

***MOTILIS –N° EST-2011/1/069***  
***Rapport Final***

**Projet financé dans le cadre du PNR EST**  
**Programme national de recherche Environnement-Santé Travail**

**Titre du projet: Modélisation de l'Organisation du Travail et de son Impact sur les infections Liées aux Soins (MOTILIS)**

**Période concernée:        du 7/12/2011        au 7/12/2014**

**Nom, titre et organisme du responsable scientifique:**  
**Laura TEMIME, Conservatoire national des Arts et Métiers, Paris**

# 1. RESUME

## 1.1 Synthèse publiable du rapport final

### *Contexte et objectifs du projet*

En milieu hospitalier, plusieurs études suggèrent que les facteurs organisationnels peuvent avoir un impact important sur le risque nosocomial. En particulier, la manière dont leur travail est organisé (travail en shifts, jours de repos) affecte les soignants au travers de différentes variables psychosociales et physiologiques – stress, fatigue –, ce qui peut se répercuter sur la survenue de comportements à risque favorisant la transmission de pathogènes : baisse de la compliance aux mesures de contrôle comme l'hygiène de mains, accidents d'exposition au sang, erreurs médicales, etc.

Dans ce cadre, le projet MOTILIS (Modélisation de l'Organisation du Travail et de son Impact sur les infections Liées aux Soins) visait à mettre en place une recherche méthodologique basée sur la modélisation et s'appuyant sur des données recueillies en milieu hospitalier. L'objectif principal était de développer une nouvelle approche, permettant de lier quantitativement deux phénomènes rarement analysés conjointement alors qu'ils sont étroitement imbriqués dans la réalité : les conditions de travail des personnels hospitaliers et les infections associées aux soins.

Ce projet a été réalisé par le laboratoire « Modélisation, Epidémiologie et Surveillance des Risques Sanitaires » (MESuRS) du Conservatoire national des Arts et Métiers, avec le soutien de l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris (AP-HP).

### *Travaux réalisés et principaux résultats obtenus*

Le projet a démarré début 2012. La première année a principalement été consacrée à un travail de modélisation mathématique permettant d'explorer l'impact de différentes organisations du travail sur la circulation de pathogènes bactériens en milieu hospitalier. Pour cela, trois outils ont été couplés :

- un logiciel de génération d'emplois du temps,
- un modèle validé permettant d'estimer le niveau de fatigue et le risque d'accidents associé à un emploi du temps, et
- un modèle individu-centré de la circulation de pathogènes dans un service hospitalier.

A l'aide du modèle global obtenu, l'impact de différentes caractéristiques des emplois du temps infirmiers sur le risque nosocomial a été exploré. Les résultats de ce travail de modélisation suggèrent que les facteurs favorisant le risque nosocomial sont l'organisation en 2 shifts de 12 heures du travail infirmier (par opposition à l'organisation en 3-8), les durées de travail hebdomadaire élevées, les longs blocs de travail consécutifs et les jours de repos isolés.

Entre janvier et avril 2013, une enquête de terrain épidémiologique transversale a été réalisée au sein de 31 des 35 services de réanimation de l'AP-HP. Lors de cette enquête, un questionnaire « chapeau » a été complété par chaque service, et un questionnaire individuel incluant des mesures validées de la fatigue et du stress a été administré à 682 soignants.

Le reste de l'année 2013 a été consacré à l'analyse des données recueillies. Les principales conclusions sont les suivantes :

- au niveau individuel démographique, le sexe féminin est associé à une augmentation du niveau de stress et de la fatigue du personnel ;
- un bon niveau de soutien des collègues et des supérieurs (mesuré par l'échelle de Karasek) protège contre le stress et la fatigue ;
- au niveau organisationnel, le personnel paramédical travaillant dans des services où leur travail est organisé en 2 shifts de 12 heures (par opposition à l'organisation en 3-8) se déclarent plus fatigués et rapportent d'avantage de difficultés de sommeil ; et une affectation tournante des horaires de travail est associée à moins de stress et moins de fatigue que des horaires fixes, notamment chez le personnel travaillant

exclusivement de nuit qui est le plus touché par les difficultés de sommeil et le manque d'énergie.

La 3<sup>ème</sup> et dernière année du projet (2014) a eu un triple objectif :

- d'une part, réaliser à partir du travail de modélisation effectué une analyse coût-bénéfice permettant de comparer différentes stratégies d'organisation du travail en réanimation ; les résultats de cette analyse suggèrent qu'à 35H de travail hebdomadaire, organiser les services en 3 shifts de 8h serait plus coût-efficace que l'organisation en 2 shifts de 12h qui est actuellement majoritaire en réanimation ;
- d'autre part, développer (à partir de l'analyse des données épidémiologiques) un outil pratique à destination des professionnels de terrain permettant de comparer simplement des emplois du temps infirmiers du point de vue de leur impact en termes de fatigue ;
- et enfin, initier des analyses statistiques plus sophistiquées à partir des données recueillies dans l'enquête de terrain, qui ouvrent la voie à de futurs projets.

### *Impact potentiel*

Le modèle mathématique développé constitue un outil technologique utilisable afin d'évaluer l'impact sur le risque nosocomial de l'organisation du travail dans un service hospitalier. Ce modèle a été construit de manière à le rendre le plus flexible et paramétrable possible, ce qui lui permettra d'être réutilisable au-delà de ce projet de recherche.

Par ailleurs, à notre connaissance, aucune étude n'avait à ce jour exploré le lien entre l'incidence des infections liées aux soins et la manière dont le travail des soignants est organisé en milieu hospitalier. Le projet MOTILIS a permis cette exploration par la combinaison innovante de deux approches :

- le recueil de données réalisé en 2013 a fourni une évaluation objective de l'impact physiologique et psychologique de différentes organisations du travail en milieu hospitalier ;
- la modélisation nous a permis d'améliorer notre compréhension des mécanismes aboutissant à la survenue d'infections liées aux soins, via l'investigation d'une large gamme de scénarios et d'hypothèses.

