



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

**THESE**

pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE  
présentée et soutenue publiquement le 16 septembre 2016

par

Mlle MENIER Lucie

Elève de l'Ecole de Santé des Armées

Née le 2 mai 1994

A Cherbourg

\*\*\*\*\*

**La biologie médicale en conditions opérationnelles**

\*\*\*\*\*

JURY

Mme. VINCIGUERRA Christine, Professeure

M. RENARD Christophe, Pharmacien en Chef

Mme. CHEMINEL Valérie, Pharmacien en Chef

M. JANVIER Frédéric, Médecin en Chef



**THESE**

pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE  
présentée et soutenue publiquement le 16 septembre 2016

par

Mlle MENIER Lucie

Elève de l'Ecole de Santé des Armées

Née le 2 mai 1994

A Cherbourg

\*\*\*\*\*

**La biologie médicale en conditions opérationnelles**

\*\*\*\*\*

JURY

Mme. VINCIGUERRA Christine, Professeure

M. RENARD Christophe, Pharmacien en Chef

Mme. CHEMINEL Valérie, Pharmacien en Chef

M. JANVIER Frédéric, Médecin en Chef

## UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1

- Président de l'Université M. Frédéric FLEURY
- Présidence du Conseil Académique M. Hamda BEN HADID
- Vice-Président du Conseil d'Administration M. Didier REVEL
- Vice-Président de la Commission Recherche M. Fabrice VALLEE
- Vice-Président de la Formation et de la Vie Universitaire M. Philippe CHEVALIER

### Composantes de l'Université Claude Bernard Lyon 1

#### SANTE

UFR de Médecine Lyon Est	Directeur : M. Jérôme ETIENNE
UFR de Médecine Lyon Sud Charles Mérieux	Directeur : Mme Carole BURILLON
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directrice : Mme Christine VINCIGUERRA
UFR d'Odontologie	Directeur : M. Denis BOURGEOIS
Institut des Techniques de Réadaptation	Directeur : M. Yves MATILLON
Département de formation et centre de recherche en Biologie Humaine	Directeur : Anne-Marie SCHOTT

#### SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Faculté des Sciences et Technologies	Directeur : M. Fabien DE MARCHI
UFR de Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)	Directeur : M. Yannick VANPOULLE
Ecole Polytechnique Universitaire de Lyon (ex ISTIL)	Directeur : M. Pascal FOURNIER
I.U.T. LYON 1	Directeur : M. Christophe VITON
Institut des Sciences Financières et d'Assurance (ISFA)	Directeur : M. Nicolas LEBOISNE
ESPE	Directeur : M. Alain MOUGNIOTTE

**ISPB – Faculté de Pharmacie Lyon**  
**LISTE DES DEPARTEMENTS PEDAGOGIQUES**

**DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE DE SCIENCES PHYSICO-CHIMIQUE ET PHARMACIE GALENIQUE**

• **CHIMIE ANALYTIQUE, GENERALE, PHYSIQUE ET MINERALE**

Monsieur Raphaël TERREUX (Pr)  
Monsieur Pierre TOULHOAT (Pr - PAST)  
Madame Julie-Anne CHEMELLE (MCU)  
Monsieur Lars-Petter JORDHEIM (MCU-HDR)  
Madame Christelle MACHON (AHU)

• **PHARMACIE GALENIQUE-COSMETOLOGIE**

Madame Marie-Alexandrine BOLZINGER (Pr)  
Madame Stéphanie BRIANCON (Pr)  
Madame Françoise FALSON (Pr)  
Monsieur Hatem FESSI (Pr)  
Monsieur Fabrice PIROT (PU - PH)  
Monsieur Eyad AL MOUAZEN (MCU)  
Madame Sandrine BOURGEOIS (MCU)  
Madame Ghania HAMDI-DEGOBERT (MCU-HDR)  
Monsieur Plamen KIRILOV (MCU)  
Monsieur Damien SALMON (AHU)

• **BIOPHYSIQUE**

Monsieur Richard COHEN (PU – PH)  
Madame Laurence HEINRICH (MCU)  
Monsieur David KRYZA (MCU – PH - HDR)  
Madame Sophie LANCELOT (MCU - PH)  
Monsieur Cyril PAILLER-MATTEI (MCU-HDR)  
Madame Elise LEVIGOUREUX (AHU)

**DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE PHARMACEUTIQUE DE SANTE PUBLIQUE**

• **DROIT DE LA SANTE**

Monsieur François LOCHER (PU – PH)  
Madame Valérie SIRANYAN (MCU - HDR)

• **ECONOMIE DE LA SANTE**

Madame Nora FERDJAOUI MOUMJID (MCU - HDR)  
Madame Carole SIANI (MCU – HDR)  
Monsieur Hans-Martin SPÄTH (MCU)

• **INFORMATION ET DOCUMENTATION**

Monsieur Pascal BADOR (MCU - HDR)

• **HYGIENE, NUTRITION, HYDROLOGIE ET ENVIRONNEMENT**

Madame Joëlle GOUDABLE (PU – PH)

• **INGENIERIE APPLIQUEE A LA SANTE ET DISPOSITIFS MEDICAUX**

Monsieur Gilles AULAGNER (PU – PH)

Monsieur Daniel HARTMANN (Pr)

• **QUALITOLOGIE – MANAGEMENT DE LA QUALITE**

Madame Alexandra CLAYER-MONTEMBAULT (MCU)

Monsieur Vincent GROS (MCU-PAST)

Madame Audrey JANOLY-DUMENIL (MCU-PH)

Madame Pascale PREYNAT (MCU PAST)

• **MATHEMATIQUES – STATISTIQUES**

Madame Claire BARDEL-DANJEAN (MCU-PH)

Madame Marie-Aimée DRONNE (MCU)

Madame Marie-Paule PAULTRE (MCU - HDR)

**DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE SCIENCES DU MEDICAMENT**

• **CHIMIE ORGANIQUE Monsieur**

Pascal NEBOIS (Pr)

Madame Nadia WALCHSHOFER (Pr)

Monsieur Zouhair BOUAZIZ (MCU - HDR)

Madame Christelle MARMINON (MCU)

Madame Sylvie RADIX (MCU -HDR)

Monsieur Luc ROCHEBLAVE (MCU - HDR)

• **CHIMIE THERAPEUTIQUE**

Monsieur Roland BARRET (Pr)

Monsieur Marc LEBORGNE (Pr)

Monsieur Laurent ETTOUATI (MCU - HDR)

Monsieur Thierry LOMBERGET (MCU - HDR)

Madame Marie-Emmanuelle MILLION (MCU)

• **BOTANIQUE ET PHARMACOGNOSIE**

Madame Marie-Geneviève DIJOUX-FRANCA (Pr)

Madame Marie-Emmanuelle HAY DE BETTIGNIES (MCU)

Madame Isabelle KERZAON (MCU)

Monsieur Serge MICHALET (MCU)

