel de santé (remplacé par un mannequin en bois), et d'un patient (présenté par un lit de patient) suite à une utilisation massive lors de la réalisation des gestes de soin.

Les résultats des prélèvements obtenus concernent six jours discontinus de tests validés. Pour un jour donné l'expérience a duré 8 heures. Plusieurs paramètres de variations ont été notés, la température, l'humidité de la pièce et la quantité de SHA utilisée.

On peut constater que les quantités d'éthanol retrouvées dans l'air sont assez variables malgré une consommation de SHA équivalente. La pompe péristaltique utilisée a été calibrée avant chaque début d'expérience, elle devait délivrer 3 mL de SHA par friction, cependant pour des raisons techniques, la pompe a présenté des imprécisions, ce qui explique les minimes variations retrouvées lors des vérifications du volume de SHA consommé. La moyenne sur une journée de test est de 2,43 ml par friction, correspond à peu près à la quantité de SHA manipulée pour réaliser une friction dans des conditions réelles en milieu de soins.

L'expérience générale montre que :

- L'infirmier (prélèvement au niveau du mannequin) est plus exposé aux vapeurs d'éthanol que le patient (prélèvement au niveau du lit médical), tout en étant dans des ordres de grandeur proches.
- Les concentrations en éthanol dans l'air sont plus importantes l'après-midi que le matin.
- L'écart de concentration entre le patient et l'infirmier est moins important l'après-midi que le matin. Sachant que l'expérience a été réalisée dans une pièce de dimension standard avec portes et fenêtres fermées, on peut penser que les vapeurs d'éthanol se dispersent à travers la pièce et se répartissent de façon uniforme au cours du temps. Les concentrations de l'air prélevé au niveau de l'infirmier pendant 3 journées correspondent à des estimations publiées dans le rapport de l'AFFSET sur l'exposition professionnelle à l'éthanol (56). Les auteurs ont estimé par extrapolation la concentration théorique obtenue après 8 heures et 50 frictions, ils parviennent à un résultat de $259,16 \text{ mg.m}^{-3}$ soit 137,66 ppm.

On peut noter une forte concentration en vapeurs d'éthanol le jour où l'humidité ambiante est la plus importante. De plus une faible concentration en vapeur d'éthanol au niveau du patient est observée le jour où l'humidité est plus faible. Mais devant le nombre trop restreint de jours de tests, nous ne pouvons pas conclure ici de l'importance de l'humidité de l'air dans la diffusion de l'éthanol (molécule hydrophile).

Dans les expériences de perspectives, l'humidité et de la température dans la pièce, doivent être maîtrisées. Le système pourrait être accepté afin de poursuivre le projet et réaliser d'autres tests.

Ces résultats ont montré également que l'utilisation des SHA ne devrait pas causer d'effets sur la santé selon Anderson et Victorin (105). Les valeurs de concentrations obtenues restent en dessous de la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP). En France, la VLEP est de 1000 ppm (ou 1950 mg.m⁻³). Elle est donnée sur une exposition de 8 heures comme la durée de notre expérience. En revanche, les valeurs d'exposition professionnelle ne peuvent pas être appliquées à la population générale. Chez les patients, ces valeurs peuvent avoir un coefficient de rabatement d'un facteur de 10 à 100.

3. Evaluation en milieu hospitalier de l'exposition aux SHA (l'étude DEESSES)

Dans la seconde partie de ce projet de thèse nous avons appliqué en milieu hospitalier sur des volontaires du personnel soignant, le protocole DEESSES sur l'évaluation de l'impact des facteurs individuels et professionnels sur l'exposition des personnels soignants aux solutions hydro-alcooliques.

3.1. Description épidémiologique de la population et des pratiques d'hygiène des mains

Parmi les facteurs qui influencent la compliance aux pratiques de friction des mains avec les SHA, retrouvés dans la littérature, la catégorie professionnelle (l'observance parmi les médecins et les aide soignants est moins bonne que chez les infirmières), le sexe masculin, le travail dans un service de réanimation, le travail les week-ends et les jours fériés, le port de

gants, les manipulations avec un risque élevé de contamination, les soins lourds aux patients, l'irritation de la peau, le manque de temps et de personnel, la méconnaissance des protocoles, le manque d'information démontrant l'impact d'une bonne hygiène des mains sur le taux d'infections nosocomiales (47). Ces paramètres sont d'ordre épidémiologique. En outre, il existe d'autres facteurs, tout aussi importants qui sont plus orientés vers l'aspect sociologique. L'impact d'une intervention sur les facteurs comportementaux et sociologiques n'a pas été décrit, probablement parce que ces derniers sont encore mal identifiés.

Dans cette seconde partie du projet de thèse, en premier lieu, nous allons présenter et discuter les principaux résultats du projet DEESSES. L'étude se propose d'identifier les facteurs individuels (sexe, poids, taille, port de gant, l'état cutané, pathologies et traitements médicaux...), la consommation de SHA et d'évaluer les facteurs de résistance à leur utilisation (sociologie, environnement de travail, état de santé).

Notre travail a identifié plusieurs facteurs environnementaux et sociologiques qui peuvent influencer sur la compliance aux pratiques d'hygiène des mains.

La population étudiée est composée principalement de femmes (92,9%). Notre échantillonnage est représentatif de la population des employés du CHU de Nancy, qui compte 80% de femmes.

Au démarrage de l'étude, la moyenne de la durée de travail des agents en milieu hospitalier est de 14,3 ans et tous les participants sont formés à l'utilisation des SHA. Donc, nos volontaires sont des professionnels expérimentés et familiarisés avec le produit en question.

Nous avons mis en évidence deux types de facteurs intervenants dans la qualité de la friction, facteurs favorisant et facteurs de baisse de la qualité friction avec SHA.

En ce qui concerne les situations favorisant à la friction, 97% des participants ont déclaré la présence de distributeur de SHA dans ou devant toutes les chambres, seulement 5,8% ont déclaré des ruptures de stock de SHA le dernier mois, donc les SHA au CHU de Nancy sont

disponibles et accessibles à tous le personnel soignant. 88% des agents ont signalé que leur service de soin dispose d'un protocole écrit concernant l'utilisation des SHA et que ce protocole est connu de tout le personnel dans 85% des cas. Donc en théorie, notre population a une bonne connaissance des protocoles et des définitions concernant les SHA. Les participants ont déclaré que les SHA sont des solutions de désinfection des mains dans 98,4% des cas à T1 et 99,2% à T2. Seulement 14% des agents (à T1 comme à T2) ont mal défini les SHA, en les classant comme des solutions de détergence des mains et de désinfection du matériel (1,6% à T1 et 2,3% à T2), principalement des non soignants. De plus, la majorité des personnels soignants (plus de 80%) a répondu que les SHA sont des produits à efficacité antimicrobienne élevée et que l'usage des SHA leur fait gagner du temps. Ce qui encourage le personnel soignant à se laver plus les mains. Ces résultats correspondent aux données de la littérature. Le modèle de Voss montre qu'un remplacement complet du lavage conventionnel des mains par la friction hydro-alcoolique raccourcit d'environ 50% le temps consacré à l'hygiène des mains (17). Dans notre étude, l'utilisation des solutions hydro-alcooliques par rapport au savon antiseptique est préférée chez le personnel hospitalier dans 90% des cas lors des deux évaluations (T1 et T2).

Parmi les principaux facteurs favorisant la qualité de friction, on retrouve la tolérance cutanée. Des travaux antérieurs montrent que les alcools purs provoquent une sécheresse cutanée importante (106, 107), l'addition d'émollients (par exemple, la glycérine) a largement diminué cet effet. Ces émollients maintiennent les concentrations d'acides gras et préviennent les lésions de la couche cornée, ce qui explique que la tolérance des SHA soit supérieure à celle des savons doux et des savons antiseptiques (31, 32, 107). Ces données de la littérature correspondent aux résultats de notre travail. L'auto-évaluation des volontaires a montré que la tolérance cutanée chez le personnel hospitalier est bonne chez 64,6% des cas à T1 et 57,8% à T2 (la différence entre les deux évaluations n'est pas significative, $p = 0,09$). Parallèlement,

notre travail a montré l'augmentation du taux d'hydratation cutanée sur les deux cotés de la main dominante après friction avec SHA. Cette augmentation de l'hydratation est un facteur de bonne tolérance cutanée (108, 109, 110).

Nous avons identifié plusieurs facteurs de risque de diminution de la qualité de friction avec SHA.

Les réservoirs de micro-organismes sont constitués par les ongles longs, les faux ongles, le vernis à ongles, les bijoux et les manches longues (14). Leur port est donc à proscrire lors des soins. Comme pour tout geste d'hygiène des mains, plusieurs pré-requis doivent être respectés pour la réalisation d'une bonne friction avec SHA; les mains et poignets doivent être débarrassés de tous bijoux, bracelets ou montre, y compris l'alliance. Il a été prouvé que le port de bijoux, y compris d'une alliance lisse, d'une montre au poignet ou de bracelets est associé à des contaminations persistantes des mains (22). De même, des épidémies ont été associées à des écarts quant aux recommandations relatives aux ongles longs (111) ou portants des décorations ou du vernis (112). Le port de faux ongles a clairement aussi été associé à des épidémies (113, 114). Tous ces artifices diminuent l'efficacité du geste d'hygiène des mains (23). Ces arguments appuient la recommandation « tolérance zéro pour les bijoux » (28).

Nous avons montré que 89% des agents de notre population déclarent avoir conscience que le port de bijoux avec ou sans les ongles longs ou vernis engendrent un risque pour les patients. Malgré la connaissance du risque infectieux lié au port de bijoux sur les mains et/ou les avant-bras, la majorité des agents (77,5% à T1 et 78,2% à T2) continue de les porter au sein de l'hôpital (données déclaratives). De ce fait, on déduit que les informations communiquées lors de la formation à l'utilisation des SHA en 2007 sont acquises mais restent non appliquées. De plus, nous avons observé que le personnel hospitalier n'est pas gêné par le port de bijou dans le milieu de travail. Seulement, 21,5% des agents à T1 et 19,5% à T2, ont déclaré que

travailler auprès de collègues portant des bijoux les dérangent. Cette catégorie de personne représente principalement les cadres infirmiers et les personnes qui ne portent pas de bijoux en milieu hospitalier.

Dans la vie quotidienne, c'est-à-dire en milieu privé et hospitalier, les participants reconnaissent porter des bijoux dans 88,4% des cas à T1 et 89,6% à T2 (la différence entre les deux évaluations n'est pas significative statistiquement, $p= 0,6$). Les types de bijoux principalement portés sur les mains sont des bagues, des alliances, des montres et des bracelets avec une différence statistiquement significative entre l'évaluation à T1 et T2, les agents portent moins de bagues, de montres et de bracelet à T2 par rapport à T1. La même remarque a été observée concernant la catégorie « autres bijoux » qui désigne les boucles d'oreilles et les colliers. De plus, nous avons constaté que seulement une minorité des personnes déclare refuser de retirer leurs bijoux lorsqu'elle travaille, pour des raisons pratiques. Cette déclaration ne correspond pas à ce qui a été déclaré un peu plus haut où presque 80% des agents ont signalé que leurs collègues continuent de porter des bijoux au sein de l'hôpital. Parallèlement, lors de l'évaluation de la qualité de friction par observation, nous avons remarqué que la moitié de la population porte des bijoux, mais principalement des alliances. Ce point nous mène à se poser la question d'où vient cette différence, est-ce que le personnel inclus enlève ses bijoux pour donner le modèle idéal lors de l'évaluation ou est-ce que notre échantillon sélectionné par tirage au sort, est peu représentatif de la population des employés du CHU, au vu des mutations fréquentes et des nouvelles arrivées après la formation à l'utilisation des SHA de 2007.

Un autre facteur de diminution de la qualité de friction a été isolé dans ce travail, le fait de conserver son alliance pour travailler, essentiellement pour des raisons symboliques. Mais parfois, on ne trouve pas que les alliances lisses. Certains personnels soignants décrivent des bagues ou autre types de bijoux ayant une dimension symbolique ou affective, comme des

alliances et refusent de les ôter ayant comme argument que les alliances sont tolérées, par leur importance religieuse et sociologique. Il pourrait être intéressant d'agir sur ces aspects qui semblent influencer sur le comportement du personnel hospitalier vis-à-vis des SHA. A notre connaissance, aucun des facteurs socioculturels relevés dans notre travail n'a été évalué dans la littérature. Seules la religion et la culture ont été étudiées (115). Il apparaît nécessaire de recycler les formations et adapter les stratégies d'éducation pour que les soignants comprennent le mode d'action de ces SHA et leur intérêt dans la lutte contre les infections nosocomiales. Il est important d'identifier des solutions permettant de surmonter ces obstacles socioculturels.

Notre étude a montré d'autres facteurs qui peuvent influencer sur le risque infectieux en milieu hospitalier. Le port, de plus en plus fréquent, de piercing, en particulier nasal, suscite de nombreuses questions auprès des hygiénistes. Bien que les argumentations scientifiques mettent en avant des certitudes sur le portage nasal par du SARM chez les soignants et que le bon sens laisse à penser que l'implantation de matériel dans la sphère ORL favoriserait une colonisation propice à l'aérosolisation lors des soins, la réflexion sur ce thème implique une analyse multifactorielle (116). Actuellement il n'y avait pas d'éléments validés conduisant à préconiser l'interdiction du piercing nasal en milieu de soins sur la seule base du risque infectieux qu'ils induiraient pour les patients (116). Surtout que la littérature est, pour le moment, extrêmement pauvre sur ce sujet. Dans une étude faite au bloc opératoire (117), les auteurs ont réalisé des prélèvements microbiologiques chez des soignants porteurs de piercing d'oreilles et de nez. Ils ont conclu que les bijoux, et plus encore la zone cutanée avoisinante, étaient beaucoup plus riches en micro-organismes qu'une zone témoin de peau non percée et que le fait d'enlever le bijou augmentait encore le niveau de contamination. L'impact sur le risque infectieux chez le patient n'a pu être évalué. Les auteurs ont conclu qu'il était prudent au bloc opératoire de couvrir ces éléments via le masque et la coiffe sans aller jusqu'à les

interdire. Une autre approche (118), plus psychologique, a été menée sur des médecins, les auteurs ont testé l'impact perçu du port de piercing facial chez un collègue. Ils ont observé que moins de 10% trouvaient cela acceptable et que la plupart pensaient que cela altérerait la crédibilité et la confiance que l'on pouvait avoir en ces praticiens. Aussi il est difficile d'avoir une stratégie basée sur la seule approche scientifique car le risque infectieux lié aux piercings des soignants n'est pas démontré à ce jour. A ce stade, il ne semble pas logique d'enlever et de remettre son piercing pour travailler car cela est de nature à augmenter la colonisation.