Enfin, ce projet, qui permet de déterminer des stratégies optimales de contrôle du risque nosocomial via l'organisation du travail des soignants, et inclut une analyse coût-bénéfice permettant de prendre en compte les coûts engendrés pour l'hôpital, a des retombées économiques et de santé publique potentiellement importantes.

## **1.2 Résumé du projet**

Les facteurs organisationnels jouent un rôle important dans le contrôle du risque nosocomial. En effet, premièrement, l'organisation d'un service hospitalier (ratio personnel/patients, répartition des lits, affectation des soignants) a un impact direct sur la probabilité de circulation de pathogènes en son sein. Deuxièmement, la manière dont leur travail est organisé (travail en shifts, jours de repos...) affecte les soignants au travers de différentes variables psychosociales et physiologiques -stress, fatigue-, ce qui peut se répercuter sur la survenue de comportements à risque favorisant la transmission de pathogènes : baisse de la compliance aux mesures de contrôle comme l'hygiène de mains, accidents d'exposition au sang, etc.

Dans ce contexte, le projet MOTILIS (Modélisation de l'Organisation du Travail et de son Impact sur les infections Liées aux Soins) avait pour objectif **d'étudier la relation entre l'organisation du travail en milieu hospitalier et le risque d'infections liées aux soins et de déterminer les stratégies organisationnelles optimales pour la maîtrise de ce risque, en tenant compte des aspects économiques et psychosociaux.**

Pour cela, le projet s'est appuyé sur la combinaison d'une approche de modélisation mathématique et d'un recueil de données épidémiologiques en milieu hospitalier.

Le recueil de données a été effectué entre janvier et avril 2013 dans 31 services de réanimation adulte de l'AP-HP, auprès de 682 aides-soignants, infirmiers et médecins. Il a permis d'identifier les principaux facteurs tant individuels qu'organisationnels favorisant un niveau de stress et de fatigue élevé chez le personnel.

Le travail de modélisation a consisté à développer un modèle individu-centré de la circulation de pathogènes bactériens dans un service hospitalier, NosoLink et à le coupler à un modèle validé, le « Fatigue and Risk Index », qui prédit le niveau de fatigue et le risque associés à un emploi du temps individuel. A l'aide du modèle développé, différents plannings pour le personnel d'un service ont été comparés, mettant en évidence une augmentation du risque nosocomial avec la durée hebdomadaire travaillée, et avec la durée des shifts effectués (de 8 à 12h).

Enfin, une analyse coût-efficacité a permis d'évaluer différentes organisations du travail en réanimation par référence à l'organisation la plus fréquente actuellement en France (35H/semaine, 2 shifts de 12H), et a mis en évidence que d'autres organisations pourraient s'avérer plus coût-efficaces, soit parce que nettement moins coûteuses, soit parce meilleures du point de vue de la santé des patients.

## **2. OBJECTIFS INITIAUX DU PROJET DE RECHERCHE**

Nous nous étions fixés les objectifs suivants pour les 3 axes du projet MOTILIS :

- **Axe 1 : Modèle de la diffusion de pathogènes nosocomiaux à l'hôpital en fonction de l'organisation du travail des soignants**

Il était prévu de développer un modèle de survenue des comportements à risque chez les soignants en fonction de l'organisation de leur travail et du niveau de stress et de fatigue engendrés, et de le coupler à un modèle individu-centré de la circulation de pathogènes en milieu hospitalier.

- **Axe 2 : Recueil et analyse de données en milieu hospitalier**

Il était prévu d'effectuer un recueil de données auprès des personnels des services de réanimation médicale et chirurgicale (hors réanimations pédiatriques) de l'AP-HP, afin d'évaluer leur niveau de stress et de fatigue en fonction d'un certain nombre de facteurs.

- **Axe 3 : Evaluation de différentes organisations du travail prenant en compte les facteurs économiques et sociaux**

Il était prévu d'estimer les coûts associés à différentes organisations du travail des soignants et les coûts des infections associées aux soins, et de s'appuyer sur ces estimations pour réaliser une analyse coût-efficacité comparant différentes organisations du travail.

## **3. TRAVAUX ET REALISATIONS DU PROJET**

### **3.1 Axe 1 : Modèle de la diffusion de pathogènes nosocomiaux à l'hôpital en fonction de l'organisation du travail des soignants**

Nous avons développé une approche en deux étapes permettant de modéliser la diffusion de pathogènes nosocomiaux dans un service hospitalier en fonction de l'organisation du travail des soignants.

La première étape permet le calcul du risque d'erreur (oubli d'hygiène de mains ou de port de gants par exemple) induit par la fatigue chez des soignants, en fonction de leur emploi du temps. Elle est basée sur un modèle validé, le « Fatigue and Risk Index ».

La deuxième étape consiste à introduire cette valeur prédite du risque comme multiplicateur de la probabilité de transmission de pathogènes dans un modèle individu-centré développé spécifiquement pour le projet MOTILIS. Ce modèle prédit la circulation de bactéries nosocomiales via les contacts entre patients et soignants dans un service de réanimation.