• **PHARMACIE CLINIQUE, PHARMACOCINETIQUE ET EVALUATION DU MEDICAMENT**

Madame Roselyne BOULIEU (PU – PH)

Madame Magali BOLON-LARGER (MCU - PH)

Madame Christelle CHAUDRAY-MOUCHOUX (MCU-PH)

Madame Céline PRUNET-SPANNO (MCU)

Madame Catherine RIOUFOL (MCU- PH-HDR)

## **DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE DE PHARMACOLOGIE, PHYSIOLOGIE ET TOXICOLOGIE**

### **• TOXICOLOGIE**

Monsieur Jérôme GUITTON (PU – PH)

Madame Léa PAYEN (PU-PH)

Monsieur Bruno FOUILLET (MCU)

Monsieur Sylvain GOUTELLE (MCU-PH)

### **• PHYSIOLOGIE**

Monsieur Christian BARRES (Pr)

Monsieur Daniel BENZONI (Pr)

Madame Kiao Ling LIU (MCU) Monsieur Ming LO (MCU - HDR)

### **• PHARMACOLOGIE**

Monsieur Michel TOD (PU – PH)

Monsieur Luc ZIMMER (PU – PH)

Monsieur Roger BESANCON (MCU)

Monsieur Laurent BOURGUIGNON (MCU-PH)

Madame Evelyne CHANUT (MCU)

Monsieur Nicola KUCZEWSKI (MCU)

Madame Dominique MARCEL CHATELAIN (MCU-HDR)

### **• COMMUNICATION**

Monsieur Ronald GUILLOUX (MCU)

### **• ENSEIGNANTS ASSOCIES TEMPORAIRES**

Monsieur Olivier CATALA (Pr-PAST)

Madame Corinne FEUTRIER (MCU-PAST)

Madame Mélanie THUDEROZ (MCU-PAST)

## **DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE DES SCIENCES BIOMEDICALES A**

### **• IMMUNOLOGIE Monsieur**

Jacques BIENVENU (PU – PH)

Monsieur Guillaume MONNERET (PU-PH)

Madame Cécile BALTER-VEYSSEYRE (MCU - HDR)

Monsieur Sébastien VIEL (AHU)

### **• HEMATOLOGIE ET CYTOLOGIE**

Madame Christine VINCIGUERRA (PU - PH)

Madame Brigitte DURAND (MCU - PH)

Monsieur Yohann JOURDY (AHU)



**• MICROBIOLOGIE ET MYCOLOGIE FONDAMENTALE ET APPLIQUEE AUX BIOTECHNOLOGIE INDUSTRIELLES**

Monsieur Patrick BOIRON (Pr)  
Monsieur Jean FRENEY (PU – PH)  
Monsieur Frédéric LAURENT (PU-PH-HDR)  
Madame Florence MORFIN (PU – PH)  
Monsieur Didier BLAHA (MCU)  
Madame Ghislaine DESCOURS (MCU-PH)  
Madame Anne DOLEANS JORDHEIM (MCU-PH)  
Madame Emilie FROBERT (MCU - PH)  
Madame Véronica RODRIGUEZ-NAVA (MCU-HDR)

**• PARASITOLOGIE, MYCOLOGIE MEDICALE**

Monsieur Philippe LAWTON (Pr)  
Madame Nathalie ALLIOLI (MCU)  
Madame Samira AZZOUZ-MAACHE (MCU - HDR)

**DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE DES SCIENCES BIOMEDICALES B**

**• BIOCHIMIE – BIOLOGIE MOLECULAIRE - BIOTECHNOLOGIE**

Madame Pascale COHEN (Pr)  
Monsieur Alain PUISIEUX (PU - PH)  
Madame Emilie BLOND (MCU-PH)  
Monsieur Karim CHIKH (MCU - PH)  
Madame Carole FERRARO-PEYRET (MCU - PH-HDR)  
Monsieur Boyan GRIGOROV (MCU)  
Monsieur Hubert LINCET (MCU-HDR)  
Monsieur Olivier MEURETTE (MCU)  
Madame Caroline MOYRET-LALLE (MCU – HDR)  
Madame Angélique MULARONI (MCU)  
Madame Stéphanie SENTIS (MCU)  
Monsieur Anthony FOURIER (AHU)

**• BIOLOGIE CELLULAIRE**

Madame Bénédicte COUPAT-GOUTALAND (MCU)  
Monsieur Michel PELANDAKIS (MCU - HDR)

• **INSTITUT DE PHARMACIE INDUSTRIELLE DE LYON**

Madame Marie-Alexandrine BOLZINGER (Pr)

Monsieur Daniel HARTMANN (Pr)

Monsieur Philippe LAWTON (Pr)

Madame Sandrine BOURGEOIS (MCU)

Madame Marie-Emmanuelle MILLION (MCU)

Madame Alexandra MONTEBAULT (MCU)

Madame Angélique MULARONI (MCU)

Madame Valérie VOIRON (MCU - PAST)

• **Assistants hospitalo-universitaires sur plusieurs départements pédagogiques**

Madame Florence RANCHON

• **Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherche (ATER)**

Madame Charlotte BOUARD (86ème section)

Madame Laure-Estelle CASSAGNES(85ème section)

Monsieur Karim MILADI (85ème section)

Madame Laurence PAGES (87ème section)

Pr : Professeur

PU-PH : Professeur des Universités, Praticien Hospitalier

MCU : Maître de Conférences des Universités

MCU-PH : Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier

HDR : Habilitation à Diriger des Recherches

AHU : Assistant Hospitalier Universitaire

PAST : Personnel Associé Temps Partiel

# **Ecole de santé des Armées**

## **A Monsieur le Médecin Général Inspecteur J-D. CAVALLO**

Professeur Agrégé du Val-de-Grâce  
Officier de la Légion d'Honneur  
Officier de l'Ordre National du Mérite  
Chevalier des Palmes Académiques  
Commandant l'Ecole de Santé des Armées

## **A Monsieur le Médecin Chef des Services M. GROUD**

Chevalier de la Légion d'Honneur  
Officier de l'Ordre National du Mérite  
Croix de la valeur militaire  
Deux Citations  
Commandant en second l'Ecole de Santé des Armées

## **A Monsieur le Médecin Chef des Services T. FUSAÏ**

MD, PhD, DR1  
Officier de la Légion d'Honneur  
Titulaire de la Croix de Guerre des TOE - Etoile d'argent  
Croix de la valeur militaire avec citation  
Chevalier Palmes académiques  
Directeur de la Formation des Praticiens de l'Ecole de Santé des armées

## **A Monsieur le Médecin en chef O. PROST**

Chevalier de l'Ordre National du Mérite  
Chef du Département d'Appui à la Formation de l'Ecole de Santé ses Armées

## **A Monsieur le Médecin en Chef O. COSTE**

Praticien certifié, MD, PhD  
Adjoint au Directeur de la Formation des Praticiens de l'Ecole de Santé des Armées

## **A Madame le Pharmacien en chef A-V. GACHET**

Praticien confirmé,  
Adjoint au Directeur de la Formation des Praticiens de l'Ecole de Santé des Armées

# Remerciements

**A Madame la Professeure Christine Vinciguerra, Présidente du Jury,**

Professeur des universités – Praticien hospitalier

Ce fut un privilège de recevoir votre enseignement à la faculté,

Pour l'honneur que vous me faites d'accepter la présidence de cette thèse,

Veillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements et de mon profond respect

**A Monsieur le Pharmacien en Chef Christophe Renard, Directeur de thèse,**

Professeur agrégé du Val-de-Grâce – Titulaire de la chaire de sciences pharmaceutiques

appliquées aux armées et risque chimique

Chevalier de l'Ordre National du Mérite

Chevalier des Palmes Académiques

Pour votre encadrement et votre disponibilité.