Dans notre population, 8% des agents (sur les deux évaluations) ont déclaré le port du piercing, cela représente une minorité. La majorité de ces personnes ne retire pas leur piercing lorsqu'elle travaille. Lors de l'évaluation à T1, les raisons majeures qui ont été évoquées pour le non retrait du piercing sont la contrainte du port et du retrait, aucun contact avec le patient et l'absence de risque pour le patient. À T2, les agents ont donné pour arguments, aucun contact avec le patient et absence de risque pour le patient. D'après ces déclarations, on déduit que le personnel soignant ignore le risque infectieux qui peut être causé par le port d'un piercing. Un bijou qui n'est pas sur les mains et/ou sur les avant-bras est un bijou qui n'est pas en contact avec le patient et qui ne peut pas présenter un risque pour le patient. De plus, à cause de la contrainte de port et de retrait et pour des dimensions esthétiques (pour certaines personnes), le personnel hospitalier préfère garder son piercing pour travailler. D'autre part, 19% de la population à T1 et 29,5% à T2 jugent que les contraintes vestimentaires et esthétiques liées à l'exercice de leur fonction sont nombreuses. L'esthétique corporelle est une liberté individuelle chez 98% des cas.

Au-delà il y a un aspect culturel à débattre et une opposition, entre liberté individuelle, représentation des soignants et des patients et volonté institutionnelle.

3.2. Evaluation observationnelle de la qualité de friction avec SHA

L'évaluation de la qualité de la friction a été réalisée sur trois temps successifs (T0, T1 et T2). L'évaluation à T0 a été réalisée en 2007 juste après la formation à l'utilisation des SHA. L'évaluation à T1 a été réalisée deux ans après la formation, c'est-à-dire, deux ans après l'évaluation à T0. Le temps T1, représente le point de démarrage de l'étude DEESSES. L'évaluation à T2 a été réalisée un an après T1.

Nous avons choisi plusieurs critères étudiés auparavant (88, 119), pour évaluer la qualité de la friction des mains avec SHA, le port de bijoux sur les mains et/ou sur les avant-bras, la couverture cutanée par les SHA, le temps et le respect de la méthode de friction. L'évaluation microbiologique n'a pas été testée. L'intérêt de l'évaluation de la qualité de friction par la méthode de la couverture cutanée par les SHA a été mis en évidence dans une étude montrant la corrélation négative entre la contamination bactérienne des mains et la méthode colorimétrique de couverture par les SHA (88). Les résultats de cette étude confirment l'intérêt d'évaluer la qualité de la friction par la mesure de la surface cutanée couverte par les SHA. A notre connaissance, ce travail est le premier à étudier le suivi dans le temps de l'évolution de la qualité de friction, quel que soit le critère de jugement appliqué.

Nous avons observé une baisse statistiquement significative dans la qualité de friction. La moyenne du pourcentage de la zone non frictionnée sur la paume de la main dominante (zone à risque de manuportage) était de moins de 1% après la formation (T0). À T1, nous avons observé une augmentation statistiquement significative de la zone non frictionnée (1,7%). Cette augmentation a été presque doublée lors de l'évaluation à T2. La même évolution a été observée sur le dos de la main, mais avec un pourcentage plus avantageux.

Le respect de la méthode de friction a été jugé « bien » dans 97% des cas à T0. Nous avons observé une diminution statistiquement significative à T1 avec 72,8% des agents évalués

« bien ». La même observation a été signalée lors de l'évaluation à T2 avec seulement 44,8% des agents évalués « bien ». La différence par rapport à T1 est statistiquement significative. Le respect de la méthode de friction à T2 a été évalué « moyen » chez 50,6% des cas. Donc la moitié de la population ont perdu les acquis de la formation sur la méthode de friction avec SHA issus de la norme EN 1500 (35).

Lors de l'évaluation du respect de temps de friction à T0, la majorité des volontaires (96,4%) a mis plus de 30 secondes pour réaliser une friction. À T1, 63,7% de la population ont mis entre 15 à 30 secondes. À T2, près de la moitié de la population a mis de 15 à 30 secondes et l'autre moitié plus de 30 secondes.

Dans ce travail nous avons constaté une bonne qualité de la friction juste après la formation (respect de tous les critères). La formation est donc efficace sur l'instant. En revanche, une diminution de la qualité a été observée avec l'évolution du temps, notamment sur le temps nécessaire pour réaliser une friction et la méthode de la norme EN 1500.

Trois ans après la formation, près de la moitié du personnel soignant utilise leur propre méthode pour couvrir la totalité de la surface des mains avec la SHA. Des études antérieures ont montré qu'une friction alcoolique de 15 secondes suffit à prévenir le manuportage de bacilles à Gram négatif (120, 121, 122). La durée totale observée, en pratique clinique, est inférieure à 30 secondes (18 à 27 secondes) (123), à 25 secondes (40). Dans notre travail, on ne peut pas se baser uniquement sur le critère du temps de friction pour évaluer la qualité de friction, vu que l'aspect microbiologique n'a pas été testé. D'autres études ont montré que la couverture cutanée par les SHA était meilleure chez les sujets utilisant leur propre méthode de friction et ayant une notion de l'importance de couvrir toute la main comparés à des sujets suivant la méthode de friction issue de la norme EN 1500 (124). Nos résultats confirment l'intérêt d'évaluer la qualité de la friction avec la méthode de fluorescence et la couverture de la surface cutanée avec SHA.

De plus dans ce travail, nous avons remarqué, que le personnel soignant continu à porter des bijoux (près de la moitié de la population à T2), il y a une augmentation du pourcentage des personnes avec des ongles longs et les manches longues. Le port du vernis est stable chez une minorité. Nous avons constaté un point important, en faveur de l'utilisation des SHA, une diminution statistiquement significative des lésions cutanées a été observée à T2 par rapport à T1, et à T1 par rapport à T0. Ce qui confirme que le personnel soignant tolère mieux les SHA par rapport au savon antiseptique.

L'introduction des SHA dans le milieu hospitalier est suivie d'une augmentation de l'observance des gestes d'hygiène des mains mais ne s'accompagne pas d'une diminution systématique du taux d'infections nosocomiales (125, 126). Cela laisse présager d'une diminution de la qualité de la friction en l'absence de rappel de la formation. La poursuite de notre travail permettra de vérifier si cette diminution de la couverture cutanée continue à augmenter avec l'évolution du temps.

3.3. Evaluation de la tolérance cutanée aux SHA

La tolérance cutanée aux SHA est un critère essentiel, elle représente un facteur d'observance au lavage des mains. L'apparition des lésions cutanées induit un déséquilibre de la flore et particulièrement une prolifération des staphylocoques (127).

Larson *et al* ont évalué l'impact de la mise en place des SHA sur l'état cutané des mains chez 50 soignants de 2 services de réanimation. Les soignants utilisent pendant 15 jours soit un savon antiseptique à base de chlorhexidine (2%), soit les SHA. L'efficacité est évaluée par des dénombrements de bactéries (UFC) après lavage antiseptique ou friction avec SHA. Si l'étude constate une efficacité microbiologique similaire des 2 méthodes, les soignants du groupe SHA ont un meilleur état cutané (auto-évaluation et échelle visuelle). D'autre part le temps

passé au lavage est de 21,1 secondes et celui de la friction est de 12,7 secondes, et les coûts de la friction sont deux fois plus faibles (57). D'autres études de Boyce *et al*, ont comparé de façon prospective la tolérance de la friction hydro-alcoolique par rapport au savon doux, basée sur l'évaluation de l'état cutané (auto évaluation, échelle visuelle, mesure de l'hydratation cutanée). Les résultats montrent que les SHA, grâce aux émoullients qu'elles contiennent, sont mieux tolérées que le lavage répété des mains au savon doux (128). Les résultats de notre étude correspondent aux données de la littérature. D'autre part, à notre connaissance, ce travail est le premier à utiliser une combinaison de l'auto-évaluation par questionnaire et l'évaluation quantitative des mesures biophysiques réalisées sur la peau des mains (pH superficiel, hydratation cutanée et taux de sébum).

Les moyennes des valeurs d'hydratation obtenues lors des deux évaluations, avant friction, sont inférieures à 50 unités arbitraires. De plus, nous avons mesuré une valeur nulle du taux de sébum chez la majorité du personnel soignant, ce qui caractérise une peau sèche.

Les résultats des mesures, après friction, ont démontré que l'application de la SHA augmente d'une manière significative l'hydratation de la peau sur les deux cotés de la main dominante chez 231 agents à T1 et chez 261 agents à T2 ($p < 0,0001$ pour les deux cas). Sachant que le pH de la SHA est de 5,5, les valeurs du pH mesurées restent dans la fourchette physiologique, qui se situe entre 4,3 et 5,5 (129). Un pH acide de la peau offre une résistance à la pénétration microbienne.

Une légère baisse significative, sur la valeur moyenne du taux de sébum a été observée, sur la paume à T1, et sur les deux côtés de la main à T2. Les valeurs de sébum étaient faibles avant et après application de SHA. La baisse observée concerne les participants qui avaient des valeurs de base élevées. La concentration élevée d'alcool dans les SHA enlève l'excès de sébum, surtout chez les utilisateurs ayant une peau grasse.

Les résultats de l'auto-évaluation ont montré que, la tolérance cutanée a été jugée « excellente ou bonne » dans 76,5% des cas à T1 (parmi 311 agents). Lors de l'évaluation à T2, 65,9% des volontaires ont jugé leur tolérance cutanée aux SHA, excellente ou bonne (la différence entre les deux évaluations n'est pas statistiquement significative). En revanche, nous avons observé une augmentation statistiquement significative dans la catégorie « tolérance moyenne », 28,3% des cas à T2 contre 17,7% à T1. Les participants ont tendance à évaluer leur tolérance aux SHA « moyenne », cela ne correspond pas aux valeurs des mesures biophysiques, et la diminution significative observée, par l'investigateur, du taux de lésions cutanée sur les mains. De plus, les agents ont déclaré par auto -évaluation aussi, la présence de sécheresse cutanée à T1 dans 36,9% des cas et 35,6% à T2 (nous n'avons pas observé d'augmentation des personnes souffrants de sécheresse cutanée).

Cela nous amène à se poser la question, sur la pertinence des résultats obtenus par auto-évaluation. Selon les données communiquées par le service d'hygiène du CHU de Nancy, la consommation des solutions hydro-alcooliques est en baisse par rapport à la période qui suit la formation sur l'hygiène des mains. Cela se traduit par une baisse de l'observance aux pratiques d'hygiène des mains. Probablement, le personnel soignant se sent contrôlé, lors des inclusions, donc il cherche des arguments pour justifier la baisse de la qualité de friction et de l'observance. Une autre probabilité pourrait être discutée. La construction de nouvelles infrastructures au sein du CHU de Nancy, mieux équipées par des lavabos et des distributeurs d'essuie-mains accessibles. Nous avons observé une augmentation statistiquement significative à T2 par rapport à T1, dans le pourcentage des agents qui ont déclaré la présence des distributeurs de savon doux dans toutes les chambres, du savon antiseptique dans le service, de distributeurs de papier essuie-mains. Nous avons constaté aussi, une baisse de présence des distributeurs de SHA, dans ou devant toutes les chambres (mais statistiquement non significative), une baisse, statistiquement significative, de présence dans le service de

soin, de protocole écrit concernant l'utilisation des SHA et une baisse dans les connaissances des protocoles sur l'utilisation des SHA. Par conséquent, cela pourrait favoriser le recours des soignants au lavage simple avec savon doux, surtout pour l'ancienne génération du personnel soignant, qui a des difficultés à s'adapter avec la technique de friction hydro-alcoolique, et surtout en l'absence des formations de rappel sur les bonnes pratiques sur l'hygiène des mains.

3.4. Evaluation de l'exposition professionnelle à l'alcool éthylique contenue dans les solutions hydro-alcooliques à T1 et T2 (L'étude DEESSES Prime et DEESSES Seconde)

Dans cette seconde partie du projet de thèse, nous avons présenté et discuté les principaux résultats des projets DEESSES Prime et DEESSES Seconde. Cette partie de l'étude avait pour objectif de tester, en fonction de la consommation de SHA, divers paramètres biologiques quantifiant l'exposition et l'absorption de l'éthanol sur le long terme. Le protocole DEESSES Prime a été appliqué sur 86 personnes lors de l'évaluation à T1 (démarrage de l'étude) et sur 80 personnes à T2 (un an après l'évaluation à T1).

Le protocole DEESSES Seconde a été appliqué à T1 sur 26 personnes issues de la population DEESSES Prime (étude ancillaire). Lors de l'évaluation à T2, le protocole a été testé sur 30 personnes.

3.4.1. L'étude DEESSES Prime

Cette étude avait pour but d'évaluer l'exposition professionnelle aux SHA, en mesurant la concentration de l'éthanol dans le sang, les urines et l'air expiré chez les soignants, avant et après 4 heures de travail, dans des conditions réelles en milieu hospitalier.

La toxicocinétique de l'éthanol peut être modifiée par de nombreux facteurs tels que la consommation chronique d'alcool, l'âge, le sexe ou l'absorption de nourriture (pour la voie orale, en ralentissant la vidange gastrique). L'éthanol est rapidement absorbé par voie orale et par inhalation, mais peu par voie cutanée.