### ***Etape 1 : modélisation des comportements à risque induits par la fatigue en fonction de l'emploi du temps des soignants***

Nous avons effectué une revue de la littérature afin de faire le point sur les différents modèles de fatigue et de risque envisageables pour ce projet. Nous avons identifié trois grands types de modèles :

- Le premier groupe de modèles est celui des modèles dits « physiologiques », dont l'objectif principal est de mieux comprendre les mécanismes cellulaires et moléculaires de la fatigue (Phillips and Robinson 2007). Ils relèvent du domaine de la biologie des systèmes.
- Le deuxième groupe de modèles est celui des modèles dits « phénoménologiques » (Dawson, Ian Noy et al. 2011). Ces modèles, qui relèvent du domaine de l'ergonomie, sont tous apparentés au modèle à deux processus développé par Borbély au début des années 80, qui décrit la survenue de la fatigue au travers de deux processus : le rythme circadien et l'homéostasie. Ils permettent de prédire un niveau de fatigue sur des échelles validées.
- Le troisième groupe de modèle est celui des modèles dits « statistiques », qui utilisent des données observées en conditions réelles pour estimer des niveaux de fatigue sans formellement modéliser les phénomènes en jeu.

A l'issue de cette revue de la littérature, nous avons choisi d'utiliser pour ce projet le « Fatigue and Risk Index » (FRI), qui est un modèle statistique (Folkard and Robertson 2007). Ce modèle a été développé en 2006 par l'entreprise britannique QinetiQ, sur commande du HSE (Health and Safety Executive), dans l'objectif de répondre au besoin des industriels d'évaluer les emplois du temps qu'ils proposaient à leurs employés. Il fournit deux indices avec une valeur par séquence travaillée dans l'emploi du temps : une probabilité de dépasser un niveau élevé de fatigue et un risque relatif d'incident (« risk index »), par comparaison avec une semaine de travail classique.

Ces deux indices sont estimés à partir de données de laboratoire, de données de terrain et d'études publiées, notamment sur les incidents rapportés dans l'industrie. Ils incluent trois composantes : une composante cumulative qui reflète la composition des emplois du temps (par exemple, nombre de nuits travaillées successives) ; une composante horaire qui tient compte de l'heure de début et de fin de la séquence travaillée ; et une composante associée au type de tâches effectuées et aux pauses qui dépend du niveau d'attention nécessaire pour effectuer ces tâches et de leur durée.

Ce travail a été réalisé en collaboration avec Simon Folkard, l'un des auteurs du FRI, qui est actuellement chercheur invité à l'université Paris 5.

### ***Etape 2 : modélisation de la circulation de pathogènes bactériens dans un service hospitalier***

Le laboratoire MESuRS avait déjà validé et publié un modèle individu-centré de la circulation de pathogènes bactériens dans un service hospitalier, NosoSim (Temime, Opatowski et al. 2009).

Pour le projet MOTILIS, nous avons développé un nouveau modèle, NosoLink, plus flexible et simple d'utilisation, permettant notamment de prendre en compte de manière simple des emplois du temps variables pour le personnel soignant (Ferrer, Salmon et al. 2013). NosoLink s'appuie sur NosoSim.

#### Modélisation du service hospitalier

NosoLink reproduit l'admission et la sortie des patients dans un service de réanimation de 12 lits divisé en deux secteurs de 6 lits. La durée de séjour des patients est tirée au sort suivant une loi Gamma de moyenne 9.7 jours.

Deux catégories de soignants sont modélisées : des infirmières et des médecins. Pour chaque soignant, NosoLink simule un emploi du temps et un planning de visites de patients. Les infirmières peuvent travailler soit aux 2-12 (2 shifts de 12.5 heures), soit aux 3-8 (2 shifts

de jour de 7.5 heures, 1 shift de nuit de 10 heures), tandis que les médecins sont supposés travailler aux 2-12. Les horaires des infirmières prévoient un temps de transmission d'informations à chaque changement d'équipe.

Les visites des médecins sont effectuées en équipes de deux (un sénior et un junior) ; chaque patient reçoit 1 visite de 15 minutes d'un binôme de médecins par jour, et 1 par nuit. Pendant la journée, il y a un binôme de médecins par secteur du service, qui a donc 6 visites à effectuer. Pendant la nuit, il n'y a qu'un seul binôme de médecins pour tout le service, qui a donc 12 visites à effectuer. Les horaires des visites sont répartis sur les 24 heures, et les patients sont visités dans un ordre aléatoire.

Les infirmières sont amenées à entrer en contact avec des patients à deux types d'occasions :

- des visites « planifiées » de 30 minutes, au cours desquelles sont effectués les soins prévus pour les patients ; et
- des visites « d'urgence » de 10 minutes.

Au début de chaque période travaillée, on attribue à chaque infirmière un demi-secteur (de 3 lits), dont elle va visiter tous les patients au cours des visites planifiées. 3 séries de visites planifiées sont organisées pendant les shifts de 12 heures (2 pendant les shifts de 8 heures). Au total, chaque patient reçoit 6 visites planifiées d'infirmières en 2 heures. De plus, 36 visites d'urgence sont simulées dans chacun des secteurs du service. Pour ces visites d'urgence, l'horaire est tiré au sort en dehors des visites planifiées, et le couple « patient-infirmière » est choisi au hasard au sein du secteur. En moyenne, il y a 6 visites d'urgence par patient en 24 heures.

#### Modélisation de la circulation de pathogènes

NosoLink permet de simuler la circulation d'un pathogène bactérien au sein du service de réanimation, via son introduction dans le service par l'admission de patients colonisés et sa transmission au cours des contacts patients-soignants. Nous avons fait l'hypothèse que les patients, assignés à leurs chambres individuelles, n'avaient aucun contact les uns avec les autres, et qu'aucune transmission entre soignants n'était possible.

Les patients colonisés le restent jusqu'à leur départ du service de réanimation. A l'inverse, la colonisation des soignants est principalement transitoire (manu-portage), bien que 10% des soignants restent colonisés pendant des durées plus longues (>12 heures). Ceci a été modélisé en tirant au sort la durée de portage des soignants suivant une loi exponentielle de moyenne 0.4 jours.