Vous m'avez guidée et encouragée tout au long de la réalisation de ce travail.

Soyez assuré de l'expression de ma gratitude et de ma reconnaissance.

**A Madame le Pharmacien en Chef Valérie Cheminel, Membre du Jury,**

Praticien certifié

Chevalier de l'Ordre National du Mérite

Pour votre disponibilité, votre aide et vos conseils.

Veillez recevoir l'expression de mes sincères remerciements.

**A Monsieur le Médecin en Chef Frédéric Janvier, Membre du jury**

Praticien certifié

Vous me faites l'honneur de participer à mon jury de thèse.

Veillez recevoir l'expression de mes sincères remerciements.

## Remerciements

A mes parents, pour « remonter la baraque » en permanence et pour toute l'attention et l'amour que vous me portez.

A Vincent, parce que tu supportes mes humeurs et mon stress, me fais rire et me soutiens dans tout ce que j'entreprends, merci.

A Lucile et Sarah, pour votre amitié folle et inébranlable.

A mes camarades de promotion, Eloi, Steffy et Wilfried mais aussi de « compagnie », Arthur et Antoine, pour votre éternelle joie et bonne humeur, même en temps d'examens, tables rondes et autres réjouissances.

A mes amis, Marc, Raphaël et Clément pour ne pas avoir tenu compte de mes crises de nerfs occasionnelles, et pour tous ces bons moments passés ensemble.

A ma famille de la boîte, et surtout ma branche : Elodie, Sarah, Héloïse, Béatrice et Lucie ; pour votre présence et vos conseils qui m'ont été utiles tout au long de ma vie à la boîte.

A mes relecteurs, pour votre travail minutieux, qui, je n'en doute pas, a pris beaucoup de votre temps, mais m'a été d'une utilité sans égale.

Au Médecin en chef Renaud Breda et au technicien de laboratoire Laurent Chanoine, pour m'avoir aidée dans l'élaboration de mes questionnaires de satisfaction.

A tous les techniciens de laboratoire et les médecins qui ont accepté de participer à mon enquête de satisfaction.

A tous ceux qui m'ont aidée, de près ou de loin dans l'écriture de cette thèse.

# Listes

# Liste des Figures

Figure 1 : Le premier laboratoire de campagne

Figure 2 : Les OPEX actuelles

Figure 3 : Les forces prépositionnées

Figure 4 : L'opération Barkhane

Figure 5 : Un poste médical

Figure 6 : Le déploiement du MCV sous tente

Figure 7 : Une ACA

Figure 8 : Un Groupement Médico-Chirurgical

Figure 9 : L'HMC KAIA

Figure 10. Schéma des différents rôles et OPEX

Figure 11 : Le dispositif MORPHEE

Figure 12 : Le dispositif MORPHEE

Figure 13 : L'installation initiale à GAO

Figure 14 : L'installation initiale à GAO

Figure 15 : Le laboratoire de GAO

Figure 16 : L'extérieur du *shelter*

Figure 17 : Le laboratoire de l'HMC à KAIA

Figure 18 : Le laboratoire de l'HMC à KAIA

Figure 19 : Le bloc opératoire à bord d'un SNLE

Figure 20 : L'intérieur du dispositif MORPHEE

Figure 21 : L'extérieur du dispositif MORPHEE

Figure 22 : Le laboratoire P3 au CTS

Figure 23 : Le laboratoire P3 au CTS

Figure 24 : Le système de confinement au laboratoire P3 du CTS

Figure 25 : Instruction ministérielle sur la prévention des risques professionnels en OPEX

Figure 26 : Les collecteurs DASRI

Figure 27 : L'extérieur d'un laboratoire

Figure 28 : L'intérieur d'un laboratoire

Figure 29 : Un kit Eldon® pour groupage sanguin sur sang total en rôle 1

Figure 30 : Une carte de contrôle pré-transfusionnel SAFETY

Figure 31 : L'HémoCue®

Figure 32 : L'Horiba ABX Micros 60 CS®

Figure 33 : Le Start 4®

Figure 34 : Le Coagucheck XS Pro®

Figure 35 : L'OptiCCA®

Figure 36 : L'Epoc®

Figure 37 : Le Reflotron®

Figure 38 : Le Nycocard Reader II®

Figure 39 : Le Clinitek®

Figure 40 : Un réfractomètre portable

Figure 41 : Principe du TDR : exemple du paludisme

Figure 42 : Graphique de la répartition des sexes des techniciens de laboratoire

Figure 43 : Graphique de la répartition des âges des techniciens de laboratoire

Figure 44 : Graphique de la répartition des OPEX faites par les techniciens de laboratoire

Figure 45 : Graphique traduisant les réponses aux questions 3 à 5

Figure 46 : Graphique traduisant les tests manquants



Figure 47 : Graphique traduisant les réponses aux questions 6 à 7

Figure 48 : Graphique traduisant les réponses à la question 8

Figure 49 : Graphique traduisant le ressenti de l'évolution entre différentes OPEX des techniciens de laboratoire

Figure 50 : Graphique traduisant la nécessité d'un biologiste en OPEX selon les techniciens de laboratoire

Figure 51 : Graphique traduisant la satisfaction globale des techniciens de laboratoire

Figure 52 : Graphique de la répartition en fonction du sexe des cliniciens

Figure 53 : Graphique de la répartition en fonction de l'âge des cliniciens

Figure 54 : Graphique de la répartition des spécialités

Figure 55 : Graphique de la répartition des OPEX faites par les techniciens

Figure 56 : Graphique traduisant les réponses aux questions 4 à 9

Figure 57 : Graphique représentant les tests les plus demandés par les cliniciens en OPEX

Figure 58 : Graphique traduisant la nécessité d'un biologiste en OPEX selon les cliniciens

Figure 59 : Graphique traduisant le point de vue des cliniciens sur l'évolution de la biologie médicale en OPEX

Figure 60 : Graphique reflétant la satisfaction globale des cliniciens

# Liste des tableaux

Tableau 1 : Niveau de biologie médicale dans les différentes disciplines

Tableau 2 : Niveaux d'équipement de base des différentes structures du SSA en OPEX