Le processus d'absorption par voie cutanée est complexe et dépend de nombreux facteurs, tels que la température, l'humidité, la dose, le lieu d'application et l'état de la peau en elle-même (130).

Le métabolite principal de l'éthanol est l'acétaldéhyde formé par oxydation, rapidement oxydé en acétate par l'aldéhyde déshydrogénase. Le taux moyen du métabolisme de l'éthanol par voie orale est de 150 mg.L^{-1} en 1 h ou $0,15 \text{ ‰/h}$, équivalent à $12,5 \text{ mg.L}^{-1}$ en 5 minutes. Le métabolisme cutané reste minoritaire (55). L'éthanol non métabolisé est éliminé par l'air expiré, les urines et la sueur (131). D'après une étude réalisée sur 1557 personnes ne consommant pas d'alcool, il a été rapporté une éthanolémie endogène chez l'homme comprise entre $0,0$ et $35,2 \text{ mg.L}^{-1}$ (132). L'éthanol endogène semble produit par fermentation des levures et d'autres microorganismes intestinaux restitués par les aliments.

Durant la réalisation d'une friction avec SHA, l'organe qui semble le plus exposé aux effets de l'alcool est la peau puisqu'elle est en contact direct avec le produit. Les poumons et les voies aériennes supérieures sont également exposés du fait de la vaporisation du produit. De plus, les vapeurs d'éthanol sont hydrosolubles et interagissent avec la muqueuse des voies respiratoires. L'absorption cutanée d'éthanol est une donnée prouvée par la littérature, mais elle n'atteint, dans aucune étude un seuil préoccupant. Il est à noter une absence de données épidémiologiques et toxicologiques pertinentes sur l'absorption de l'éthanol par voie inhalée ou par voie cutanée, même lors des expositions professionnelles (56).

Une étude de la littérature (133) a publié un rapport dans lequel elle quantifie l'absorption cutanée d'éthanol en se basant sur des données des travaux antérieurs (134), qui ont estimé le

taux de pénétration transcutanée à 0,7 mg d'éthanol/cm²/h sous conditions occlusives. La pénétration lors de la désinfection des mains avec un produit à base d'éthanol, est jugée plus faible que sous occlusion, en raison du taux d'évaporation élevé de l'éthanol. La surface des deux mains et des avant-bras a été estimée à 2000 cm². La demi-vie d'évaporation de l'éthanol a été estimée à 12 secondes (52). Cela signifie que, dans les 75 secondes, plus de 99% de la dose d'éthanol appliquée sera évaporée. Donc une seule friction peut entraîner l'absorption cutanée de 30 mg d'éthanol (0,7x2000x75/3600). Une personne se frictionnant les mains avec une SHA, 20 fois par jour, pourrait absorber, approximativement, 600 mg d'éthanol par jour. Lors de la friction hygiénique des mains, c'est-dire, l'application d'un produit à base d'éthanol sur 400-800 cm² de peau au lieu de 2000 cm², présente moins d'absorption cutanée par rapport à la friction chirurgicale (133).

De nombreuses études de la littérature ont montré que l'absorption par voie cutanée ou inhalée de l'éthanol, survenant lors de l'utilisation intensive des SHA, est extrêmement faible, voir quasi nulle (48, 49, 103, 135).

Dans une étude antérieure, Kinnula *et al*, ont mené une investigation chez 82 enfants (45 filles et 37 garçons), âgés de 3,5 ans à 7,2 ans, répartis en deux garderies. Les mains des enfants ont été désinfectées en utilisant un produit hydro-alcoolique à 70% d'éthanol. Les concentrations d'éthanol dans l'air expiré ont été mesurées avec un alcoomètre avant désinfection puis 15 à 60 minutes après le début de l'étude. La dose de SHA utilisée était de 1,5 mL chez les 47 enfants de la première garderie, et 3 mL chez les 35 enfants de la seconde. Une surveillance d'une durée de 15 min a été mise en place afin de noter tous les contacts avec les muqueuses (yeux, bouche, narines). Chez tous les enfants, l'alcoomètre affiche des résultats en dessous du seuil de détection (0,01‰), suggérant une absorption minimale voire nulle de l'éthanol.

Dans les conditions de réalisation de cette étude, l'éthanol ne semble pas être absorbé chez les enfants ayant eu jusqu'à 30 contacts avec les mains et les muqueuses. Aucune augmentation de la concentration en alcool n'a été notée avec l'alcoomètre (135).

Kramer *et al*, ont testé l'utilisation intensive des SHA chez 12 volontaires (6 hommes et 6 femmes). Ils ont utilisé trois produits hydro-alcooliques 95% (A), 85% d'éthanol (B) ou 55% d'éthanol et 10% de propane-1-ol (C) (w/w). Les concentrations sanguines en éthanol et en acétaldéhyde ont été mesurées par chromatographie en phase gazeuse. Pour simuler une utilisation dans la désinfection hygiénique, 4 mL de SHA ont été appliqués pendant 30 secondes 20 fois de suite, en attendant 1 minute entre chaque application. Les proportions d'absorption d'éthanol pour les produits A, B et C sont de 2,3%, 1,1% et 0,9% respectivement. Pour simuler une utilisation chirurgicale, 20 mL de SHA ont été appliqués sur les mains et les avant-bras pendant 3 minutes 10 fois de suite, en attendant 5 minutes entre chaque application. Les proportions d'absorption d'éthanol pour les produits A, B et C sont de 0,7%, 1,1% et 0,5% respectivement. Après 20 désinfections hygiéniques des mains, la concentration médiane en acétaldéhyde est de 0,57 mg.L⁻¹ (produit C après 30 minutes), et après 10 désinfections chirurgicales, la concentration médiane en acétaldéhyde est de 3,99 mg.L⁻¹ (produit A après 20 min). Après 30 et 60 minutes, cependant, les niveaux d'acétaldéhyde diminuent graduellement. Les auteurs ont conclu que l'absorption de l'éthanol par voie cutanée et pulmonaire est inférieure aux niveaux toxiques chez l'homme et que l'utilisation des SHA est sans danger (103). Pour mémoire une consommation de 100 mL d'une boisson alcoolisée à 12% d'éthanol (soit un verre) pour un adulte de 70 kg, induit un pic d'éthanolémie d'environ 250 mg.L⁻¹. Il est à noter que les conditions expérimentales maximalisantes retenues dans cette étude ne peuvent se produire chez un personnel de santé dans un milieu hospitalier. Par conséquent, notre étude avait pour objectif d'évaluer

l'exposition des professionnels de santé aux SHA en milieu hospitalier dans les conditions réelles de travail. À notre connaissance, cette hypothèse n'a jamais été testée.

Lors de la première année d'évaluation (T1), les résultats des prélèvements sanguins et urinaires, réalisés avant la prise de poste de travail, n'ont pas détecté la présence d'éthanol et de ses métabolites (acétaldéhyde et acétate) chez tous les volontaires, à l'exception d'une seule personne. Nous avons détecté $0,39 \text{ mg.L}^{-1}$ d'éthanol dans le sang d'un manipulateur de radiologie. Cela peut être issu de l'éthanolémie endogène (132). Tous les résultats de l'éthylotest ont été négatifs, ce qui confirme l'abstinence de toute consommation d'alcool chez les participants à l'étude.

Après 4 heures de travail, un seul résultat positif d'éthanolémie a été détecté chez une infirmière cadre de santé ($0,22 \text{ mg.L}$). En revanche cette personne a manipulé une quantité très faible de SHA ($7,12 \text{ g}$), la détection de l'éthanol dans le sang peut être issue de l'alcoolémie endogène ou issue de la consommation de certains produits alimentaires durant la période de test. Certaines variétés de pains fermentés et de boissons non alcoolisées peuvent contenir des faibles concentrations d'éthanol (136).

Nous avons aussi détecté des traces d'acétaldéhyde dans le sang d'une technicienne de laboratoire qui a manipulé une faible quantité de SHA ($9,11 \text{ g}$) pendant 4 heures de travail. Cette personne avait des antécédents pathologiques d'insuffisance hépatique. Ainsi, aucune absorption significative d'éthanol n'a été détectée après utilisation des SHA. Les résultats de ce travail correspondent aux résultats retrouvés dans des travaux antérieurs réalisés dans des conditions expérimentales avec exposition intensive aux SHA (48, 49, 103, 137).

Les mesures de la concentration d'éthanol dans l'air expiré ont été réalisées, en employant le même modèle d'éthylotest, utilisé lors des contrôles routiers. Nous avons mesuré dans l'air expiré de 28 agents, 1 à 2 min après la dernière friction, la concentration moyenne d'éthanol de $0,076 (\pm 0,05) \text{ mg.L}^{-1}$, IC 95% [0.03 - 0.23 mg.L^{-1}]. Ces valeurs reviennent à zéro, chez tous les participants, 10 à 15 min après exposition. Une valeur nulle a été détectée chez 58 agents.

La valeur limite de la concentration d'éthanol dans l'air expiré, fixée par le Code de la Route Français est de $0,25 \text{ mg.L}^{-1}$ d'air expiré, un alcootest positif entraîne des sanctions pour les conducteurs.

Cette étude présente des limites. La méthode de désinfection chirurgicale n'a pas été testée. La période d'exposition choisie était seulement de 4 heures, soit une demi-journée de travail. Alors que, dans certains services, comme les services des soins continus et réanimation, à titre d'exemple, la journée de travail est de 12 heures. Cependant, la durée de travail hebdomadaire reste la même quelque soit le service.

Le nombre de frictions des mains avec SHA varie considérablement avec les participants, en fonction de la nature de l'activité professionnelle, le service de soins et le respect des programmes d'hygiène des mains. Dans notre protocole, afin d'estimer la quantité de SHA consommée par chaque volontaire, nous nous sommes basés sur la pesée du flacon de SHA donné à chaque agent avant et après le test. La quantité moyenne de SHA consommée pendant 4 heures de travail était de 27,5 g, ce qui correspond à environ 9 frictions (si on estime que les agents utilisent 3 mL de SHA par friction). Ceci suggère qu'en moyenne, un personnel de santé est exposé au SHA tous les 26.6 min, ce qui représente une période très courte d'exposition aux SHA. Les données antérieures ont montré que les petites quantités d'éthanol absorbées sont divisées en deux parties : une partie non métabolisée (2 à 5%) est

excrétée dans l'urine, la sueur et l'air expiré (138) et le reste est métabolisé et éliminé rapidement et ne s'accumule pas, ce qui rend difficile à détecter une très faible quantité d'éthanol et de ses métabolites dans les échantillons d'urine et de sang.

La détection des traces d'acétaldéhyde dans le sang d'un sujet souffrant de pathologies hépatiques pourrait donner des perspectives à la recherche. Les professionnels de santé qui sont atteints des pathologies hépatiques ou qui sont métaboliquement déficients, pourrait être exposés à des risques de toxicité de l'éthanol. Un autre domaine de recherche serait les conséquences à long terme de l'utilisation quotidienne et fréquente des SHA.

L'évaluation à T2 à été réalisée, un an après le premier test, sur la même population. Les résultats ont montré l'absence de la détection d'éthanol et de ses métabolites dans tous les échantillons de sang et d'urine de tous les participants, avant et après 4 heures de travail, en milieu hospitalier. Nous avons remarqué une légère augmentation de la consommation de SHA chez toutes les catégories professionnelles, par rapport à la première évaluation. La quantité de SHA consommée est de 34,7 g par rapport à 27,4 g à T1. Cela ne correspond pas aux estimations communiquées par le service d'hygiène, sur la consommation des SHA dans le CHU de Nancy. Ces données montrent une baisse de la quantité de SHA consommée sur les années, 2010 et 2011 (Figure 3).

Nous avons détecté des résultats positifs sur les mesures de l'éthylotest, 1 à 2 minutes après la dernière friction, chez 49 agents parmi 80 participants. A T1, nous avons détecté la présence d'éthanol seulement chez 28 parmi 86 personnes.

En moyenne la concentration de l'éthanol expiré (chez 49 agents) est de $0,09 \text{ mg.L}^{-1}$ ($\pm 0,04$) avec des valeurs extrêmes de $[0,01 - 0,19]$. Pour la totalité des sujets, cette concentration redevenait indétectable entre 10 à 15 minutes après exposition. Ce qui confirme que les mesures retrouvées par éthylotest sont issues de l'exposition instantanée à l'éthanol et ne

peuvent pas refléter un passage dermique ou transpulmonaire de l'éthanol dans le sang. Ces résultats sont similaires aux données de la littérature. Brown *et al*, ont analysé l'absorption cutanée d'une SHA contenant 70% d'éthanol. Un éthylotest (limite de détection 0,001%) a été utilisé pour mesurer la concentration de l'éthanol dans l'air expiré. Les résultats ont montré la détection de l'éthanol dans l'air expiré de 6 parmi 20 volontaires, 1 à 2 minutes après la dernière friction avec SHA (les concentrations allant de 0,001% à 0,0025%) et dans le sang de 2 personnes, 5 à 7 minutes post-exposition. Les valeurs de l'éthylotest reviennent à zéro entre 10 à 13 minutes post-exposition. Les volontaires dans cette étude ont été exposés à des quantités intensives de SHA (50).

Dans une revue de la littérature, les auteurs ont mis l'accent sur la relation alcoolémie-éthylotest. En effet, la dernière fraction de l'air expiré ne peut être le reflet de l'alcool réel contenu dans l'air alvéolaire. Une mesure dans l'air expiré est seulement une mesure dans l'air expiré (139).

Une autre étude de Skipper *et al*, réalisée sur 24 volontaires, a eu pour but d'identifier la voie d'absorption d'éthanol et de détecter l'éthanol absorbé à l'aide d'un marqueur, qui est un métabolite mineur de l'alcool. Les auteurs ont utilisé le même modèle d'éthylotest que celui utilisé dans notre étude, avec la même limite de détection. Les participants à l'étude ont été divisés en 3 groupes, un groupe pour « *l'exposition pulmonaire* », un groupe pour « *l'exposition dermique* » et un groupe pour « *les deux expositions* ». Les résultats ont montré une augmentation significative de la concentration du marqueur de l'éthanol chez deux groupes, « *l'exposition pulmonaire* » et « *les deux expositions* » à 30 et 60 minutes post-exposition.