La probabilité de transmission du pathogène au cours d'une visite patient-soignant dépend du profil du soignant concerné (infirmière ou médecin) et du type de visite (planifiée ou d'urgence), et est proportionnelle à la durée de la visite. Elle est calculée comme le produit d'un taux de transmission par unité de temps par la durée de la visite et par des multiplicateurs de risque associés au profil du soignant et au type de visite. C'est aussi à ce stade que l'on peut prendre en compte le niveau de fatigue du soignant : l'indice de risque calculé par le FRI est également employé comme facteur multiplicateur de cette probabilité.

En l'absence de données plus précises, les risques de transmissions sont supposés symétriques du patient vers le soignant et du soignant vers le patient.

Soignant	Type de visite	Durée de la visite	Niveau de risque des contacts	Risque de transmission par visite
<b>Médecin</b>	Planifiée	15 minutes	1	10.2%
<b>Infirmière</b>	Planifiée	30 minutes	1.5	30.6%
<b>Infirmière</b>	Urgence	10 minutes	1.5	15.3%

Table 1 : Risque de transmission d'entérocoques résistants à la vancomycine (ERV) au cours de différents types de contacts soignants-patients

Dans la Table 1, les probabilités de transmission résultantes sont données pour un pathogène similaire à un entérocoque résistant à la vancomycine (ERV). A partir d'une revue

de la littérature, nous avons estimé le taux de transmission par contact de l'ERV dans un service hospitalier entre 6 et 40% ; dans cette étude, nous avons choisi un taux de transmission de 0.0459/minute ; cette valeur reflète l'usage de mesures de contrôle des infections à l'hôpital (Austin, Bonten et al. 1999).

### **3.2 Axe 2 : Recueil et analyse de données en milieu hospitalier**

Dans le cadre du projet MOTILIS, une enquête transversale a été mise en place entre janvier et avril 2013 au sein des services de réanimation adulte de l'AP-HP, afin d'évaluer le niveau de stress et de fatigue du personnel en fonction d'un certain nombre de facteurs (Jones, Hocine et al. 2014).

#### ***Mise en place de l'étude***

Afin de préparer ce recueil de données, nous avons organisé plusieurs réunions avec des représentants de la Direction de la Politique Médicale de l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris (AP-HP), du département Urgences-Réanimations et de la Direction des Soins et des Activités Paramédicales. Sur la base de ces réunions et des informations administratives (nombre de lits, nombre de soignants affectés par catégorie, etc.) qu'ils nous ont fournies, nous avons fixé un plan d'échantillonnage et établi le questionnaire.

Les questionnaires ont été présentés au CHSCT central de l'AP-HP le 18 septembre 2012. Après discussion avec les partenaires présents à cette session, ils ont été validés. L'enquête pilote, permettant de tester les questionnaires en conditions réelles, a eu lieu le lundi 10 décembre 2012 au sein de l'hôpital Henri-Mondor à Créteil (dirigé par le Pr. Brun-Buisson).

#### ***Questionnaires***

Nous avons construit un questionnaire individuel qui a ensuite été administré directement dans les services par une unique enquêtrice formée, Gabrielle Jones. Ce questionnaire inclut une mesure du niveau de stress des soignants interrogés par une échelle validée en français, le PSS-10, ainsi qu'une mesure de leur niveau de fatigue par une autre échelle validée issue du Nottingham Health Profile (version française).

Le questionnaire, anonyme, inclut également des questions permettant de reconstruire l'historique récent de présence au travail du répondant (heure d'arrivée à son poste, présence aux cours des 3 jours précédents), ainsi que des variables descriptives (jour et heure de remplissage du questionnaire, sexe et âge du répondant, situation familiale, temps de trajet, nombre d'enfants en bas âge, ancienneté à ce poste, affectation fixe à un shift ou rotation entre shifts...). Il comprend 21 questions (soit au total une cinquantaine de sous-questions), et peut être renseigné en une dizaine de minutes.

Un questionnaire « chapeau » permettant de recueillir des informations générales sur le service visité (taille du service, effectif du personnel, organisation horaire...) a également été développé et complété pour chaque service par notre enquêtrice suite à ses visites.

#### ***Plan d'échantillonnage***

Nous avons choisi de solliciter l'intégralité des 35 services de réanimation médicale et chirurgicale (hors réanimations pédiatriques) de l'AP-HP.

Les visites de notre enquêtrice ont été réalisées suivant le plan suivant :

- Un jour de visite dans la période d'enquête (mi-janvier à début avril 2013) a été tiré au sort pour chaque service ;
- Pour les services organisés aux 2-12, l'enquêtrice a effectué deux sessions d'enquête à la date sélectionnée : une session de jour, démarrant à un horaire tiré au sort pendant la journée ; et une session de nuit, démarrant à un horaire tiré au sort pendant la nuit ;
- Pour les services organisés aux 3-8, l'enquêtrice a de même effectué trois sessions d'enquête à la date sélectionnée, les trois horaires de début étant tirés au sort ;

- Lors de chaque session, l'enquêtrice a proposé le questionnaire à l'intégralité des soignants présents au moment de la visite (sauf ceux déjà interrogés lors de visites antérieures).

### ***Réalisation de l'enquête***

Le recueil de données a eu lieu entre le 18 janvier et le 2 avril 2013. Sur les 35 services sollicités, 31 ont accepté de participer à l'étude (89%). Les services participants incluaient 10 réanimations médicales, 12 réanimations chirurgicales et 9 réanimations polyvalentes. Le travail du personnel paramédical y était organisé en 3 shifts de 8 heures (3-8) dans 5 services, et en 2 shifts de 12 heures (2-12) dans les 26 autres, avec pour la moitié des services une affectation horaire fixe (jour, nuit ou garde) et pour l'autre moitié une affectation tournante.