Tableau 3 : Liste complémentaire des examens réalisables en urgence en fonction du contexte clinique

Tableau 4 : Comparaison entre les dotations LC05 et LC17 du laboratoire de campagne

# Liste des abréviations

ACA : Antenne Chirurgicale Aérotransportable  
AMP : Aide Médicale à la Population  
ANSM : Agence Nationale de Sécurité des Médicaments et des produits de santé  
ATT : Aéronef Tactique de Transport  
BLSE : entérobactéries productrices de BêtaLactamases à Spectre Elargie  
BPC : Bâtiments de Projection et de Commandement  
BMR : Bactéries Multi-Résistantes  
BNP : Binding Natriuretic Peptide  
CGR : Concentrés de Globules Rouges  
CTS : Centre de traitement des Soignants  
CTSA : Centre de Transfusion Sanguine des Armées  
DAPSA : Direction des Approvisionnement des Produits de Santé des Armées  
DASRI : Déchets d'Activité de Soins à Risques Infectieux  
ECE : Elément Chirurgical Embarqué  
ECMSSA : Etablissement Central des Matériels du Service de Santé des Armées  
ERSA : Etablissement de Ravitaillement Sanitaire des Armées  
ERV : Entérocoques Résistants à la Vancomycine  
GMC : Groupement Médico-Chirurgical  
Hb : Hémoglobine  
HIA : Hôpital d'Instruction des Armées  
HMC : Hôpital Médico-Chirurgical  
HTLV : Human T-cell Lymphotropic Virus  
IADE : Infirmier Anesthésiste Diplômé d'Etat  
INR : International Normalized Ratio  
IRSN : l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire  
IRBA : Institut de Recherche Biomédicale des Armées  
LC05 : Laboratoire de Campagne version 2005  
LSB : Laboratoire de Sécurité Biologique  
MAR : Médecin Anesthésiste Réanimateur

MCV : Module de Chirurgie Vitale  
MEDEVAC : MEDical EVACuation (Evacuation Médicalisée)  
MITHA : Militaire Infirmier Technicien des Hôpitaux des Armées  
MORPHEE : MOdule de Réanimation pour Patients à Haute Elongation d'Evacuation  
NFS : Numération Formule Sanguine  
NOP : Neurotoxiques OrganoPhosphorés  
OMS : Organisation Mondiale de la Santé  
ONU : Organisation des Nations Unies  
OPEX : OPérations EXterieures  
PSL : Produits Sanguins Labiles  
RAPASAN : RAPatriement SANitaire  
RCA : République Centrafricaine  
SSR : Soins de Suite et de Réadaptation  
STANAG : STANdardization Agreement (Accord de normalisation)  
UDPS : Unité de Distribution des Produits de Santé  
VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine  
VHB : Virus de l'Hépatite B  
VHC : Virus de l'Hépatite C  
SARM : Staphylocoques Aureus Résistants à la Méricilline  
SNLE : Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins  
SSA : Service de Santé des Armées  
TCA : Temps de Céphaline avec Activateur  
TDR : Test de Diagnostic Rapide  
TMEB : Technicien de Maintenance des Equipements Biomédicaux  
TP : Taux de prothrombine  
UMO : Unité Médicale Opérationnelle  
UMT : Unité Médicale de Transit

# Table des matières

## Table des matières

Liste des Figures.....	12
Liste des tableaux .....	15
Liste des abréviations .....	16
Table des matières.....	18
Introduction .....	27
<b>Partie 1 : Le soutien médical en opérations extérieure et la place de la biologie médicale</b>	<b>29</b>
<b>Historique.....</b>	<b>30</b>
I. La création des laboratoires mobiles de campagne .....	30
II. Concept de réanimation pendant la guerre d’Algérie .....	31
III. Création de la dotation du laboratoire de campagne.....	31
IV. Exemple de deux laboratoires déployés entre 1999 et 2000 .....	32
1. Détachement français au Timor (Asie du Sud-Est) .....	32
2. Mission sanitaire au Gabon .....	32
V. Actualisation de la dotation du laboratoire de campagne .....	32
VI. Le projet EMIBE .....	33
<b>Doctrine du soutien médical aux engagements opérationnels .....</b>	<b>33</b>
I. Mission du SSA .....	34

II. Les différents rôles .....	36
1. La médicalisation de l'avant ou rôle 1.....	36
2. Le Module de chirurgie vitale.....	37
3. La réanimation et la chirurgicalisation de l'avant ou rôle 2.....	38
4. Le rôle 3.....	41
5. Le rôle 4.....	42
III. L'évacuation médicale (RAPASAN et MEDEVAC) .....	42
IV. Ravitaillement sanitaire et maintenance .....	44
<b>La place de la biologie au sein des structures opérationnelles .....</b>	<b>45</b>
I. Les besoins .....	45
1. Les militaires français .....	45
2. Les militaires d'autres nations .....	46
3. L'aide Médicale à la Population (AMP) .....	47
II. Le module de chirurgie vitale.....	47
III. Les plateaux techniques des rôles 2 et 3 .....	48
1. Généralités .....	48
2. La spécificité du dispositif dans la marine.....	50
3. Les risques spécifiques Nucléaires, Radiologiques, Biologiques et chimiques.....	52

• Le risque Nucléaire-Radiologique.....	52
• Le risque Biologique .....	52
• Le risque Chimique .....	53
IV. La biologie au sein des MEDEVAC .....	54
1. Au sein d'un vecteur d'un aéronef médicalisé.....	54
2. Le dispositif d'évacuation collective MORPHEE.....	55
V. Exemples de laboratoires déployés .....	56
1. Opération « <i>Sangaris</i> » (République centrafricaine, RCA).....	56
2. L'unité médicale de transit dans le cadre de l'opération « <i>Serval</i> ».....	56
3. Apport du laboratoire de campagne lors de l'épidémie de diarrhées profuses à Gao	57
4. L'opération Tamarin (EBOLA).....	57
Comparaison avec les nations alliées de l'OTAN .....	61
I. Le modèle anglo-saxon.....	61
II. Le système allemand.....	63
<b>Partie 2 : Organisation actuelle de la biologie médicale en opération extérieure .....</b>	<b>65</b>
<b>Aspects réglementaires .....</b>	<b>66</b>
I. Prévention des risques professionnels .....	66
II. Obligations des personnels du SSA .....	67



III. Information médicale.....	67
IV. Equipement obligatoire.....	68
V. Particularité des MEDEVAC et des bâtiments de la Marine .....	68
1. Informations médicales.....	68
2. Réglementation des appareils biomédicaux embarqués.....	68
VI. Les Déchets d'Activité de Soins à Risques Infectieux (DASRI).....	69
<b>Les Acteurs</b> .....	69
I. Les techniciens de laboratoires.....	70
1. Formation.....	70
2. En OPEX.....	70
3. Dans les laboratoires embarqués.....	71
II. L'Infirmier Anesthésiste Diplômé d'Etat (IADE) .....	71
III. Les médecins anesthésistes-réanimateurs (MAR).....	71
IV. Les convoyeurs de l'air.....	72
V. Les techniciens biomédicaux.....	72
VI. Les biologistes .....	72
<b>Les besoins</b> .....	73
I. Le triage des blessés.....	73