Les valeurs de l'éthylotest ont enregistré la valeur de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ à 20 minutes post-exposition chez une seule personne du groupe « *l'exposition dermique* ».

À l'exception d'une seule personne, les auteurs ont mesuré chez tous les sujets du groupe « *l'exposition pulmonaire* », la concentration d'éthanol de 0,01 mg.L⁻¹, cette valeur a persisté jusqu'à 40 minutes post-exposition, puis est retournée à zéro. Un sujet dans le groupe « *les deux expositions* » a enregistré 0,02 mg.L⁻¹ et les cinq autres, 0,01 mg.L⁻¹. Ces valeurs ont persisté pendant 40 minutes. Les six personnes du groupe « *les deux expositions* » ont enregistré 0,01 mg.L⁻¹, une valeur qui a persisté pendant 60 minutes avant de revenir à zéro en 90 minutes. Les auteurs ont conclu que l'exposition au gel hydro-alcoolique, en particulier l'inhalation de vapeurs, résulte en la détection des niveaux d'éthanol positifs par éthylotest et par l'utilisation d'un marqueur de l'éthanol (140). Ces données ne correspondent pas à nos résultats de mesures avec l'éthylotest, nos valeurs sont détectées 1 à 2 minutes post-exposition. 10 à 15 minutes après exposition, les valeurs redevenaient indétectables pour la totalité des sujets, ce qui confirme que ces valeurs sont issues de l'exposition instantanée aux vapeurs de l'éthanol et non du passage dermique ou transpulmonaire.

Skipper *et al*, ont conclu que l'exposition au gel hydro-alcoolique, en particulier l'inhalation de vapeurs, résulte en la détection des niveaux d'éthanol positifs. D'autres études doivent être menées afin de mieux quantifier la quantité d'éthanol absorbée à partir des produits hydro-alcooliques pour déterminer si l'utilisation fréquente, dans les endroits mal ventilés, pourrait causer une toxicité, en particulier pour les fœtus, où la tolérance zéro pour l'alcool est souhaitable.

3.4.2. L'étude DEESSES Seconde

Cette étude avait pour but, de quantifier la concentration de l'éthanol inspiré par les soignants lors de la réalisation des frictions avec les SHA. Nous avons utilisé la méthode testée dans notre laboratoire chez le mannequin en bois et le lit de patient.

De même, les études de la littérature n'ont pas permis de mettre en évidence des alcoolémies décelables par voie inhalée. Les estimations des simulations fondées sur un modèle toxicocinétique à base physiologique, menées par l'AFSSET en milieu professionnel chez une infirmière montrent que l'éthanolémie maximale engendrée par 42 frictions simples des mains en 8 h est très faible, de l'ordre de $1,28 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (56). Quelque soit la voie d'exposition, cutanée ou inhalée, les concentrations observées se situent dans l'intervalle de variation des valeurs d'éthanolémie endogène.

A fin d'évaluer l'exposition aux vapeurs d'éthanol, nous avons mesuré la concentration de celui-ci, dans l'air inspiré par un soignant durant 4 heures de travail en milieu hospitalier, pour évaluer le risque de toxicité.

Les valeurs obtenues ont été comparées avec la Valeur Limite d'Exposition Professionnelle pondérée sur 8 heures, qui est pour l'éthanol de $1950 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, afin d'évaluer le risque de toxicité.

Lors de l'évaluation à T1, les tests ont été programmés pour 30 agents, pour des difficultés d'organisation et des problèmes techniques rencontrés sur le terrain, nous avons testé, uniquement, 26 agents. Nous avons éliminé les résultats d'échantillon d'une personne, pour des erreurs techniques lors de la manipulation de la pompe Gillian. La concentration moyenne d'éthanol dans l'air inspiré chez 25 personnes est de $46,2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ sur 4 heures ($\pm 34,8$), IC 95% [10,4 - 141,9] $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Ces résultats extrapolés sur 8 heures, restent largement inférieurs à la VLEP. Nous avons aussi remarqué une corrélation significative avec la consommation des SHA et les concentrations d'éthanol dans l'air inspiré des participants.

Lors de l'évaluation à T2, nous avons testé 30 personnes, la concentration moyenne de l'éthanol dans l'air inspiré est de $62,4 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ($\pm 61,7$) avec des valeurs extrêmes égales à [6,2 - 267,5] $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Ces valeurs extrapolées sur 8 heures sont également largement inférieures,

par rapport à la VLEP. En revanche, nous avons remarqué une augmentation de la quantité de SHA utilisée, ce qui se traduit par une augmentation de la concentration d'éthanol dans l'air inspiré. La valeur maximale de cette évaluation est presque, le double de la valeur maximale retrouvée à T1. De plus la quantité de SHA consommée dans ce travail, en situation réelle est variable d'un individu à un autre. La moyenne est inférieure à la quantité de SHA, normalement utilisée dans les milieux de soins. Nous avons remarqué que le personnel soignant se lave les mains souvent avec de l'eau et du savon doux. Une augmentation de la consommation des SHA, pourrait influencer sur la concentration de l'éthanol dans l'air inspiré.

Les résultats de notre travail correspondent aux données publiées récemment dans la littérature. Bessonneau et Thomas ont mené une étude, qui avait pour objectif d'évaluer la dose inhalée d'alcool pendant la désinfection des mains. Des expériences ont été réalisées en utilisant deux types de SHA pour deux procédures de désinfection des mains (hygiénique et chirurgicale). Le premier produit utilisé (SHA 1), est le même que celui utilisé pour réaliser nos tests, le deuxième produit (SHA 2) est composé de 560 mg/g d'éthanol et 90 mg/g d'isopropanol. Les échantillons d'air ont été prélevés toutes les 10 secondes à partir de la zone de respiration, par bullage d'un mélange de $K_2Cr_2O_7$ et H_2SO_4 . La réduction des ions dichromate en présence d'alcools a été suivie par spectrophotométrie U.V. Visible. La différence d'intensité de pic d'absorption du dichromate a été utilisée pour quantifier la concentration d'alcool exprimée en équivalent d'éthanol. Durant la désinfection hygiénique des mains, les concentrations moyennes en équivalent d'éthanol ont été détectées à environ 20-30 secondes pour les deux produits ($14,3 \pm 1,4 \text{ mg.L}^{-1}$ pour SHA 1 et $13,2 \pm 0,7 \text{ mg.L}^{-1}$ pour SHA 2). Durant la désinfection chirurgicale des mains, deux pics ont été trouvés en même temps (40 et 80 secondes) pour les deux SHA. Les plus fortes concentrations en moyennes étaient de $20,2 \pm 0,9 \text{ mg.L}^{-1}$ pour SHA 1 et $18,1 \pm 0,9 \text{ mg.L}^{-1}$ pour SHA 2. Pour SHA1, les doses totales absorbées, calculées à partir d'éthanol avec un débit d'inhalation de 24

L.min⁻¹ et un taux d'absorption de 62%, étaient de 46,5 mg après une désinfection hygiénique des mains et 203,9 mg après une désinfection chirurgicale des mains. Les auteurs ont conclu que, l'utilisation de produits hydro-alcooliques conduit à l'absorption de doses très faibles, mais l'inhalation répétée de concentrations élevées d'alcool pose la question de possibles effets néfastes sur la santé (141). De plus, lors de l'interrogation des participants, sur les difficultés rencontrées lors de l'utilisation des SHA, une personne a signalé des céphalées et 9 personnes ont signalé des irritations des voies respiratoires supérieures (T1 et T2). Une personne a signalé des vertiges à T1 et 0 personne à T2. 8 personnes ont signalé des irritations des yeux à T1 et 7 personnes à T2. Il n'existe pas de différence significative entre les deux évaluations. L'effectif des personnes ayant rencontré des difficultés lors de l'exposition aux SHA, est très réduit, par rapport à notre échantillonnage, cependant, il pourrait être intéressant de suivre cette catégorie de personnes, afin d'évaluer l'évolution de ces symptômes avec l'utilisation des SHA sur le long terme.

Conclusion et perspectives

Lors de l'introduction des SHA au CHU de Nancy en 2007, près de 5000 personnels de santé ont été formés à l'utilisation de ces produits. À l'issue de la formation, l'évaluation du respect des préalables à l'utilisation des SHA et de la qualité de friction, a montré que la formation était efficace sur l'instant. L'évaluation a été réalisée à l'aide d'une nouvelle méthode fondée sur le calcul de la superficie cutanée des deux faces de la main dominante couverte par une SHA fluorescente (méthode colorimétrique).

Notre travail démontre une diminution de la qualité de friction à deux ans après la formation. Cette diminution, augmente à trois ans après la formation. Nous avons constaté, qu'en absence de formation de rappel, la qualité de la friction et le respect des préalables à l'utilisation de ces produits, se dégrade dans le temps. De plus, en absence de recul concernant le passage dermique et pulmonaire de l'alcool, le personnel soignant a tendance à recourir à l'ancienne méthode de lavage des mains avec l'eau et le savon doux, en particulier les femmes enceintes et l'ancienne génération des soignants. Une éducation permanente sur la technique de la friction reste nécessaire pour obtenir une efficacité optimale.

L'étude de la consommation des SHA, dans des conditions réelles de travail, tend à montrer que les consignes délivrées lors de la formation sur l'utilisation des SHA ne sont pas réellement appliquées en milieu hospitalier, à cause du manque de temps, de la charge de travail trop importante, de l'effectif réduit en personnel soignant, et de l'intolérance cutanée aux produits.

Ce travail de thèse a évalué la tolérance cutanée aux SHA, en utilisant une combinaison de deux méthodes, évaluation par mesure biophysique des propriétés de la peau des mains, avant et après une application de la SHA, et par auto-évaluation. Nos résultats ont démontré que l'hydratation de la peau augmente de façon significative chez tous les participants, avec ou sans problèmes cutanées. Le pH de la peau et le taux de sébum restent dans les valeurs

physiologiques de la peau des mains d'un soignant en milieu hospitalier. L'auto-évaluation a montré que les SHA, sont tolérées par les professionnels de santé.

Notre travail fournit un argument fort pour encourager les soignants à utiliser les SHA. Le recours aux désinfections des mains avec friction hydro-alcoolique et le respect d'une bonne technique, favorisant une bonne tolérance, permet ainsi d'obtenir une meilleure observance de la désinfection des mains.

Notre travail, réalisé en laboratoire sur un mannequin en bois et des sujets volontaires, a démontré que l'exposition due à la friction aux SHA était de brève durée mais à des concentrations importantes. L'exposition à l'utilisation intensive des SHA pourrait exposer le professionnel de santé à l'inhalation des vapeurs d'éthanol.

La quantification de la concentration d'éthanol dans l'air ambiant de la chambre de patient, en présence d'une infirmière et d'un patient, dans des conditions expérimentales de manipulation de quantités intensives de SHA, sur une journée de huit heures, a montré que le patient et le soignant sont exposés à la même quantité de vapeurs d'éthanol, cependant cette quantité est largement inférieure à la Valeur Limite d'Exposition Professionnelle en France. Cette valeur limite d'exposition est fixée pour une population générale.

Les premiers résultats de l'étude DEESSES Prime, montrent que les SHA contenant 70% d'éthanol, utilisés en milieu hospitalier par les personnels de santé dans l'exercice de leur activité quotidienne de soin, ne conduisent pas à une absorption décelable de l'éthanol et de ses métabolites.

Les premiers résultats de l'étude DEESSES Seconde permettent, quant à eux, de mieux quantifier la quantité d'éthanol absorbée par la voie respiratoire, lors de l'utilisation des SHA. Cette quantité reste toutefois nettement inférieure aux valeurs limites réglementaires française.

Ce travail permet de conclure que, l'utilisation des SHA dans les situations réelles en milieu professionnel hospitalier à court terme, ne présente pas de danger pour les soignants, le risque théorique de toxicité systémique de l'exposition des professionnels de santé aux SHA, pourrait être exclu. Cela permet de renforcer la confiance des soignants à l'utilisation des SHA, en particulier les personnes qui ont des réserves au sujet de leur exposition à l'alcool.

L'étude DEESSES, par le suivi sur le long terme, permettra de suivre l'évolution de la qualité de friction, de la tolérance aux produits et des facteurs, notamment sociaux, potentiellement impliqués dans ces comportements. Enfin, l'ensemble du projet DEESSES se déroule sur 10 ans, il sera particulièrement intéressant de voir les possibles effets sur le long terme de l'utilisation des SHA.

Liste des références

1. Direction générale de l'offre de soins- Bureau qualité et sécurité des soins. *Infections Nosocomiales : le dossier*. Novembre 2010.
2. Thiolet JM, Lacavé L, Jarno P, Metzger MH, Tronel H, Gautier C, L'Héritau F. Prévalence des infections nosocomiales, France, 2006. Bruno Coignard. Groupe de travail Raisin ENP 2006. BEH 51-52 / 25 décembre 2007. Disponible sur http://www.invs.sante.fr/beh/2007/51_52/beh_51_52_2007.pdf.
3. Troillet N, Francioli P, Pittet D, Ruef C. La fréquence des infections nosocomiales comme indicateur de la qualité des soins. *SWISS-NOSO* 2001;8 : 1-3.
4. Pittet D, Allegranzi B, Chraïti MN, Ruef C, Sax H. "Clean Care is Safer Care": l'OMS consacre le 1er Defi Mondial pour la Sécurité des Patients à la prévention des infections. *SWISS-NOSO* 2010;16 : 2-7.
5. WHO. Hygiène des Mains : Manuel Technique de Référence A l'attention des professionnels soignants, des formateurs et des observateurs des pratiques d'hygiène des mains; Organisation mondiale de la Santé 2010. Disponible sur : http://www.who.int/gpsc/5may/tools/training_education/gpsc_hhtool_TRM_2010_40_fr.pdf.
6. Larson E. APIC guidelines for handwashing and hand antisepsis in health care settings. *Am J Infect Control* 1995; 23(4):251-269.
7. Rotter ML. Hand washing, hand disinfection, and skin disinfection. In :Wenzel RP, Ed. *Prevention and control of nosocomial infections*. Baltimore : Williams and Wilkins, 1997, p. 691-709.
8. Larson E. APIC guidelines for infection control practice. Guideline for use of topical antimicrobial agents. *Am J Infect Control* 1988 ; 16 : 253-266.