Le taux de réponse au questionnaire individuel s'est avéré très satisfaisant, avec 682 questionnaires complétés pour 852 individus auxquels il a été proposé (80%). Les répondants étaient majoritairement des femmes (69%), avec un âge moyen de 33 ans ; les infirmiers (49%) et aides-soignants (31%) représentaient la majorité des personnes interrogées, le reste se répartissant entre médecins et internes (17%) et les autres professions présentes au moment des visites, principalement des kinésithérapeutes (3%).

### ***Résultats de l'analyse des données recueillies***

Le niveau de stress mesuré par le PSS10 était distribué normalement, avec un score moyen de 14.3 sur 40 (écart-type 6.9), ce qui est cohérent avec la littérature en milieu hospitalier. Les scores de sommeil et d'énergie mesurés par le NHP étaient très asymétriques, avec respectivement 58% et 42% des participants qui ne déclaraient aucune difficulté de sommeil ou d'énergie. Enfin, l'état de fatigue ressenti au moment de l'entretien différait entre les professions, avec 63% des médecins qui se déclaraient fatigués contre 49% des infirmiers et aides-soignants et 39% des kinésithérapeutes.

L'impact des différents facteurs individuels et organisationnels sur le stress et la fatigue du personnel a été analysé à l'aide d'analyses multivariées.

Les facteurs individuels associés au stress étaient le fait d'être une femme, de travailler à plein temps, d'être fréquemment amené à renoncer à une pause ou à effectuer des tâches en-dehors du service, et un bon soutien des supérieurs (mesuré par le questionnaire de Karasek). Au niveau organisationnel, l'affectation fixe des horaires de travail (jour ou nuit) conduisait à un niveau de stress plus élevé chez le personnel. Les personnes au travail depuis 3 à 5h au moment de l'entretien étaient globalement moins stressées que celles au travail depuis moins de 3h ou plus de 5h.

Les principaux facteurs individuels associés à un niveau de fatigue élevé au moment de l'entretien, à des difficultés de sommeil ou à un manque d'énergie étaient le fait d'être une femme, d'avoir des enfants, d'avoir travaillé au cours des jours précédant l'entretien, et un mauvais soutien des collègues (mesuré par le questionnaire de Karasek). Au niveau organisationnel, l'affectation fixe des horaires de travail (jour ou nuit) conduisait à un niveau de fatigue plus élevé chez le personnel, de même que les organisations en 2x12, des ratios patients-par-infirmière élevés la nuit, le recours fréquent au personnel d'intérim. Les personnes au travail depuis 3 à 5h au moment de l'entretien étaient globalement moins fatiguées que celles au travail depuis moins de 3h ou plus de 5h. Le niveau global de fatigue était également moins élevé dans les services de taille moyenne (11 à 20 lits) que dans les petits et grands services.

## **3.3 Axe 3 : Evaluation de différentes organisations du travail prenant en compte les facteurs économiques et sociaux**

### ***Comparaison des organisations du travail du point de vue du risque nosocomial***

A l'aide du modèle développé dans l'Axe 1, nous avons exploré l'impact de différentes caractéristiques des emplois du temps du personnel infirmier sur la transmission de bactéries type ERV au sein d'un service de réanimation (Salmon et al., 2014, *soumis*).

A cette fin, nous avons utilisé un logiciel de génération d'emploi du temps, SPA (développé par la société Ximes). A l'aide de ce logiciel, nous avons généré une large gamme d'emplois du temps pour les infirmières du service de réanimation simulé par notre modèle, en faisant varier plusieurs caractéristiques : organisation en shifts (3-8 ou 2-12), durée hebdomadaire de travail (35H ou 43H), méthode d'allocation des shifts (fixe ou tournante), durée des blocs de travail (jours consécutifs travaillés) et des blocs de repos (jours consécutifs chômés).

Au total, nous avons exploré 322 emplois du temps différents ; pour chacun, nous avons prédit à l'aide du modèle la prévalence endémique de colonisation à entérocoques résistants à la vancomycine (ERV) chez les patients du service.

Une analyse multi-variée de cette prévalence en fonction des différentes caractéristiques explorées des emplois du temps a permis d'arriver aux conclusions suivantes.

Tout d'abord, le type d'organisation en shifts a un impact significatif, la prévalence étant plus élevée dans les services organisés aux 2-12 que dans ceux organisés aux 3-8 (Figure 1).

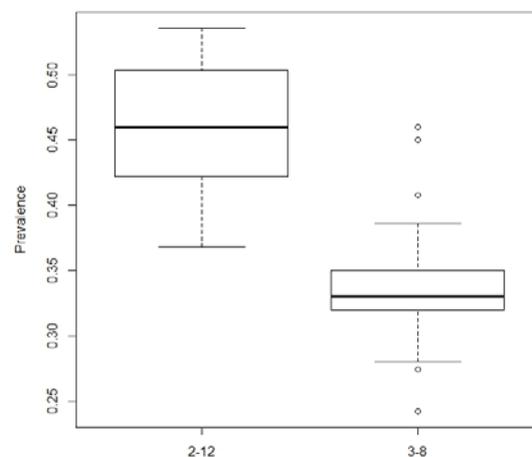


Figure 1 : Prévalence de la colonisation à ERV prédite chez les patients du service de réanimation simulé en fonction du type d'organisation du travail infirmier : aux 2-12 ou aux 3-8

Ensuite, les variables qui jouent un rôle prépondérant pour expliquer le niveau de portage d'ERV sont :

- la durée hebdomadaire de travail (plus elle augmente, plus la prévalence est élevée)
- la durée moyenne des blocs de travail (plus elle augmente, plus la prévalence est élevée)
- la durée minimale des blocs de repos (plus elle augmente, plus la prévalence diminue) ; ceci souligne en particulier le risque important associé avec la prise de jours de repos isolés, qui ne permettent pas au soignant de récupérer suffisamment.