II.	La prise en charge du blessé de guerre .....	74
1.	Diagnostic biologique de l'hémorragie .....	74
2.	Transfusion de sang total .....	75
3.	Risque de surinfection des blessures de guerre .....	76
III.	Les soins courants .....	77
IV.	L'aide médicale à la population .....	78
	<b>Les équipements de biologie médicale</b> .....	<b>78</b>
I.	Les locaux du laboratoire de campagne .....	78
II.	Les critères de choix du matériel .....	80
III.	Les dotations .....	81
IV.	(Immuno) Hématologie et Hémostase .....	82
1.	Groupage sanguin .....	82
2.	Le kit de transfusion de sang total .....	83
3.	L'HemoCue® Hb 201+ (HemoCue AB, Ängelholm, Suède) .....	85
4.	L'Horiba ABX Micros 60 CS (Horiba ABX SAS, Montpellier, France) .....	85
5.	Le Start 4® (Stago, Paris, France) .....	86
6.	Le Coagucheck® XS Pro (CXSprö) (Roche Diagnostics, Mannheim, Allemagne) .....	87
V.	Biochimie .....	88

1.	L'Opti CCA® (Roche Diagnostics, Mannheim, Allemagne) .....	88
2.	L'Epoc® (Alere, Delaware, Etats-Unis).....	89
3.	Le Reflotron® Plus (Roche Diagnostics, Meylan, France).....	90
4.	Nycocard Reader II®(Epcal, Ottawa, Canada) .....	91
5.	Le Clinitek® (Siemens Healthcare Diagnostics, Ltd Angleterre) .....	92
6.	Un Réfractomètre.....	92
7.	Le spectrophotomètre DR2800 et le colorimètre DR890 .....	93
VI.	Microbiologie .....	93
1.	Les méthodes manuelles.....	93
2.	Les Tests de Diagnostic Rapide (TDR) .....	94
VII.	Evolutions futures : le LC17 .....	96
	<b>Le ravitaillement</b> .....	<b>97</b>
	<b>La démarche Qualité</b> .....	<b>98</b>
I.	Au niveau législatif .....	98
II.	Au niveau pratique .....	99
	<b>Partie 3 : Enquête de satisfaction</b> .....	<b>100</b>
I.	Généralités .....	101
1.	Objectif de l'enquête.....	101

2.	Population cible.....	102
II.	Création des questionnaires .....	102
III.	Présentation des résultats .....	102
1.	Questionnaire destiné aux techniciens de laboratoire.....	102
2.	Questionnaire destiné aux médecins et chirurgiens .....	111
IV.	Limites .....	117
V.	Discussion et perspectives .....	118
1.	Formation.....	118
2.	Panel de tests .....	119
3.	Le ravitaillement.....	121
4.	Démarche Qualité .....	122
5.	Présence d'un biologiste .....	122
6.	La nouvelle organisation de la biologie médicale va-t-elle pouvoir répondre aux besoins ?.....	123
	<b>CONCLUSIONS</b> .....	129
	<b>Annexes</b> .....	131
	Annexe 1 : Panel de tests obligatoire.....	132
I.	Au sein d'un rôle 1.....	132

II. Au sein d'un rôle 2.....	133
III. Au sein d'un rôle 3.....	138
Annexe 2 : Questionnaires .....	143
I. Destiné aux techniciens de laboratoire.....	143
II. Destiné aux cliniciens .....	149
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>152</b>

# Introduction

La mission du service de santé des armées (SSA) est le soutien des forces armées en opération. Cela se matérialise, pour les opérations extérieures (OPEX), par la capacité à déployer une chaîne santé complète incluant des postes médicaux, des antennes médico-chirurgicales et des hôpitaux. Cette capacité du SSA conditionne la possibilité pour la France de conduire en autonomie des OPEX et, en particulier, d'entrer en premier, comme de tenir le rôle de nation cadre au sein d'une coalition.

Ainsi, des équipements de biologie médicale sont retrouvés au sein des structures de soin déployées sur les théâtres d'opération (laboratoire de campagne), comme embarqués à bord des bâtiments de la Marine Nationale ou encore à bord d'aéronefs médicalisés de l'Armée de l'air. Le laboratoire de campagne regroupe des équipements de biologie médicale, nécessaires pour répondre aux besoins des professionnels de santé exerçant dans les unités médicales opérationnelles (UMO) déployées.

Le choc hémorragique, suite à un traumatisme pénétrant, est une des principales causes de mortalité du combattant conditionnant le panel des examens de biologie médicale indispensables en OPEX. Panel limité aux examens d'urgence mais qui concerne toutes les disciplines : bactériologie-virologie, biochimie, hématologie-hémostase, immuno-hématologie et parasitologie.

Après avoir présenté l'organisation du soutien médical nous présenterons celle de la biologie médicale en OPEX avec en particulier une présentation des équipements disponibles. Enfin nous présenterons une enquête de satisfaction sur la qualité des examens de biologie médicale en OPEX auprès de cliniciens et de techniciens de laboratoire.

# Partie 1 : Le soutien médical en opérations extérieures et la place de la biologie médicale



Dans cette première partie nous commencerons par un bref historique, puis nous parlerons de la doctrine du soutien médical aux engagements opérationnels, en détaillant les différents rôles déployés en opération extérieure. Ensuite nous expliciterons la place de la biologie médicale en opération extérieure, illustrée par quelques exemples de laboratoires déjà déployés et nous terminerons par une comparaison avec les systèmes de santé anglo-saxon et allemand.

## Historique

### I. La création des laboratoires mobiles de campagne

La France décide d'engager ses troupes en opérations extérieures à partir des années 1950. Les OPEX correspondent aux interventions des forces militaires en dehors du territoire national. Elles se déroulent en collaboration avec des organisations internationales (l'Organisation des Nations Unies, plus tardivement l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord) et les armées des régions concernées (1).

C'est donc à cette période que commencent à émerger des besoins de soutien des troupes et donc de déployer des capacités de biologie médicale.

Ainsi, les premiers modèles de laboratoires de campagne mobiles ont été développés entre 1950 et 1960. Leurs équipements, restreints, étaient principalement dédiés à l'identification d'agents bactériologiques ; le large panel d'examens biologiques connu actuellement n'étant pas accessible techniquement sur le terrain (2).