- 9.** WHO. Résumé des Recommandations de l'OMS pour l'Hygiène des Mains au cours des Soins- Premier Défi Mondial pour la Sécurité des Patients: Un Soins propre est un Soins plus sûr . Genève. Organisation mondiale de la Santé 2010. Disponible sur : http://whqlibdoc.who.int/hq/2010/WHO_IER_PSP_2009.07_fre.pdf.
- 10.** Sax H, Allegranzi B, Uckay I, Larson E, Boyce J, Pittet D. 'My five moments for hand hygiene': a user-centred design approach to understand, train, monitor and report hand hygiene. *J Hosp Infect* 2007;67:9-21.
- 11.** WHO. Sécurité des patients, Les Partenariats des Hôpitaux 2009. Disponible sur. http://www.who.int/patientsafety/implementation/apps/first_wave/fr/index.html.
- 12.** Avis du comité technique nationale des infections du 5 décembre 2001 relatif à la place de la friction hydro-alcoolique dans l'hygiène des mains lors des soins,, BEH n°08/2002 ; p.35.
- 13.** MINISTERE DE LA SANTE, Journée nationale de l'hygiène des mains. 23 Mai 2008. Disponible sur : <http://www.sante-jeunessesports.gouv.fr/dossiers/sante/mission-mains-propres>
- 14.** Erb M, Grandbastien B, Girard R, Hajjar J et les membres du Conseil Scientifique de la SFHH, Place de l'hygiène des mains et des produits hydro-alcooliques dans les infections associées aux soins : Argumentaire scientifique. 23 Mai 2008. Disponible sur : <http://www.sante-jeunesse sports.gouv.fr/dossiers/sante/mission-mainspropres/>.
- 15.** WHO. Guidelines on Hand Hygiene in Health Care. Organisation mondiale de la santé, Août 2009. Disponible sur : http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241597906_eng.pdf.
- 16.** SFHH, Liste positive désinfectants, [en ligne] 2007, [réf. du 15 Mai 2008]. Format Pdf. Disponible sur <http://www.sfhf.net>.

17. Voss A, Widmer AF. No time for handwashing! Handwashing versus alcoholic rub: can we afford 100% compliance? *Infect Control Hosp Epidemiol* 1997; 18(3): 205-208.
18. Kac G, Podglajen I, Gueneret M, Vaupre S, Bissery A, Meyer G. Microbiological evaluation of two hand hygiene procedures achieved by healthcare workers during routine patient care: a randomized study. *J Hosp Infect* 2005;60:32-39.
19. Lucet JC, Rigaud MP, Mentre F *et al.* Hand contamination before and after different hand hygiene techniques: a randomized clinical trial. *J Hosp Infect* 2002;50:276-280.
20. Zaragoza M, Salles M, Gomez J, Bayas JM, Trilla A. Handwashing with soap or alcoholic solutions? A randomized clinical trial of its effectiveness. *Am J Infect Control* 1999;27:258-261.
21. Girou E, Loyeau S, Legrand P, Oppein F, Brun-Buisson C. Efficacy of handrubbing with alcohol based solution versus standard handwashing with antiseptic soap: randomized clinical trial. *BMJ* 2002;325:362.
22. Trick WE, Vernon MO, Hayes RA *et al.* Impact of ring wearing on hand contamination and comparison of hand hygiene agents in a hospital. *Clin Infect Dis* 2003;36:1383-1390.
23. McNeil SA, Foster CL, Hedderwick SA, Kauffman CA. Effect of hand cleansing with antimicrobial soap or alcohol-based gel on microbial colonization of artificial fingernails worn by health care workers. *Clin Infect Dis* 2001;32:367-372.
24. Noskin GA, Stosor V, Cooper I, Peterson LR. Recovery of vancomycin-resistant enterococci on fingertips and environmental surfaces. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1995;16:577-581.
25. Kampf G. How effective are hand antiseptics for the postcontamination treatment of hands when used as recommended? *Am J Infect Control* 2008;36:356-360.

26. Dharan S, Hugonnet S, Sax H, Pittet D. Comparison of waterless hand antiseptics agents at short application times: raising the flag of concern. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2003;24:160-164.
27. Boyce JM, Larson EL, Weinstein RA. Alcohol-based hand gels and hand hygiene in hospitals. *Lancet* 2002;360:1509-1510.
28. SFHH. Recommandations Hygiène des mains 2009. Hygiènes 2009;XVII.
29. Maslo C. La désinfection des mains par friction hydro-alcoolique. Campagne SHA AP-HP. 2002. Disponible sur :
http://www.santesports.gouv.fr/IMG/pdf/La_desinfection_des_mains_par_fricton_hydroalco_olique_-_APHP-2.pdf.
30. Boyce JM, Pittet D. Guideline for Hand Hygiene in Health - Care Settings- Recommendations of the Healthcare Infection Control Practices - Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA - Hand Hygiene Task Force. *MMWR/CDC* 2002;51.
31. Rotter ML, Koller W, Neumann R. The influence of cosmetic additives on the acceptability of alcohol-based hand disinfectants. *J Hosp Infect* 1991;18:57-63.
32. Larson EL, Aiello AE, Heilman JM *et al.* Comparison of different regimens for surgical hand preparation. *AORN J* 2001;73:412-420.
33. Boyce JM. Using Alcohol for Hand Antisepsis: Dispelling Old Myths? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000; 21(7):438-441.
34. Guide to Local Production: WHO-recommended Handrub Formulations, Organisation Mondiale de la Santé, Avril 2010. Disponible sur :
http://www.who.int/gpsc/5may/Guide_to_Local_Production.pdf.
35. EN 1500: Chemical disinfectants and antiseptics., 1997. Hygienic hand disinfection. Test method and requirement (phase 2/ step 2). Brussels: CEN – Comité Européen de Normalisation.

- 36.** Circulaire DHOS/E2/DGS/5C/2006/121 du 13 mars 2006 relative au tableau de bord des infections nosocomiales et portant sur les modalités de calcul et de présentation de l'indicateur de volume de produits hydro-alcooliques consommé par les établissements de santé.
- 37.** Erb M, Grandbastien B, Lepelletier D. Utilisation des indicateurs de prévention des infections nosocomiales. Exemple de l'indicateur de consommation des solutés hydro-alcooliques (ICSHA). *Hygiènes* 2007;XV:338-339.
- 38.** ICSHA. Pessoa-Silva CL, Hugonnet S, Pfister R, Touveneau S, Dharan S, Posfay-Barbe K, *et al.* Reduction of Health Care Associated Infection Risk in Neonates by Successful Hand Hygiene Promotion. *Pediatrics* 2007; 120(2):382-390.
- 39.** Mody L, McNeil SA, Sun R, Bradley SE, Kauffman CA. Introduction of a waterless alcohol-based hand rub in a long-term-care facility. *Infect. Control. Hosp Epidemiol* 2003; 24(3):165-171.
- 40.** Maury E, Alzieu M, Baudel JL, Haram N, Barbut F, Guidet B, Offenstadt G. Availability of an alcohol solution can improve hand disinfection compliance in an intensive care unit. *Am. J Respir Crit Care Med* 2000; 162(1):324-327.
- 41.** Ministère des Solidarités de la santé et de la famille. Circulaire n° DHOS/DGS/E2/5C/2004/599 du 13 décembre 2004 relative à la mise en oeuvre du programme national de lutte contre les infections nosocomiales 2005/2008 dans les établissements de santé.
- 42.** Ministère de la Santé et des Sports. Circulaire n°DHOS/E2/DGS/RI/2009/272 du 26 août 2009 relative à la mise en oeuvre du programme national de prévention des infections nosocomiales 2009/2013.
- 43.** Branger B, Senechal H, Bataillon S, Ertzscheid MA, Baron R, Borgey F, Thibon P, Van Der Mee N, Girard N, Wiesel M, Avril C, Coulomb F, Chaperon J, Lejeune B. La consommation de produits d'hygiène des mains dans les établissements de soins dans

l'interrégion Ouest. Consumption of hand-hygiene fluids in the West of France. *Médecine et maladies infectieuses* 2005; 35:349–356.

44. Hugonnet S, Perneger TV, Pittet D. Alcohol-based hand rubs improves compliance with hand hygiene in intensive care units. *Arch Intern Med* 2002; 162 : 1037-1043.

45. Girou E, Oppein F. Handwashing compliance in a French university hospital : new perspective with the introduction of hand-rubbing with a waterless alcohol-based solution. *J Hosp Infect* 2001; 48: S55–7.

46. Pittet D. Improving adherence to hand hygiene practices: a multidisciplinary approach. *Emerg Infect Dis* 2001; 7(2):234-240.

47. Pittet D, Mourouga P, Perneger TV. Compliance with handwashing in a teaching hospital. Infection Control Program. *Ann Intern Med* 1999; 130(2):126-130.

48. Miller MA, Rosin A, Crystal CS. Alcohol-based hand sanitizer: can frequent use cause an elevated blood alcohol level? *Am J Infect Control* 2006; 34(3):150-151.

49. Miller MA, Rosin A, Levsky ME, Patel MM, Gregory TJ, Crystal CS. Does the clinical use of ethanol-based hand sanitizer elevate blood alcohol levels? A prospective study. *Am J Emerg Med* 2006; 24(7):815-817.

50. Brown TL, Gamon S, Tester P, Martin R, Hosking K, Bowkett GC, Gerostamoulos D, Grayson ML. Can alcohol-based hand-rub solutions cause you to lose your driver's license? Comparative cutaneous absorption of various alcohols. *Antimicrob. Agents Chemother* 2007; 51(3):1107-1108.

51. Akomeah FK, Martin GP, Muddle AG, Brown MB. Effect of abrasion induced by a rotating brush on the skin permeation of solutes with varying physicochemical properties. *Eur J Pharm Biopharm* 2008; 68(3):724-34.

52. Pendlington RU. Fate of ethanol topically applied to the skin. *Food Chem Toxicol* 2001; 39:169-174.

- 53.** INCHEM : Avis OECD SIDS sur l'éthanol. Disponible sur: <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/64175.pdf>.
- 54.** Institut National de Recherche et de Sécurité. Fiche toxicologique de l'éthanol. Paris: Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. Edition 2011.
- 55.** Rapport de l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé relatif à l'innocuité des produits hydro-alcooliques (PHA) à base d'éthanol utilisés pour la désinfection des mains à peau saine par le grand public dans le cadre de l'épidémie de la grippe A (H1N1). Mars 2011.
- 56.** Rapport de l'AFSSET sur l'éthanol de Juin 2010. Disponible sur : <http://www.anses.fr/index.htm>.
- 57.** Larson EL, Aiello AE, Bastyr J, *et al.* Assessment of two hand hygiene regimens for intensive care unit personnel. *Crit Care Med* 2001; 29: 944-51.
- 58.** Graham M, Nixon R, Burrell LJ, Bolger C, Johnson PD, Grayson ML. Low rates of cutaneous adverse reactions to alcohol-based hand hygiene solution during prolonged use in a large teaching hospital. *Antimicrob Agents Chemother* 2005; 49(10):4404-4405.
- 59.** Grove GL, Zerweck CR, Heilman JM, Pyrek JD. Methods for evaluating changes in skin condition due to the effects of antimicrobial hand cleansers: two studies comparing a new waterless chlorhexidine gluconate/ethanol-emollient antiseptic preparation with a conventional water-applied product. *Am J Infect Control* 2001; 29(6):361-369.
- 60.** Thompson BL, Dwyer DM, Ussery XT, Denman S, Vacek P, Schwartz B. Handwashing and glove use in a long-term-care facility. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1997; 18(2):97-103.
- 61.** Larson E & Killien M. Factors influencing handwashing behavior of patient care personnel. *Am J Infect Control* 1982; 10(3):93-99.

62. Sproat LJ, Inglis TJ. A multicentre survey of hand hygiene practice in intensive care units. *J Hosp Infect* 1994; 26(2):137-148.
63. Gould D. Nurses' hand decontamination practice: results of a local study. *J Hosp Infect* 1994; 28(1):15-30.
64. Dubbert PM, Dolce J, Richter W, Miller M, Chapman SW. Increasing ICU staff handwashing: effects of education and group feedback. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1990; 11(4):191-193.
65. Naikoba S, Hayward A. The effectiveness of interventions aimed at increasing handwashing in healthcare workers a systematic review. *J Hosp Infect* 2001; 47(3):173-180.
66. Trick WE, Vernon MO, Welbel SF, Demarais P, Hayden MK, Weinstein RA. Multicenter intervention program to increase adherence to hand hygiene recommendations and glove use and to reduce the incidence of antimicrobial resistance. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; 28(1):42-49.
67. Kretzer EK, Larson EL. Behavioral interventions to improve infection control practices. *Am J Infect Control* 1998; 26(3):245-253.
68. Santana SL, Furtado GH, Coutinho AP, Medeiros EA. Assessment of healthcare professionals' adherence to hand hygiene after alcohol-based hand rub introduction at an intensive care unit in Sao Paulo, Brazil. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; 28(3):365-367.
69. Widmer AF, Conzelmann M, Tomic M, Frei R, Stranden AM. Introducing alcohol-based hand rub for hand hygiene: the critical need for training. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; 28(1):50-54.
70. Harris AD, Samore MH, Nafziger R, DiRosario K, Roghmann MC, Carmeli Y. A survey on handwashing practices and opinions of healthcare workers. *J. Hosp. Infect* 2000; 45(4):318-321.