### **Prise en compte des facteurs économiques : analyse coût-bénéfice**

Cet aspect a donné lieu à un travail de stage de Master 2 réalisé au printemps 2014 par Azoukalné Moukenet. Dans ce travail, plusieurs organisations du travail infirmier en réanimation (3-8 35H, 3-8 43H, 2-12 35H, 2-12 43H) ont été comparées en prenant en compte à la fois leur impact en termes d'infections liées aux soins et leur coût pour l'hôpital.

En ce qui concerne l'impact sur les infections, les résultats précédemment obtenus à l'aide du travail de modélisation mathématique sur le portage d'entérocoques résistants à la vancomycine (ERV) ont été utilisés pour estimer le nombre de bactériémies à ERV attendues pour chaque type d'organisation, et le nombre de décès associé.

En ce qui concerne les coûts, le coût total par patient a été estimé pour chaque type d'organisation comme la somme des charges en personnel spécifique à cette organisation (coût des infirmiers) et du coût des infections associées aux ERV, rapportée au nombre de patients du service de réanimation. Les coûts des infirmiers se composaient du salaire, des

primes, du paiement des heures supplémentaires et des charges patronales. Plusieurs hypothèses différentes ont été testées, notamment concernant :

- le mode de calcul du salaire : mensuel fixe ou horaire fixe (dans ce dernier cas, faire travailler les infirmiers 43H/semaine coûte plus cher par infirmier)
- la durée de passation nécessaire entre deux shifts : fixe quelle que soit l'organisation horaire (dans ce cas, les organisations aux 3-8 coûtent plus cher) ou plus courte aux 3-8 qu'aux 2-12

De manière générale, par rapport à l'organisation de référence en réanimation en France qui est aujourd'hui l'organisation en 2 shifts de 12 heures, à 35H /semaine, l'analyse des scénarios de base a montré que les organisations aux 2x12 à 43h et aux 3x8 à 35h sont plus coût-efficaces. L'organisation aux 2x12 à 43h pourrait permettre de réaliser des gains considérables en termes de coût en personnel, tandis que celle aux 3x8 à 35h permettrait de diminuer le nombre d'infections, avec un gain d'espérance de vie d'un mois par patient.

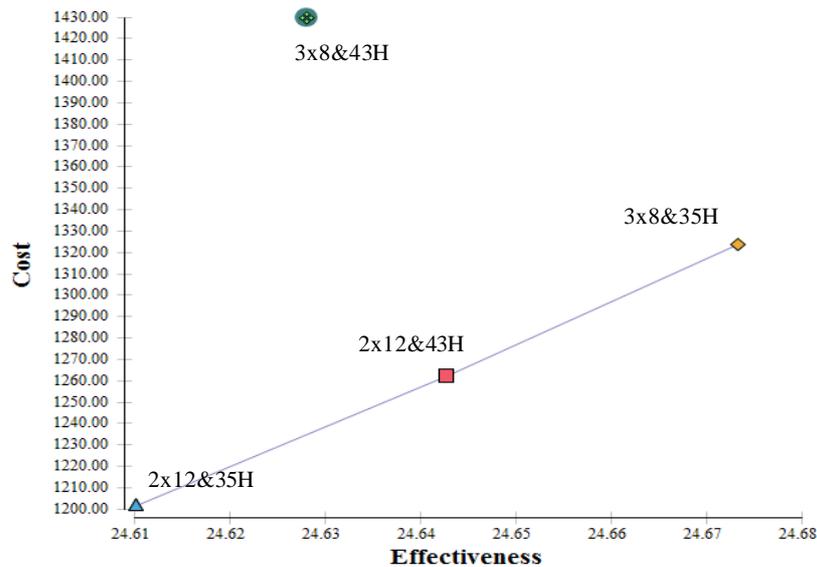


Figure 2: Analyse coût-efficacité. Comparaison de 4 organisations du travail.

A titre d'illustration, la figure 2 permet de comparer les 4 organisations du travail évaluées du point de vue de leur coût et de leur efficacité (en termes d'espérance de vie des patients à l'entrée dans le service), dans l'hypothèse d'un salaire horaire fixe et d'une durée de passation entre chaque shift égale pour toutes les organisations horaires.

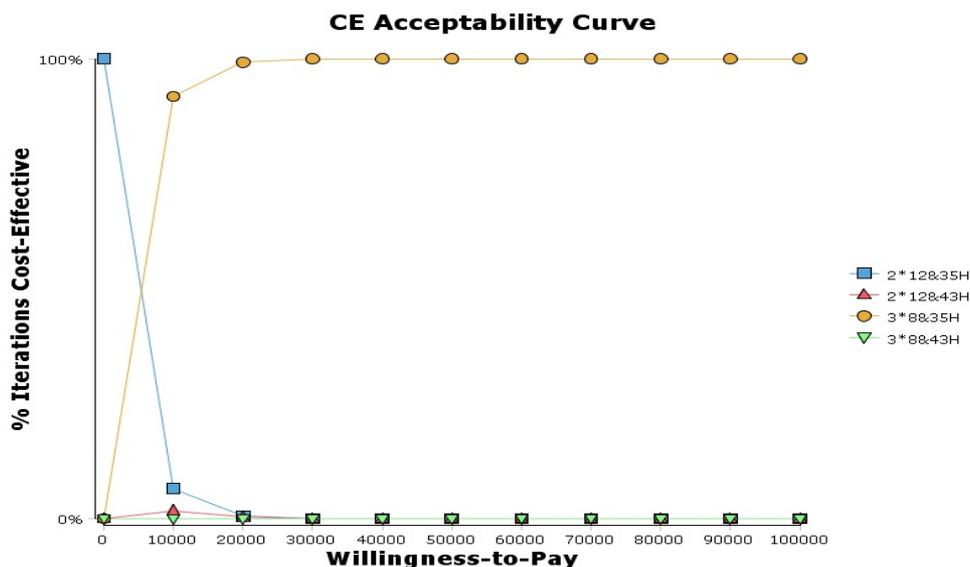


Figure 3: Analyse coût-efficacité. Courbe d'acceptabilité pour les 4 stratégies évaluées.