Figure 1. Le premier laboratoire de campagne

## II. Concept de réanimation pendant la guerre d'Algérie

Au cours de la guerre d'Algérie, un anesthésiste-réanimateur se trouvait au sein de tous les petits postes chirurgicaux. Ces derniers ne comportaient pas de laboratoire, néanmoins, le réanimateur pouvait détecter les anomalies de l'osmolarité plasmatique à l'aide d'un matériel de cryoscopie, il pouvait avoir une idée de la protidémie grâce à la solution de sulfate de cuivre et disposait du matériel nécessaire au groupage sanguin. Les blessés étaient ensuite évacués vers des hôpitaux algériens où une certaine (mais non complète) surveillance biologique pouvait être faite, notamment en post-opératoire (3) .

## III. Création de la dotation du laboratoire de campagne

En 1991, le Service de Santé des Armées (SSA) a mis en place une dotation standard du laboratoire de campagne, comprenant les principales analyses jugées indispensables (4). Cette dotation fût mise en vigueur jusqu'en 2005 où elle a été réactualisée (5).

## IV. Exemple de deux laboratoires déployés entre 1999 et 2000

### 1. Détachement français au Timor (Asie du Sud-Est)

C'est dans le cadre de l'Aide Médicale à la Population (AMP) qu'un laboratoire fût mis en place au sein du Groupement Médico-Chirurgical (GMC) déployé au Timor en 2000. En effet, dans cette région du monde, les risques représentés par le paludisme et les espèces bactériennes (diarrhées, infections respiratoires) sont très élevés et justifient le besoin d'un laboratoire pour ses capacités diagnostiques (4).

Ce laboratoire a contribué à la surveillance épidémiologique de ce territoire pour des pathologies telles que la leishmaniose ou encore la lèpre. Etant le seul laboratoire mis en place, il est devenu, petit-à-petit, le centre de référence pour le diagnostic et le contrôle des affections sous surveillance épidémiologique (4).

### 2. Mission sanitaire au Gabon

L'infirmier-hôpital de Libreville, destinée à soutenir les forces en présence, disposait d'un laboratoire tenu par un technicien de biologie du SSA. Ce laboratoire a été particulièrement actif dans le dépistage du paludisme à *Plasmodium Falciparum*, qui a été la préoccupation majeure car, au Gabon, sa transmission est permanente et les chimiorésistances fréquentes. Les équipements dont le technicien disposait étaient : test ICT Malariae, QBc (Quantitative Buffy Coat) et évidemment de quoi effectuer des frottis sanguins (6).

## V. Actualisation de la dotation du laboratoire de campagne

L'expérience des laboratoires projetés a montré qu'un laboratoire de terrain complet est plus utile qu'un laboratoire minimum de base avec des modules complémentaires dès le début de la mission (4). Les structures déployées se sont donc montrées insuffisantes : un plus grand panel d'analyses biologiques est devenu nécessaire. En outre, les avancées

techniques de la médecine moderne ainsi que les risques NRBC de plus en plus présents ont entraîné une demande supplémentaire en capacités diagnostiques (2).

C'est pourquoi en 2005, une nouvelle dotation du laboratoire de terrain est mise en place suite à un groupe de réflexion rassemblant les principaux soignants concernés (chirurgiens, anesthésistes, internistes, médecins d'unité, biologistes et techniciens de laboratoire). Ainsi, le laboratoire LC05 est intégré au sein d'un GMC (comme ce fût le cas en Côte d'Ivoire) et participe au soutien des forces ainsi qu'à l'AMP (4). Cette dotation inclue des capacités diagnostiques dans les domaines de l'(immuno-)hématologie, l'hémostase, la biochimie, la virologie, la bactériologie et la parasitologie (2).

## VI. Le projet EMIBE

Par ailleurs, un prototype de laboratoire plus complet est créé en 2005 : il correspond au projet EMIBE (Elément Militaire d'Investigation Biologique et Epidémiologique) et permet l'identification rapide d'agents biologiques agressifs pré-identifiés (5).

En effet, ce laboratoire comprend un module spécifique pour le diagnostic des agents du risque biologique qui comporte notamment du matériel de biologie moléculaire (2). Il s'agit d'une structure pluridisciplinaire dont la mission est d'élaborer une stratégie afin de réduire le risque infectieux au sein des forces déployées (7).

Néanmoins, ce type de laboratoire n'a pas encore été déployé, ne permettant pas de répondre aux besoins opérationnels.

## Doctrine du soutien médical aux engagements opérationnels

Etant donné que le laboratoire de campagne appartient au soutien médical des troupes déployées, il est nécessaire d'en définir la doctrine afin de comprendre la place du laboratoire au sein du dispositif de santé mis en place en OPEX.

## I. Mission du SSA

La mission du SSA est le soutien médical des forces armées en opérations et lors de toute autre forme d'engagements opérationnels (8). Selon le modèle SSA 2020, elle se matérialise, pour les opérations extérieures, par la capacité à déployer une chaîne santé complète, qui inclue des postes médicaux, des antennes médico-chirurgicales, des hôpitaux, des moyens médicaux d'évacuation sanitaire, de ravitaillement sanitaire et de commandement médical (9).

Les laboratoires de biologie médicale de campagne appartiennent au soutien médical aux engagements opérationnels (dit « soutien médical »). Celui-ci est défini comme l'ensemble des actions médicales, pharmaceutiques, vétérinaires, dentaires, paramédicales et médico-administratives, conduites pendant la préparation des opérations, durant l'action opérationnelle proprement dite, et au retour de mission (8).

Ainsi, grâce à ce dispositif, le SSA permet de garantir une prise en charge médicale des blessés et malades « en tout temps et en tous lieux », et assure, pour ces patients, de bénéficier de soins médicaux les plus adaptés à leur état de santé (en fonction du contexte opérationnel) (8).