71. Aboelela SW, Stone PW, Larson EL. Effectiveness of bundled behavioural interventions to control healthcare-associated infections: a systematic review of the literature. *J Hosp Infect* 2007; 66(2):101-108.
72. Belda E, Naveau S, Chaput JC. Alcoolisme : épidémiologie, pathologie, dépistage. *Cah. Nutr. Diét* 1995;30:195-200.
73. Choisy H, Larcan A, Royer RJ, Vandiel B. Interactions entre alcool et médicaments; In : Pharmacologie clinique : bases de la thérapeutique. Expansion scientifique Française éd. Paris, 1988, 249-262.
74. Nordmann R. L'alcool : nutriment et/ou toxique ? *Cah Nutr Diét* 1991;26 :349-351.
75. Nordmann R. Métabolisme de l'alcool. *Encycl. Méd. Chir. (Elsevier Paris), Endocrinologie-Nutriti Schuckit MA*, 1992, Alcool et alcoolisme. In : TR Harrison : Principes de médecine interne, Médecine – Sciences Flammarion éd., Paris, 1997, 2146-2151.
76. Schuckit MA. Alcool et alcoolisme. In : TR Harrison : Principes de médecine interne, Médecine – Sciences Flammarion éd., Paris, 1992, 2146-2151.
77. Degoul F, Sutton A, Mansouri A, Capanec C, Degott C, Fromenty B, Beaugrand M, Valla D, Pessayre D. Homozygosity for alanine in the mitochondrial targeting sequence of superoxide dismutase and risk for severe alcoholic liver disease. *Gastroenterology* 2001;120:1468-1474.
78. Gewaltig J, Mangasser-Stephan K, Gartung C, Biesterfeld S, Gressner AM. Association of polymorphisms of the transforming growth factor-beta1 gene with the rate of progression of HCV-induced liver fibrosis. *Clin Chim Acta* 2002;316:83-94.
79. Das SK, Vasudevan DM. Alcohol-induced oxidative stress, *Life Sciences* 2007; 81:177-187.
80. Sergent O, Griffon B, Cillard P, Cillard J. Alcohol and oxidative stress. *Pathologie Biologie* 2001; 49(9):689–695.

- 81.** Albano E. Free-radicals and alcohol-induced liver injury. In: Sherman, C.D.I.N., Preedy VR, Walson RR (eds), *Ethanol and liver*. Taylor and Francis, London, 2002, 153-190.
- 82.** Wu D, Cederbaum AI. Alcohol, oxidative stress, and free radical damage. *Alcohol Research Health* 2003; 27(4):277–284.
- 83.** Anonyme. Schéma de Coupe de la peau. 2010. Disponible sur: http://cyberfolio.recitmst.qc.ca/portfolio/planif/images/fichiers/431_schemapeau.doc.
- 84.** Melissopoulos A, Levacher C. *La peau: structure et physiologie*, Editions Lavoisier, 1998.
- 85.** Fitzpatrick TB. The validity and practicality of sun reactive skin types I through VI. *Arch Dermatol* 1988; 124:869-871.
- 86.** Barrière cutanée, Absorption percutanée. *Ann Dermatol Venereol* 2005;132:(8)49-68.
- 87.** Metropol. Fiche méthodologique A: stratégie d'évaluation de l'exposition et comparaison aux valeurs limites. INRS, 2004. Disponible sur : <http://www.inrs.fr/metropol/sommet.htm>.
- 88.** Hautemanière A, Diguio N, Daval MC, Hunter PR, Hartemann P. Short-term assessment of training of medical students in the use of alcohol-based hand rub using fluorescent-labeled hand rub and skin hydration measurements. *Am J Infect Control* 2009; 37:338-40.
- 89.** Bischoff WE, Reynolds TM, Sessler CN, Edmond MB, Wenzel RP. Handwashing compliance by health care workers: the impact of introducing an accessible alcohol-based hand antiseptic. *Arch Intern Med* 2000;160:1017-21.
- 90.** Struelens MJ, Mertens R. National Survey of methicillin-resistant *Staphylococcus* in Belgian hospitals. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1994; 13:56-63.
- 91.** Slotoch CM, Kampf G, Loffler H. Effects of disinfectants and detergents on skin irritation. *Contact Dermatitis* 2007; 57(4): 235-241.
- 92.** Kampf G, Wigger-Alberti W, Wilhelm KP. Do atotics tolerate alcohol-based hand rubs? A prospective, controlled, randomized double-blind clinical trial. *Acta Derm Venereol* 2006; 86(2): 140-143.

- 93.** Eysseric H, Vincent F, Bessard G, Barret L ; Les methodes physiquee de dosage des alcools et glycols Journée thématique SFTA. Paris, 1999. Disponible sur : http://sfta.org/presentation/main/ata/ATA_pdf/99_ALC_GLYC/3_eysseric.pdf.
- 94.** Dean RA, Thomasson HR, Dumauual N, Amann D, Li TK., Simultaneous measurement of ethanol and ethyl-d5 alcohol by stable isotope gas chromatography mass spectrometry. *Clin Chem* 1996; 42(3):367-372.
- 95.** Schubert J. Volatile compounds detected in blood of drunk drivers by headspace/capillary gas chromatography/ ion trap mass spectrometry. *Biological Mass Spectrometry* 1991; 20:699-702.
- 96.** Shoemaker JD, Lynch RE, Hoffman JW, Sly WS, Misidentification of propionic acid as ethylene glycol in a patient with methylmalonic acidemia. *J Pediatr* 1992; 120(3):417-421.
- 97.** Woolf AD, Wynshaw-Boris A, Rinaldo P, Levy H.L, Intentional infantile ethylene glycol poisoning presenting as an inherited metabolic disorder. *J Pediatr* 1992; 120(3):421-424.
- 98.** Tangerman A. Highly sensitive gas chromatographic analysis of ethanol in whole blood, serum, urine, and fecal supernatants by the direct injection method. *Clin Chem* 1997; 43(6): 1003-1009.
- 99.** Macchia T, Mancinelli R, Gentili S, Lugaresi EC, Raponi A, Taggi F, Ethanol in biological fluids : headspace GC measurement. *J Anal Toxicol* 1995; 19:241-246.
- 100.** Schlorff EC, Husain K, Somani SM. Dose and time dependent effects of ethanol on plasma antioxidant system in rat. *Alcohol* 1999; 17:97-105.
- 101.** Alcool éthylique. Fiche 017. In: MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2004. Disponible sur : www.inrs.fr/metropol/
- 102.** Norme NFX43. Air des lieux de travail. Prélèvement et analyse de gaz et vapeurs organiques, prélèvement par pompage sur tube à adsorption et désorption au solvants. Paris : AFNOR ; juillet 2004.

- 103.** Kramer A, Below H, Bieber N, Kampf G, Toma CD, Huebner NO, Assadian O, 2007, Quantity of ethanol absorption after excessive hand disinfection using three commercially available hand rubs is minimal and below toxic levels for humans. *BMC Infect Dis* 2007; 7: 117.
- 104.** Wilcosky TC, Tyroler HA. Mortality from heart disease among workers exposed to solvents. *J Occup Med* 1983 ;25: 879-85.
- 105.** Andersson, P. and Victorin, K. Inhalation of ethanol: literature survey and risk assessment. Institute for Environmental Medicine, Karolinska Institute: Stockholm, Sweden, 1996.
- 106.** Lauranta J, Ojajarvi J, Sarna S, Makela P. Prevention of dryness and eczema of the hands of hospital staff by emulsion cleansing instead of washing with soap. *J Hosp Infect* 1991; 17: 207-15.
- 107.** Steere AC, Mallison GF. Handwashing practices for the prevention of nosocomial infections. *Ann Intern Med* 1975; 83 : 683-90.
- 108.** Pederson L, Held E, Johansen J, Agner T. Less skin irritation from alcohol-based disinfectant than from detergent used for hand disinfection. *Br J Dermatol* 2005; 153:1142-46.
- 109.** Hübner NO, Kampf G, Löffler H, Kramer A. Effect of a 1 min hand wash on the bactericidal efficacy of consecutive surgical hand disinfection with standard alcohols and on skin hydration. *Int J Hyg Environ Health* 2006; 209(3):285-291.
- 110.** Littau CA. Investigation of the Relative Performance of Various Alcohol-Based, Foam Hand Antiseptics: A Comparison of Antimicrobial Efficacy and Skin Compatibility. *Am J Infect Control* 2007; 35(5):E144-E145.
- 111.** Moolenaar RL, Crutcher JM, San Joaquin VH, Sewell LV, Hutwagner LC, Carson LA, et al. A prolonged outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* in a neonatal intensive care unit: did

staff fingernails play a role in disease transmission? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000; 21(2):80-5.

112. Jeanes A, Green J. Nail art : a review of current infection control issues. *J Hosp Infect* 2001; 49(2):139-142.

113. Gupta A, Della-Latta P, Todd B, San Gabriel P, Haas J, Wu F, *et al.* Outbreak of extended-spectrum beta-lactamase-producing *Klebsiella pneumoniae* in a neonatal intensive care unit linked to artificial nails. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2004; 25(3):210-5.

114. Foca M, Jakob K, Whittier S, Della LP, Factor S, Rubenstein D, *et al.* Endemic *Pseudomonas aeruginosa* infection in a neonatal intensive care unit. *N Engl J Med* 2000; 343(10):695-700.

115. Allegranzi B, Memish ZA, Donaldson L, Pittet D. Religion and culture: Potential undercurrents influencing hand hygiene promotion in health care. *Am J Infect Control* 2009; 37(1):28-34.

116. CCLIN Sud Ouest. Recommandation pour une tenue vestimentaire des personnels soignants adaptée à la maîtrise du risque infectieux. Edition 2008. Consultée en ligne, Août 2012. Disponible sur : www.cclin-sudouest.com.

117. Bartlett GE, Pollard TCB, Bowker KE, Bannister GC. Effect of jewellery on surface bacterial counts of operating theatres. *J Hosp Infect* 2002; 52: 68-70.

118. Newman AW, Wright SW, Wrenn KD, Bernard A. Should physicians have facial piercing? *J Gen Intern Med* 2005; 20: 213-8.

119. Hautemaniere A, Cunat L, Diguio N, Vernier N, Schall C, Daval M-C, *et al.* Factors determining poor practice in alcoholic gel hand rub technique in hospital workers. *J Infect Public Health*; 2010;3(1):25-34.

120. Ehrenkranz NJ. Bland soap handwash or hand antisepsis? The pressing need for clarity. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1992; 13: 299-301.

- 121.** Pittet D, Boyce JM. Hand hygiene and patient care : pursuing the Semmelweis legacy. *The Lancet Infectious Diseases* 2001; 1: 9-20.
- 122.** Garner JS, Favero MS. Guideline for handwashing and hospital environmental control. *MMWR* 1987; 36 : 2S-20S.
- 123.** Widmer AF. Replace hand-washing with use of waterless alcohol hand rub ? *Clin Infect Dis* 2000; 31:136-43.
- 124.** Kampf G, Reichel M, Feil Y, Eggerstedt S, Kaulfers PM. Influence of rub-in technique on required application time and hand coverage in hygienic hand disinfection. *BMC Infectious Diseases* 2008; 8(1):149.
- 125.** Rupp M, Fitzgerald T, Puumala S, Anderson J, Craig R, Iwen P, *et al.* Prospective, Controlled, Cross Over Trial of Alcohol Based Hand Gel in Critical Care Units. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008; 29(1):8-15.
- 126.** Mc Laws M, Pantle A, Fitzpatrick K, Hughes C. Improvement in hand hygiene across New South Wales public hospitals: clean hands save lives, part III. *Med J Aust* 2009; 19(191):18-24.
- 127.** Ojajarvi J, Makela P, Rantasalo I. Failure of hand disinfection with frequent handwashing: a need for prolonged field studies. *J Hyg* 1977; 79:107-9.
- 128.** Boyce JM, Kehiller S, Vallande N. Skin irritation and dryness associated with two hand-hygiene regimens: Soap-and-water hand washing versus hand antiseptics with an alcoholic hand gel. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000; 21:442-8.
- 129.** Courage & Khazaka. pH-meter. Manufacturer's manual. 2005.
- 130.** Poet TS, MC Dougal JN. Skin absorption and human risk assessment. *Chem Biol Interact* 2002; 140(1):19-34.
- 131.** Lands WE. A review of alcohol clearance in humans. *Alcohol* 1998. 15(2): 147-160.

- 132.** Al-Awadhi A, Wasfi IA, Al Reyami F, Al-Hatali Z. Endogenous concentrations of blood ethanol in residents of the United Arab Emirates. *Science and justice* 2004; 44 (3):149-152.
- 133.** Ethanol: Evaluation of the health effects from occupational exposure. Dutch Expert Committee on Occupational Standards, Health Council of the Netherlands 2006. Disponible sur <http://www.gezondheidsraad.nl/en/publications/ethanol-ethyl-alcohol-evaluation-health-effects-occupationalexposure>,
- 134.** Beskitt JL, Sun JD. *In vitro* skin penetration characteristics of ethanol in the rabbit, mouse, rat, and human. *J Toxicol Cutaneous Ocul Toxicol* 1997; 16: 61-75.
- 135.** Kinnula S, Tapiainen T, Renko M, Uhari M. Safety of alcohol hand gel use among children and personnel at a child day care center. *Am J Infect Control* 2009; 37: 318-321.
- 136.** Logan BK, Distefano S, Ethanol content of various foods and soft drinks and their potential for interference with a breath-alcohol test. *J Anal Toxicol* 1998; 22:181-3.
- 137.** Lang RA, Egli-Gany D, Brill FH, *et al.* Transdermal absorption of ethanol- and 1-propanol-containing hand disinfectants. *Langenbecks Arch Surg* 2011;396:1055-1060.
- 138.** National Institute of Research and Safety. Ethanol; toxicological sheet FT 48. Paris: INRS; 2007.
- 139.** Goullé JP, Lacroix C. Alcoolémie: aspects médico-légaux. Disponible sur : http://sfta.org/presentation/main/ata/ATApdf/99ALC_GLYC/5_goulle.pdf.
- 140.** Skipper GE, Wurst F, Weinmann W, Liepman M. Ethanol-Based Hand Sanitizing Gel Vapor Causes Positive Alcohol Marker, Ethylglucuronide (EtG), and Positive Breathalyzer. *J Addict Med* 2009; 3 (2).
- 141.** Bessonneau V, Thomas O. Assessment of Exposure to Alcohol Vapor from Alcohol-Based Hand Rubs. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2012, 9 : 868-879.