Enfin, des analyses de sensibilité univariée et multivariée ont été réalisées, afin de prendre en compte l'incertitude sur les prédictions du modèle et d'évaluer l'impact de chaque donnée d'entrée. La figure 3 présente la probabilité que chaque organisation soit la meilleure en termes de rapport coût-efficacité en fonction de la somme que l'hôpital est prêt à payer pour gagner une année de vie patient (courbe d'acceptabilité).

### 3.4 Tableau de suivi de réalisation des tâches et d'utilisation des ressources

Axe du projet / Tâches prévues	Etat d'avancement	Principales réalisations
<b>Axe 1 - Modèle</b>		
Développement du modèle mathématique	<i>Réalisée</i>	Publication dans <i>Procedia Computer Science</i>
Choix des paramètres du modèle et calibration	<i>Réalisée</i>	A partir de la littérature et des données recueillies
<b>Axe 2 – Recueil et analyse des données</b>		
Construction du questionnaire, protocole de l'enquête	<i>Réalisée</i>	-
Réalisation de l'enquête	<i>Réalisée</i>	Enquête transversale réalisée dans 31 services entre janvier et avril 2013
Mise en place et nettoyage de la base de données	<i>Réalisée</i>	-
Analyse des données	<i>Réalisée</i>	Publication dans <i>International Journal of Nursing Studies</i>
<b>Axe 3 – Evaluation de différentes organisations du travail</b>		
Comparaison de différentes organisations à l'aide du modèle	<i>Réalisée</i>	Mémoire de mastère spécialisé de M. Salmon. Article soumis.
Analyse coût-bénéfice	<i>Réalisée</i>	Mémoire de master d'A. Moukenet. Article en cours de rédaction.

### 3.5 Liste du personnel financé par ou ayant contribué au projet

Le projet MOTILIS, d'une durée initialement prévue de 24 mois, a été prolongé de 10 mois afin de permettre, d'une part, de réaliser l'analyse coût-efficacité planifiée (avenant n°1 du 24/10/2013), et d'autre part, de payer jusqu'à la fin de leur stage deux stagiaires accueillis au 1er semestre 2014 (avenant n°2 du 21/05/2014). La durée totale des travaux était donc de 34 mois, du 07/12/2011 au 07/10/2014. Dans le tableau suivant qui liste le personnel ayant contribué au projet, le temps consacré à MOTILIS est indiqué à la fois en mois de participation et en pourcentage moyen du temps de recherche passé à travailler sur le projet pendant la période de participation.

Nom	Fonction	Temps consacré au projet
<b>Personnel permanent</b>		
Laura TEMIME	PU	34 (30%)
Mounia HOCINE	MCU	34 (17%)
William DAB	Pr CNAM	34 (10%)
Jérôme SALOMON	PU	34 (10%)
<b>Personnel recruté en CDD</b>		
Gabrielle JONES	IR	9 (100%)
Jordi FERRER	IR	3 (100%)
Lidia KARDAS	IR	3 (100%)

Au total, 4 étudiants ont effectué leur stage dans le cadre de MOTILIS :

Nom	Durée du stage	Niveau du stage	Maître de stage	Sujet/titre
Maëlle SALMON	6 mois	Mastère spécialisé	L Temime	Nursing schedules and circulation of nosocomial pathogens within an intensive care unit. A modeling study.
Azoukalné MOUKENET	5 mois	Master 2	L Temime	Organisation du travail des soignants et risque nosocomial: une analyse coût-efficacité.
Lynda BADJAJ	5 mois	Master 2	M Hocine	Impact de l'organisation de service de réanimation et du vécu des soignants sur le turnover : modèles à équations structurelles.
Julien LEVY	3 mois	1 <sup>ère</sup> année école d'ingénieurs (L3)	L Temime	Développement d'un index de fatigue en milieu hospitalier.

#### 4. DISSEMINATION DES RESULTATS ET TRANSFERT DE CONNAISSANCES

##### *Liste des publications scientifiques*

- Salmon M, Ferrer J, Folkard S, Salomon J, Temime L. Nursing schedules and circulation of pathogens within an intensive-care unit: a modeling study. [*soumis*]
- Jones G, Hocine M, Salomon J, Dab W, Temime L. Demographic and occupational predictors of stress and fatigue in French intensive-care healthcare workers: a cross-sectional study. *International Journal of Nursing Studies* 2014. [*sous presse*]
- Ferrer J, Boelle PY, Salomon J, Miliani K, L'Hériteau F, Astagneau P, Temime L. Management of nurse shortage and its impact on pathogen dissemination in the intensive care unit. *Epidemics* 2014; 9:62-69.
- Ferrer J, Salmon M, Temime L. Nosolink: An Agent-Based Approach to Link Patient Flows and Staff Organization with the Circulation of Nosocomial Pathogens in an Intensive Care Unit. *Procedia Computer Science* 2013; 18:1485-94.

##### *Participation à des manifestations scientifiques : posters et présentations*

- Salmon M, Ferrer J, Folkard S, Salomon J, Temime L. Nursing schedules and VRE circulation within an intensive-care unit: A modeling study. EPIDEMICS4 – 4th International Conference on Infectious Disease Dynamics, November 19-22 2013, Amsterdam.
- Ferrer J, Boëlle PY, Salomon J, Miliani K, L'Hériteau F, Astagneau P, Temime L. Management of nurse absenteeism and its impact on pathogen transmission in the intensive care unit. EPIDEMICS4 – 4th International Conference on Infectious Disease Dynamics, November 19-22 2013, Amsterdam.
- Ferrer J, Temime L. Contribution of network-based approaches to the study of pathogen transmission in the intensive-care unit: modeling the impact of staffing conditions. *Contagion'13: Modeling of Disease Contagious processes (2nd edition)*, September 18 2013, Barcelona, Spain.
- Salmon M, Ferrer J, Folkard S, Salomon J, Temime L. Nursing schedules and circulation of pathogens within an intensive-care unit: a modeling study. 21st International Symposium on Shiftwork and Working Time, Costa do Sauipe, Brazil, November 4-8, 2013.