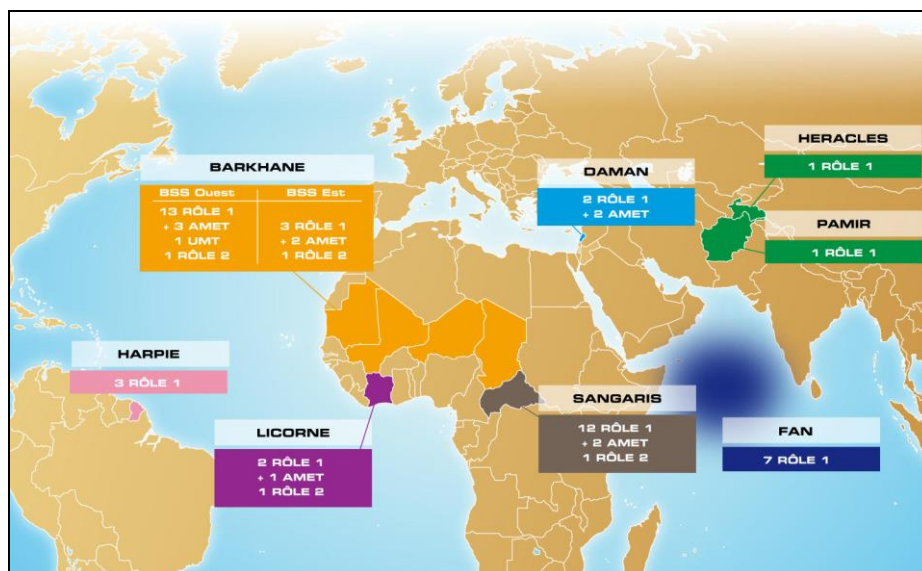


Figure 2 : Les OPEX actuelles

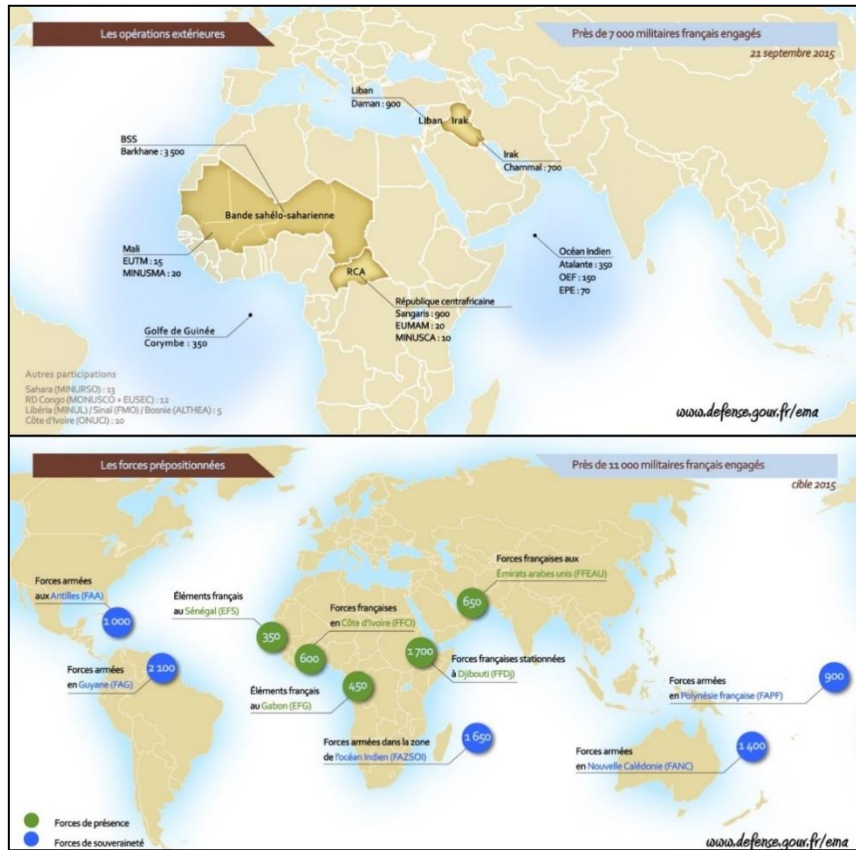
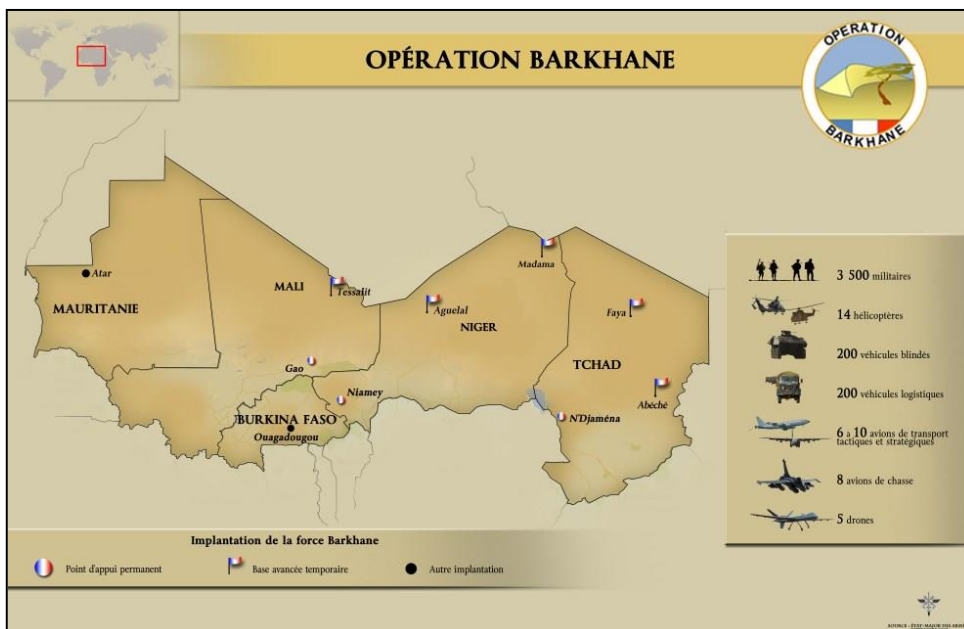


Figure 3 : Les forces prépositionnées



Figure

4 :

### L'opération Barkhane

## II. Les différents rôles

Une fois extrait de la zone de combat, le blessé est dirigé, par tous moyens compatibles avec le contexte, vers une structure de soin (10). Pour une bonne efficacité, plusieurs types de structures, représentant des niveaux de prise en charge différents, assurent le suivi médical des blessés dans une même chaîne médicale. Il y a quatre niveaux de prise en charge ou rôles, numérotés de 1 à 4 (8). À chaque rôle, sont associées des capacités de prise en charge médico-chirurgicales croissantes.

### 1. La médicalisation de l'avant ou rôle 1

En OPEX, les personnels soignants français doivent être en mesure de gérer aussi bien des cas isolés qu'un afflux important de blessés en milieu hostile. En accord avec la doctrine de soutien médical aux opérations alliées de l'OTAN, le SSA a clairement défini des délais qui structurent la prise en charge des blessés sur le terrain :

- dans les dix premières minutes suivant la blessure, le militaire doit avoir bénéficié des soins immédiats de sauvetage au combat
- dans la première heure, le blessé doit être pris en charge par un médecin
- avant la fin de la deuxième heure, le blessé doit pouvoir bénéficier d'une intervention chirurgicale de sauvetage (10).

Ce dispositif a démontré sa performance aujourd'hui et sa mise en œuvre est parfaitement rodée. La médicalisation à l'avant, forme particulière et très spécifique d'exercice médical, inclut le sauvetage au combat, se poursuit par le ramassage du blessé, le brancardage vers une antenne médicale et se termine à l'admission du blessé dans une structure médico-chirurgicale. Elle s'articule sur des équipes médicalisées évoluant dans un poste de secours, structure élémentaire qui permet de réaliser des soins médicaux et des gestes de réanimation de l'avant (intubation oro-trachéale, ventilation mécanique, drainage thoracique...) (11).