Annexes

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Fiche technique ANIOSGEL 85 NPC®

ANNEXE 2 : Etude DEESSES (Questionnaire T0)

ANNEXE 3 : Etude DEESSE (Questionnaire T1 - T10)

ANNEXE 4 : Questionnaire Gestuelle dans l'étude DEESSE

ANNEXE 5 : Questionnaire identification du personnel soignant

ANNEXE 6 : Formulaire de consentement DEESSES Prime

ANNEXE 7 : Formulaire de consentement DEESSES Seconde

Annexe 1 :

Fiche technique ANIOSGEL 85 NPC[®]

ANIOS GEL 85 NPC®

Gel hydroalcoolique thixotropique pour le traitement hygiénique et la désinfection chirurgicale des mains par friction.



COMPOSITION

Ethanol (700 mg/g soit 755 ml/l - N° CAS 64-17-5) en présence d'agents épaississant, hydratant et émoullient, et d'eau. Sans parfum ni colorant.

MODE D'EMPLOI

Gel prêt à l'emploi.

Traitement hygiénique : 3 mL pour 30 secondes.

Désinfection chirurgicale : 2 x 3 ml pour 2 x 45 secondes.

Ne pas rincer.

***3mL = 2 pressions de pompe**

Inflammable - Respecter les précautions d'emploi.

PROPRIÉTÉS MICROBIOLOGIQUES

Bactéricide : EN 1040, pr EN 12054, EN 1500, EN 12791.

Tuberculocide : EN 14348.

Levuricide : EN 1275, EN 1650.

Virucide : EN 14476+A1 (30 sec.).

Actif sur HIV-1, PRV (virus modèle HBV), BVDV (virus modèle HCV), Rotavirus, Herpès virus, Coronavirus, Norovirus, Influenza virus A souche porcine [H1N1] et Influenza virus A NIBRG14 [H5N1].

Annexe 2 :

Etude DEESSE
QUESTIONNAIRE (T0)



Questionnaire

0 1 2
3 4 5
6 7 8
9 10

Numéro d'anonymisation :

|__|__|__|__|__|
(ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__/__/20__/

ENVIRONNEMENT PROFESSIONNEL

Disposez-vous d'un point d'eau dans toutes les chambres ? Oui Non

Disposez-vous de distributeurs de savon doux dans toutes les chambres ? Oui Non

Disposez-vous de distributeurs de solutés hydro alcooliques dans ou devant toutes les chambres ? Oui Non

Si oui :

Avez-vous des ruptures de stock de SHA ce dernier mois ? Oui Non

Disposez-vous encore de distributeurs de savon antiseptique dans le service ? Oui Non

Disposez-vous de distributeurs de papier essuie-mains dans toutes les chambres ? Oui Non

Dans la salle de soins, disposez-vous de poubelles :

Pourvues de couvercle ? Oui Non

A commande non manuelle ? Oui Non

Avez-vous le sentiment que votre équipe est en sous-effectif ? Oui Non

Avez-vous le sentiment de ne pas avoir assez de temps pour faire votre travail, de travailler dans l'urgence ? Oui Non

QUESTIONS D'ORDRE SOCIOLOGIQUE

Vous maquillez-vous :

Jamais Uniquement hors de l'hôpital Toujours Quelquefois Non concerné

Vos ongles sont :

Coupés ras Longueur normale Longs

Avec vernis sans vernis

Portez vous des faux ongles :

Oui Non Non concerné

Avez-vous des ongles longs et/ou vernis ou des faux ongles ?

Toujours Souvent Quelquefois Jamais Non concerné



Questionnaire

- 0 1 2
3 4 5
6 7 8
9 10

Numéro d'anonymisation :

|__| |__| |__| |__| |__|
(ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__ /__ /20__ /

- Dans votre vie quotidienne, portez-vous des bijoux ?** Oui Non
Si oui, à quelle fréquence ? Tout le temps Parfois Rarement
Si oui, quel type de bijoux portez-vous ? Bague / Chevalière
 Alliance
 Montre
 Bracelet / Gourmante
 Piercing
 Autre : _____

Quelle importance portez-vous à votre apparence dans votre vie quotidienne ?

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Aucune Enormément

Vous sentez-vous plus à votre avantage lorsque :

- vous portez vos bijoux ? Oui Non Non concerné
- vous vous maquillez ? Oui Non Non concerné
- vous avez les cheveux longs ? Oui Non Non concerné

Lorsque vous travaillez, retirez-vous :

- **Votre alliance ?** Oui Non Non concerné
Si non, pour quelles raisons : Dimension symbolique ou affective
 Dimension esthétique
 Dimension pratique (perte, vol, contrainte du port et du retrait)
 Absence de risque pour le patient
 Aucun contact avec le patient
- **Vos bijoux ?** Oui Non Non concerné
Si non, pour quelles raisons : Dimension symbolique ou affective
 Dimension esthétique
 Dimension pratique (perte, vol, contrainte du port et du retrait)
 Absence de risque pour le patient
 Aucun contact avec le patient
- **Vos piercings ?** Oui Non Non concerné
Si non, pour quelles raisons : Dimension symbolique ou affective
 Dimension esthétique
 Dimension pratique (perte, vol, contrainte du port et du retrait)
 Absence de risque pour le patient
 Aucun contact avec le patient

Quelle importance portez-vous à votre apparence sur votre lieu de travail ?

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Aucune Enormément

Sur votre lieu de travail, comment jugez-vous les contraintes vestimentaires et esthétiques liées à l'exercice de votre profession ?

- Trop excessives Nombreuses Insuffisantes Inexistantes

Ces contraintes ont-elles un retentissement dans votre vie privée ?

- Beaucoup Assez Peu Pas du tout



Questionnaire

- 0 1 2
3 4 5
6 7 8
9 10

Numéro d'anonymisation :

|__|__|__|__|__|
(ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__ /__ /20__ /

DONNEES MEDICALES PERSONNELLES

Avez-vous déjà été en arrêt maladie suite à un problème concernant votre profession actuelle ?

Oui Non

Quel est votre poids ? kg

Quelle est votre taille ? cm

Vivez-vous :

seul en couple sans enfants en couple avec enfant(s) seul avec enfant(s)

Pratiquez-vous un sport ?

Oui Non

Si oui, lequel ?

Etes-vous ? droitier gaucher ambidextre

Pour les femmes :

- Nombre de grossesses antérieures ?
- Etes-vous actuellement enceinte ? Oui Non
- Etes-vous sous contraceptif oral ? Oui Non

Suivez-vous un traitement médical au long cours ? Oui Non

Si oui, lequel ?

Est-ce que vous fumez actuellement ? Oui Non Occasionnellement

Si oui, combien de cigarettes par jour ?

Si non, avez-vous déjà fumé auparavant ? Oui Non

Combien de cigarettes par jour ?

Pendant combien de temps ?

Combien de fois vous arrive-t-il de consommer de l'alcool ?

- Jamais 2 ou 3 fois par semaine
 Uniquement pendant les fêtes 4 ou 6 fois par semaine
 Une fois par mois au moins Tous les jours
 Entre 2 et 4 fois par mois

Les jours où vous buvez de l'alcool, combien de verres consommez-vous ?

- 1 à 2 verres 7 à 9 verres
 3 à 4 verres Plus de 10 verres
 5 à 6 verres



Questionnaire

- 0 1 2
3 4 5
6 7 8
9 10

Numéro d'anonymisation :

|__|__|__|__|__|
(ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__ /__ /20__ /

Portez-vous des gants dans votre fonction ?

- Toujours Souvent Quelquefois Jamais

Le port de bijoux, ongles longs ou vernis engendre-il un risque pour les patients?

- Oui Non

Dans votre équipe de travail, vos collègues portent-ils des bijoux ? Oui Non

Cela vous dérange t-il de travailler auprès de collègues portant des bijoux ? Oui Non

Avez-vous les cheveux longs ou mi-longs ? Oui Non

Si oui, les attachez-vous ?

- Toujours Souvent Quelquefois Jamais

PRATIQUES PERSONNELLES LIEES A L'UTILISATION DES SHA

Quelles sont les différentes techniques de lavage des mains que vous pratiquez régulièrement avant l'implantation des SHA ?

- Lavage simple au savon doux (type I)
 Lavage hygiénique des mains avec antiseptique (type II)
 Friction avec solutés hydro alcoolique
 Désinfection chirurgicale des mains (type III)
 Friction chirurgicale des mains avec soluté hydro alcoolique

Dans votre vie quotidienne, milieu professionnel ou privé, manipulez-vous ou êtes-vous en contact avec :

- **des solutions corrosives (solutions acides et/ou alcalines) :**
 très fréquemment parfois rarement jamais
- **des solvants (white spirit, vernis...) ou des radicaux libres (eau oxygénée) :**
 très fréquemment parfois rarement jamais
- **des températures excessives (chaud ou froid) :**
 très fréquemment parfois rarement jamais
- **des pressions mécaniques :**
 très fréquemment parfois rarement jamais



Questionnaire

- 0 1 2
3 4 5
6 7 8
9 10

Numéro d'anonymisation :

|__|__|__|__|__|
(ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__ / __ / 20__ /

Combien de fois vous arrive-t-il de boire 6 verres ou davantage au cours d'une même occasion ?

- Jamais Une fois par semaine
 Moins d'une fois par mois Tous les jours ou presque
 Une fois par mois

Avez-vous déjà ressenti le besoin de diminuer votre consommation de boissons alcoolisées ?

- Oui Non

Votre entourage vous a-t-il déjà fait des remarques au sujet de votre consommation de boissons alcoolisées ?

- Oui Non

Avez-vous déjà eu l'impression que vous buviez trop ?

- Oui Non

Etes-vous atteint par une ou plusieurs de ces affections ?

	OUI	NON	NE SAIT PAS
<u>Allergie :</u>			
asthme,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
eczéma,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
rhino conjonctivite,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
allergie alimentaire,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>Affection cardiaque</u>			
hypertension artérielle,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
infarctus du myocarde,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
troubles du rythme cardiaque,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
insuffisance cardiaque,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
cardiopathie ischémique,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
pathologie veineuse,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
accident vasculaire cérébral,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>Affection pulmonaire</u>			
bronchite chronique,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
insuffisance respiratoire,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
infections pulmonaires à répétition,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
asthme bronchite,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Questionnaire
 0 1 2
 3 4 5
 6 7 8
 9 10

Numéro d'anonymisation :
 |__|__|__|__|__|
 (ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__ /__ /20__ /

OUI NON NE SAIT PAS

Affection dermatologique

psoriasis,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
urticaire,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sécheresse cutanée,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
lupus,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dermite irritante de contact :			
-sensation de brûlures,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-démangeaisons,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-ampoules, suintements,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-mains rouges, sèches, crevassées,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dermite allergique de contact :			
-démangeaisons graves,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-rougissement,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-enflure locale,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Affection digestive

ulcère,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
insuffisance hépatique,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
cirrhose,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
pancréatite,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Affection métabolique

diabète,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dyslipidémie,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
goutte,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
problème thyroïdien,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
obésité,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Affection neurologique

sclérose en plaques,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
maladie de Parkinson,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vertiges,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
épilepsie,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
fibromyalgie,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
paralyse,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Delirium tremens,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
neuropathie périphérique,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Affection psychologique

stress,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
anxiété,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dépression,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
surmenage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
trouble du sommeil, insomnies	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Annexe 3 :

**Etude DEESSE
QUESTIONNAIRE (T1 - T10)**



Questionnaire

- 0 1 2
3 4 5
6 7 8
9 10

Numéro d'anonymisation :

|__| |__| |__| |__| |__|
(ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__ /__ /20__

Portez-vous des gants dans votre fonction ?

- Toujours Souvent Quelquefois Jamais

Le port de bijoux, ongles longs ou vernis engendre-il un risque pour les patients?

- Oui Non

Dans votre équipe de travail, vos collègues portent-ils des bijoux ?

- Oui Non

Vous dérange t-il de travailler auprès de collègues portant des bijoux ?

- Oui Non

Avez-vous les cheveux longs ou mi-longs ?

- Oui Non

Si oui, les attachez-vous ?

- Toujours Souvent Quelquefois Jamais

Pour quelles raisons, utilisez-vous des artifices esthétiques (Maquillage, style vestimentaire.....)?

- se construire symboliquement un personnage
- marquer sa différence
- attirer le regard de l'autre
- se sentir mieux dans sa peau

Vous considérez l'esthétique corporelle comme :

- une liberté individuelle (choix)
- un poids culturel (contrainte imposée)

Selon vous, quel principal critère symbolise le plus la féminité (classer ces critères par ordre d'importance : 1 = plus important):

- la gestuelle
- l'esthétisme
- le comportement, l'attitude

Êtes-vous en accord avec ces affirmations ?

a) « La mode, la presse, les médias dans leur ensemble se font porteurs d'images qui influencent les représentations sociales, l'idée que l'on se fait de la femme »

- Totallement d'accord Plutôt d'accord Pas trop d'accord Pas du tout d'accord

« Le vêtement, en particulier, joue à la fois le rôle de carte d'identité sociale et de parure, incitant ou inhibant certains types de relations »

- Totallement d'accord Plutôt d'accord Pas trop d'accord Pas du tout d'accord

« Il existe aujourd'hui un véritable dictat de la beauté »

- Totallement d'accord Plutôt d'accord Pas trop d'accord Pas du tout d'accord

« Dans nos sociétés contemporaines, la femme idéale est jeune, belle et libérée »

- Totallement d'accord Plutôt d'accord Pas trop d'accord Pas du tout d'accord

Quelle personne incarne votre idéal féminin ?

- n'a pas d'idéal féminin
- un membre de votre famille
- une personnalité publique
- une personne de votre entourage (hors famille)



Questionnaire

- 0 1 2
3 4 5
6 7 8
9 10

Numéro d'anonymisation :

|__| |__| |__| |__| |__|
(ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__ /__ /20__

PRATIQUES PERSONNELLES LIEES A L'UTILISATION DES SHA

Quelles sont les différentes techniques de lavage des mains que vous pratiquez régulièrement ?