##### *Contribution à l'expertise*

- Temime L. Modelling the impact of work organization within hospitals on the spread of healthcare-associated bacteria. 4th Workshop on Simulation Models of Infectious Disease Transmission and Control Processes (SIMID), April 17-18 2013, Antwerpen, Belgium

##### *Produits issus des travaux*

- Logiciel NFI ("Nurse Fatigue Index") : logiciel à l'interface simple (basée sur Excel) qui permet d'évaluer l'impact en termes de fatigue d'un emploi du temps infirmier en réanimation. Il sera prochainement téléchargeable sur la plate-forme PERSSANE d'enseignement et de recherche en Sécurité Sanitaire :

### **Communication au grand public**

Les principaux résultats de l'étude ont été présentés en CHSCT central de l'AP-HP en décembre 2013.

Un retour à tous les services participants, sous la forme d'une affiche présentant les principaux résultats de l'étude et d'une fiche personnalisée permettant aux services de situer le niveau de stress et de fatigue de leur personnel par rapport à ceux de l'ensemble des réanimations visitées, a été effectué en avril 2014.

## **5. RETOMBÉES ET PERSPECTIVES**

### **Contribution à l'évaluation et à la gestion des risques sanitaires**

A notre connaissance, aucune étude scientifique n'avait auparavant tenté de faire le lien entre organisation du travail en milieu hospitalier et risque nosocomial. Grâce à son approche de modélisation alimentée par des données recueillies en conditions réelles, le projet MOTILIS a permis de proposer un outil qui permet d'évaluer directement le risque sanitaire pour les patients (infections liées aux soins) associé à une organisation du travail des soignants.

La flexibilité du modèle développé permet également et à moindre coût d'évaluer des stratégies alternatives (modification de la durée ou des horaires de travail, du ratio personnel par patient, de la taille des services, etc.) vis-à-vis de leur impact à la fois sur la santé des patients et en termes de dépenses engendrées pour l'hôpital. Ce faisant, ce modèle constitue un outil puissant pour la gestion des risques.

### **Poursuite des travaux**

Lors de l'enquête épidémiologique transversale réalisée pour le projet MOTILIS, nous avons mis en évidence un taux de turnover du personnel du personnel paramédical très élevé. Ainsi, en moyenne, un infirmier sur 4 avait quitté son poste en 2012. Par ailleurs, ce taux est fortement variable entre les 31 services de réanimation visités. Dans les mois à venir, nous prévoyons donc d'étudier ce phénomène de manière plus approfondie, afin de mieux comprendre l'impact d'un ensemble de caractéristiques sociodémographiques, de facteurs liés à l'emploi et à l'organisation du travail dans le service d'affectation, et de facteurs psychosociaux liés au stress et à la fatigue au travail, sur le turnover du personnel paramédical (infirmiers et aides-soignants).

Ceci nécessitera des développements méthodologiques. En effet, peu d'approches statistiques permettent de traiter les situations dites « micro-macro » pour lesquelles on veut prédire une variable définie au niveau de groupes (dans notre cas : le taux de turnover) à partir de prédicteurs définis pour certains au niveau des individus (ex. âge, nb d'enfants, niveau de stress, soutien perçu des collègues...), et pour d'autres au niveau des groupes (ex. taille des services, type d'organisation horaire, ratio infirmière/patient...).

A plus long terme, nous souhaitons mettre en place un nouveau recueil de données permettant d'affiner notre analyse des relations entre les facteurs organisationnels et les infections liées aux soins en milieu hospitalier. Ce recueil sera idéalement prospectif et non transversal comme l'enquête effectuée pour MOTILIS, et il inclura des données quantitatives sur les infections recueillies en même temps que les données organisationnelles. Enfin, nous envisageons d'y associer des entretiens qualitatifs, réalisés en collaboration avec des sociologues, afin de mieux comprendre le vécu des soignants.

## 6. REFERENCES

- Austin, D. J., M. J. Bonten, et al. (1999). "Vancomycin-resistant enterococci in intensive-care hospital settings: transmission dynamics, persistence, and the impact of infection control programs." Proc Natl Acad Sci U S A **96**(12): 6908-6913.
- Dawson, D., Y. Ian Noy, et al. (2011). "Modelling fatigue and the use of fatigue models in work settings." Accid Anal Prev **43**(2): 549-564.
- Ferrer, J., M. Salmon, et al. (2013). "Nosolink: An Agent-Based Approach to Link Patient Flows and Staff Organization with the Circulation of Nosocomial Pathogens in an Intensive Care Unit." Procedia Computer Science **18**: 1485-1494.
- Folkard, S. and K. A. Robertson (2007). "A Fatigue/Risk index to assess work schedules." Somnologie - Schlafforschung und Schlafmedizin **11**(3): 177-185.
- Jones, G., M. Hocine, et al. (2014). "Demographic and occupational predictors of stress and fatigue in French intensive-care registered nurses and nurse's aides: A cross-sectional study." Int J Nurs Stud.
- Phillips, A. J. and P. A. Robinson (2007). "A quantitative model of sleep-wake dynamics based on the physiology of the brainstem ascending arousal system." J Biol Rhythms **22**(2): 167-179.
- Temime, L., L. Opatowski, et al. (2009). "Peripatetic health-care workers as potential superspreaders." Proc Natl Acad Sci U S A **106**(43): 18420-18425.