- Lavage simple au savon doux (type I)
 Lavage hygiénique des mains avec antiseptique (type II)
 Friction avec solutés hydro alcoolique
 Désinfection chirurgicale des mains (type III)
 Friction chirurgicale des mains avec soluté hydro alcoolique

Concernant les solutés hydro-alcooliques :

- Sont-ils des solutés de désinfection des mains ? Oui Non
Sont-ils des solutés de désinfection du matériel ? Oui Non
Sont-ils des solutés de déterision des mains ? Oui Non

Que savez-vous de l'efficacité des solutés hydro alcooliques ?

- Elevée Moyenne Médiocre Inefficace NSP

L'utilisation des solutés hydro alcooliques vous semble-t-elle plus pratique que celle du savon antiseptique ?

- Oui Non

Avez-vous rencontré des difficultés pour utiliser les solutés hydro alcooliques ?

- Oui Non

Si oui, lesquelles ?

- Apparition de signes d'allergie (eczéma, asthme...)
 Dessèchement des mains
 Perte de temps
 Manque de produit à disposition
 Difficulté de la technique
 Difficultés d'obtention du produit
 Autre
- Céphalées
 Irritations des voies respiratoires supérieures
 Irritations des yeux
 Vertiges
 Etat d'ébriété

Que pensez-vous de votre tolérance cutanée aux solutés hydro alcooliques ?

- Excellente Bonne Moyenne Mauvaise NSP

L'usage des solutés hydro alcooliques vous fait-il gagner du temps ?

- Oui Non

Que pensez-vous de l'utilisation des solutés hydro alcooliques ?

- Très simple Simple Compliquée Très compliquée NSP

Dans votre vie quotidienne, milieu professionnel ou privé, manipulez-vous ou êtes-vous en contact avec :

des solutions corrosives (solutions acides et/ou alcalines) :

- Très fréquemment Parfois Rarement Jamais

des solvants (white spirit, vernis...) ou des radicaux libres (eau oxygénée) :

- Très fréquemment Parfois Rarement Jamais

des températures excessives (chaud ou froid) :

- Très fréquemment Parfois Rarement Jamais

des pressions mécaniques :

- Très fréquemment Parfois Rarement Jamais



Questionnaire

- 0 1 2
3 4 5
6 7 8
9 10

Numéro d'anonymisation :

|__|__|__|__|__|
(ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__/__/20__/

OUI

NON

NE SAIT PAS

Autre

affection urinaire,
hémorragie,
douleurs :

- rachis
- appareil locomoteur,
- digestives,
- céphalées,
- autres

affection ostéo-articulaire,
tumeurs,
autres

Annexe 4:

Questionnaire Gestuelle dans l'étude

DEESSE



Numéro d'anonymisation :
|__|__|__|__|__|
(ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__ /__ /20__ /

ETUDE DE GESTUELLE DANS LA COHORTE DEESSE A L'HYGIENE DES MAINS

Temps 1 à 9, Evaluation annuelle post inclusion

INFORMATIONS GENERALES

Identification de l'agent :

Nom Prénom : _____

HYDRATATION CUTANEE

	Avant friction		Après friction	
	Paume	Dos	Paume	Dos
Hydratation cutanée (%)				
pH cutané				
Taux de sébum				

Conditions particulières de réalisation de la friction (acte précédant l'évaluation de mains) :



Numéro d'anonymisation :
 |__|__|__|__|__|
 (ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__ /__ /20__ /

FRICION C

Respect des préalables à l'utilisation des SHA

	oui	non	
Présence de bijoux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/__ /
Si oui :	<input type="checkbox"/> 1. alliance <input type="checkbox"/> 2. bague <input type="checkbox"/> 3. bracelet <input type="checkbox"/> 4. montre		/__ /
Ongles longs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/__ /
Ongles vernis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/__ /
Manches longues	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/__ /
Présence de lésions cutanées	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/__ /
Mains macroscopiquement sales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/__ /

Main dominante

La qualité de la friction est évaluée sur la main dominante.

Sujet 1. droitier 2. gaucher /__ /

Evaluation de la qualité de la friction

Temps de friction : 1. < 15 sec 2. 16-29 sec 3. ≥ 30 sec /__ /

Respect de la méthode de friction : 1. pas du tout 2. moyen 3. bon /__ /

Après friction, hachurer les zones non fluorescentes : (observation de la main dominante)



PAUME



Dos

% non marqué /__ /
PAUME

% non marqué /__ /
DOS

Annexe 5:

Questionnaire identification du personnel soignant



Questionnaire

0 1 2
3 4 5
6 7 8
9 10

Numéro d'anonymisation :

|__|__|__|__|__|
(ne pas remplir)

Date de l'enquête : /__ / __ /20__ /

Nom Usuel :

Prénom :

Nom de naissance :

Sexe : Masculin Féminin Inconnu

Date de naissance :

Adresse :

Ville :

Code Postal :

Lieu de travail :

Service :

Hôpital :

Poste de travail :

Adresse de messagerie :

Tél personnel :

Tél mobile :

Accepte de participer : oui Non
Pourquoi :

Remarques :

.....
.....
.....
.....

Nom de l'enquêteur :

Annexe 6:

Formulaire de consentement DEESSES

Prime

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Les détails concernant cette étude sont fournis dans la lettre d'information spécifique qui vous a été remis.

Lisez attentivement cette notice et posez toutes les questions qui vous sembleront utiles.

Si vous acceptez de participer à cette étude, veuillez compléter le formulaire ci-dessous.

Titre de l'étude :

DEESSES: Etude de faisabilité d'évaluation de l'exposition professionnelle à l'alcool éthylique contenue dans les solutés hydro-alcooliques utilisés dans le cadre de la lutte contre les infections nosocomiales.

Nom du Promoteur : CHU de Nancy

Adresse du promoteur :

29, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny – 54035 NANCY cedex

Je soussigné (e), M..... (*nom complet en lettres capitales*) déclare avoir compris le but et les modalités de cette étude, qui m'ont été pleinement expliqués par le Docteur Alexis HAUTEMANIERE.

J'ai reçu le formulaire d'information spécifique que j'ai eu la possibilité d'étudier avec attention.

Des réponses ont été apportées à toutes mes questions.

J'ai disposé d'un délai de réflexion avant de prendre ma décision.

Si j'accepte de participer à cette étude, ma participation sera enregistrée sur le fichier national des personnes se prêtant à des recherches biomédicales. J'aurai la possibilité de vérifier auprès du Dr Alexis HAUTEMANIERE, Service d'Hygiène Hospitalière, Hôpital d'adulte, CHU de Brabois, 9 allée du Morvan, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy (Téléphone : 03.83.15.39.70) ou du Ministère chargé de la santé l'exactitude des données me concernant dans le fichier et la destruction de ces données un an après la fin de mon engagement dans cette étude.

J'accepte de participer à cette recherche dans les conditions précisées dans le formulaire d'information ci-joint. Je demeure libre de quitter l'étude à tout moment. J'en informerai alors le Docteur Alexis HAUTEMANIERE.

J'ai été informé(e) que les prélèvements biologiques qui me seront fait, seront conservés pour d'éventuelles analyses ultérieures dans le cadre de cette même étude.

J'ai été informé(e) que conformément à la réglementation sur les études cliniques, le Comité de Protection des Personnes Est III a rendu un avis favorable pour la réalisation de cette étude en date du et l'AFSSAPS/DGS a donné son autorisation pour la réalisation de cette étude en date du

J'ai également été informé que conformément à la loi en vigueur, un contrat d'assurance a été souscrit par le promoteur de la recherche.

Toutes les données me concernant resteront confidentielles. Je n'autorise leur consultation que par les personnes qui collaborent à la recherche, aux personnes chargées par le promoteur de contrôler la qualité de l'étude ainsi que par un représentant des autorités de santé.

J'accepte que les données nécessaires à la recherche soient recueillies durant ma participation à l'étude et fassent l'objet d'un traitement informatisé autorisé par la Commission Nationale Informatique et Liberté.

J'ai bien noté qu'en application de la loi « Informatique et Libertés » du 6 janvier 1978 modifiée, je dispose d'un droit d'accès aux données me concernant ainsi qu'un droit de rectification. Je peux exercer ces droits à tout moment auprès du Dr. Alexis HAUTEMANIERE, Service d'Hygiène Hospitalière, Hôpital d'adulte, CHU de Brabois, 9 allée du Morvan, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy (Téléphone : 03.83.15.39.70).

Je donne mon consentement pour participer à cette recherche.

Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire au Dr. Alexis HAUTEMANIERE, N° de téléphone : 03.83.15.39.70.

Mon consentement ne décharge en rien l'investigateur et le promoteur de l'ensemble de leurs responsabilités et je conserve tous mes droits garantis par la loi.

A l'issue de la recherche, je serai informé(e) des résultats globaux de cette recherche.

A REMPLIR PAR L'AGENT
Date :
Signature de l'agent

A REMPLIR PAR L'INVESTIGATEUR	
Je soussigné Docteur Alexis HAUTEMANIERE confirme avoir pleinement expliqué à l'agent du CHU le but et les modalités de cette étude ainsi que ses risques potentiels. Je m'engage à faire respecter les termes de ce formulaire de consentement, conciliant le respect des droits et des libertés individuelles et les exigences d'un travail scientifique. N° de téléphone de l'investigateur : 03.83.15.39.70.	
Signature de l'investigateur :	Date :

Fait en trois exemplaires dont un sera conservé par l'investigateur, un autre remis à l'agent et un conservé par le promoteur.

Annexe 7:

Formulaire de consentement DEESSES

Seconde

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Les détails concernant cette étude sont fournis dans la lettre d'information spécifique qui vous a été remis.

Lisez attentivement cette notice et posez toutes les questions qui vous sembleront utiles.

Si vous acceptez de participer à cette étude, veuillez compléter le formulaire ci-dessous.

Titre de l'étude :

Projet DEESSES :
Etude des facteurs individuels et professionnels sur l'impact de l'éthanolémie et le fonctionnement des enzymes du stress oxydant chez le personnel soignant utilisant des solutés hydro-alcooliques

Nom du Promoteur : CHU de Nancy

Adresse du promoteur :

29, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny – 54035 NANCY cedex

Je soussigné (e), M..... (*nom complet en lettres capitales*) déclare avoir compris le but et les modalités de cette étude, qui m'ont été pleinement expliqués par le Docteur Alexis HAUTEMANIERE.

J'ai reçu le formulaire d'information spécifique que j'ai eu la possibilité d'étudier avec attention.

Des réponses ont été apportées à toutes mes questions.

J'ai disposé d'un délai de réflexion avant de prendre ma décision.

Si j'accepte de participer à cette étude, ma participation sera enregistrée sur le fichier national des personnes se prêtant à des recherches biomédicales. J'aurai la possibilité de vérifier auprès du Dr Alexis HAUTEMANIERE, Service d'Hygiène Hospitalière, Hôpital d'adulte, CHU de Brabois, 9 allée du Morvan, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy (Téléphone : 03.83.15.39.70) ou du Ministère chargé de la santé l'exactitude des données me concernant dans le fichier et la destruction de ces données un an après la fin de mon engagement dans cette étude.

J'accepte de participer à cette recherche dans les conditions précisées dans le formulaire d'information ci-joint. Je demeure libre de quitter l'étude à tout moment. J'en informerai alors le Docteur Alexis HAUTEMANIERE.

J'ai été informé(e) que les prélèvements biologiques qui me seront fait, seront conservés pour d'éventuelles analyses ultérieures dans le cadre de cette même étude.

J'ai été informé(e) par le port d'un appareil de prélèvement d'air durant ma journée de travail, afin d'évaluer l'exposition respiratoire aux solutions hydro-alcooliques.

J'ai été informé(e) que conformément à la réglementation sur les études cliniques, le Comité de Protection des Personnes Est III a rendu un avis favorable pour la réalisation de cette étude en date du et l'AFSSAPS/DGS a donné son autorisation pour la réalisation de cette étude en date du

J'ai également été informé que conformément à la loi en vigueur, un contrat d'assurance a été souscrit par le promoteur de la recherche.

Toutes les données me concernant resteront confidentielles. Je n'autorise leur consultation que par les personnes qui collaborent à la recherche, aux personnes chargées par le promoteur de contrôler la qualité de l'étude ainsi que par un représentant des autorités de santé.

J'accepte que les données nécessaires à la recherche soient recueillies durant ma participation à l'étude et fassent l'objet d'un traitement informatisé autorisé par la Commission Nationale Informatique et Liberté.

J'ai bien noté qu'en application de la loi « Informatique et Libertés » du 6 janvier 1978 modifiée, je dispose d'un droit d'accès aux données me concernant ainsi qu'un droit de rectification. Je peux exercer ces droits à tout moment auprès du Dr. Alexis HAUTEMANIERE, Service d'Hygiène Hospitalière, Hôpital d'adulte, CHU de Brabois, 9 allée du Morvan, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy (Téléphone : 03.83.15.39.70).

Je donne mon consentement pour participer à cette recherche.

Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire au Dr. Alexis HAUTEMANIERE, N° de téléphone : 03.83.15.39.70.

Mon consentement ne décharge en rien l'investigateur et le promoteur de l'ensemble de leurs responsabilités et je conserve tous mes droits garantis par la loi.

A l'issue de la recherche, je serai informé(e) des résultats globaux de cette recherche.

A REMPLIR PAR L'AGENT	
Date :	
Signature de l'agent	

A REMPLIR PAR L'INVESTIGATEUR	
Je soussigné Docteur Alexis HAUTEMANIERE confirme avoir pleinement expliqué au patient le but et les modalités de cette étude ainsi que ses risques potentiels. Je m'engage à faire respecter les termes de ce formulaire de consentement, conciliant le respect des droits et des libertés individuelles et les exigences d'un travail scientifique.	
N° de téléphone de l'investigateur : 03.83.15.39.70.	
Signature de l'investigateur :	Date :

Fait en deux exemplaires dont un sera conservé par l'investigateur et un autre remis à l'agent.