Figure 5. Un poste médical

Pour agir rapidement, chaque soldat projeté sur un théâtre d'opération doit être un soignant potentiel, il reçoit donc une formation de sauvetage au combat. L'objectif est de permettre à tout soldat de réaliser dans l'urgence des gestes de sauvetages en attendant le médecin et l'infirmier (12). Ces derniers doivent ainsi se rapprocher le plus possible de la zone de combat (8).

La médecine de l'avant permet la mise en œuvre des procédures de *damage control resuscitation* centrées sur les trois principales causes de décès évitables au combat : hémorragies des membres, épanchements thoraciques compressifs et obstruction des voies aériennes. Ainsi, le but principal est d'arrêter l'hémorragie, d'optimiser l'oxygénation du blessé et d'augmenter sa survie (11).

## 2. Le Module de chirurgie vitale

Il est bien connu que la chirurgie occupe une place importante dans le traitement des blessés de guerre et qu'elle doit intervenir le plus tôt possible après la blessure. D'après les données épidémiologiques actuelles, les décès évitables représentent entre 20 et 30 % du total des décès au combat, et leurs causes sont dans près de 80 % des cas des lésions curables par un geste chirurgical. Ces données montrent la nécessité d'apporter un soutien chirurgical au plus près du combattant, y compris dans le cadre des missions des forces spéciales (13).



L'équipe d'un module de chirurgie vitale comprend deux médecins (un chirurgien viscéral ou thoracique/vasculaire, et un médecin anesthésiste-réanimateur) et deux infirmiers spécialisés (un infirmier de bloc opératoire et un infirmier anesthésiste) (13).



Figure 6. Le déploiement du MCV sous tente

En ce qui concerne les équipements, ceux-ci sont regroupés par lot comprenant des boîtes de chirurgie et du matériel d'anesthésie et de réanimation, le tout répartis dans huit conteneurs étanches orange. L'abri est fourni par une tente gonflable et l'électricité est fournie par un groupe électrogène (13).

Enfin, le module de chirurgie vitale (MCV) a été testé dans un avion de transport tactique. Dans cette formule, le MCV est déployé directement dans l'avion, qui est amené depuis la métropole jusqu'à une base avancée située non loin du théâtre d'opérations. Ce mode de déploiement permet un rapatriement immédiat ou une évacuation secondaire vers une structure de rôle 2 de type antenne chirurgicale aérotransportable (ACA) ou groupement médicochirurgical (GMC) (13).

### 3. La réanimation et la chirurgicalisation de l'avant ou rôle 2

Il existe plusieurs niveaux au sein du rôle 2 (10) :

- **Le rôle 2 « de base »**, qui correspond à une unité chirurgicale légère dans laquelle interviennent entre dix et quinze personnes, entraînées à agir dans des situations extrêmes (10). Ces antennes sont des Antennes Chirurgicales Aérotransportables (ACA), ou des Antennes Chirurgicales Parachutables (ACP) (14).



Figure 7. Une ACA

- **Le rôle 2 « étendu ou 2+ »**, où se pratique la réanimation et des gestes chirurgicaux complexes afin de stabiliser le blessé avant son éventuelle évacuation. Il comporte, au minimum, un bloc opératoire et une salle de réanimation. L'antenne regroupe de trente à quarante personnels soignants (10). On l'appelle Groupement Médico-Chirurgical (15).



Figure 8. Un groupement médico-chirurgical

Ces deux types de structures sont conçues pour stabiliser les blessés en vue de leur évacuation vers une véritable structure hospitalière (10). Elles comprennent généralement un laboratoire de campagne dévoué au soutien de l'équipe chirurgicale.

La réanimation et la chirurgicalisation de l'avant sont les modalités d'intervention médicale spécialisée au plus tôt et au plus près du lieu de la blessure, qui permettent de mettre en œuvre la chirurgie de sauvetage (*damage control surgery*) (8) . Celle-ci se décompose en 3 étapes distinctes :

- la première étape représente les gestes chirurgicaux effectués au niveau de la zone de combat. Ceux-ci sont délibérément simplifiés, elles cherchent à stopper l'hémorragie.
- La deuxième étape consiste à stabiliser le patient en réanimation, ce qui est facilité lorsque l'intervention chirurgicale est courte et l'arrêt hémorragique précoce
- La dernière étape est la reprise chirurgicale, qui est obligatoire pour réparer définitivement les lésions. Elle est programmée au bout d'un ou deux jours, une fois que le blessé est arrivé dans une structure de rôle 4 (10).

Ainsi, la chirurgicalisation de l'avant a pour objectif de traiter l'urgence et de stabiliser le patient avant son évacuation dans de bonnes conditions. Elle n'a donc pas vocation à être une chirurgie définitive mais contribue à limiter les séquelles fonctionnelles des blessures (8).

Le rôle 2 dispose d'une capacité d'hospitalisation limitée tant dans la durée qu'en nombre, alors qu'il constitue un potentiel lieu d'accueil d'un flux massif de blessés. En effet, les patients ne sont pas censés rester hospitalisés au niveau du rôle 2 mais ils doivent bénéficier au plus tôt d'une MEDEVAC vers un rôle 3 ou un rôle 4. C'est pourquoi le rôle 2 dispose de la capacité de mise en condition d'évacuation des opérés, y compris en vue d'une MEDEVAC stratégique (8).

#### 4. Le rôle 3

Le rôle 3 correspond à un Hôpital Médico-Chirurgical (HMC). Il accueille des malades et des blessés provenant d'une structure de rôle 2. Il s'agit d'un hôpital de campagne avec des moyens médico-chirurgicaux plus ou moins comparables à ceux d'un hôpital de métropole (10). Ce niveau est celui des traitements spécialisés des malades et blessés. (8).



Figure 9. L'HMC KAIA

La formation de rôle 3 accepte tout type de patients et pratique des techniques avancées de réanimation et de chirurgie, facilitées par l'existence de lits de réanimation, de chirurgie viscérale et d'orthopédie, ainsi que de chirurgies spécialisées. Elle comprend également des capacités de diagnostic et de traitements médicaux spécialisés qui varient en fonction du théâtre où il est déployé, incluant, tout comme dans un rôle 2, un laboratoire de biologie médicale (8).

Les HMC peuvent être, soit sous tente, comme ce fût le cas à Mostar, en Bosnie-Herzégovine, soit dans des locaux existants, comme à Kaboul où l'HMC KaIA (*Kaboul International Airport*), installé en 2009 (10). Actuellement, aucune structure de rôle 3 n'est déployée en OPEX.

## 5. Le rôle 4

Le niveau de soins de rôle 4, complètement intégré dans la chaîne de santé, correspond au niveau de traitement définitif des blessés et malades (8). Il permet également la remise en condition des blessés de guerre qui nécessitent des Soins de Suite et de Réadaptation (SSR) (16). Il n'est présent que sur le territoire national. Il s'agit des huit Hôpitaux d'Instruction des Armées (HIA) situés à Bordeaux, Brest, Clamart, Lyon, Marseille, Metz, Toulon et Vincennes (8).

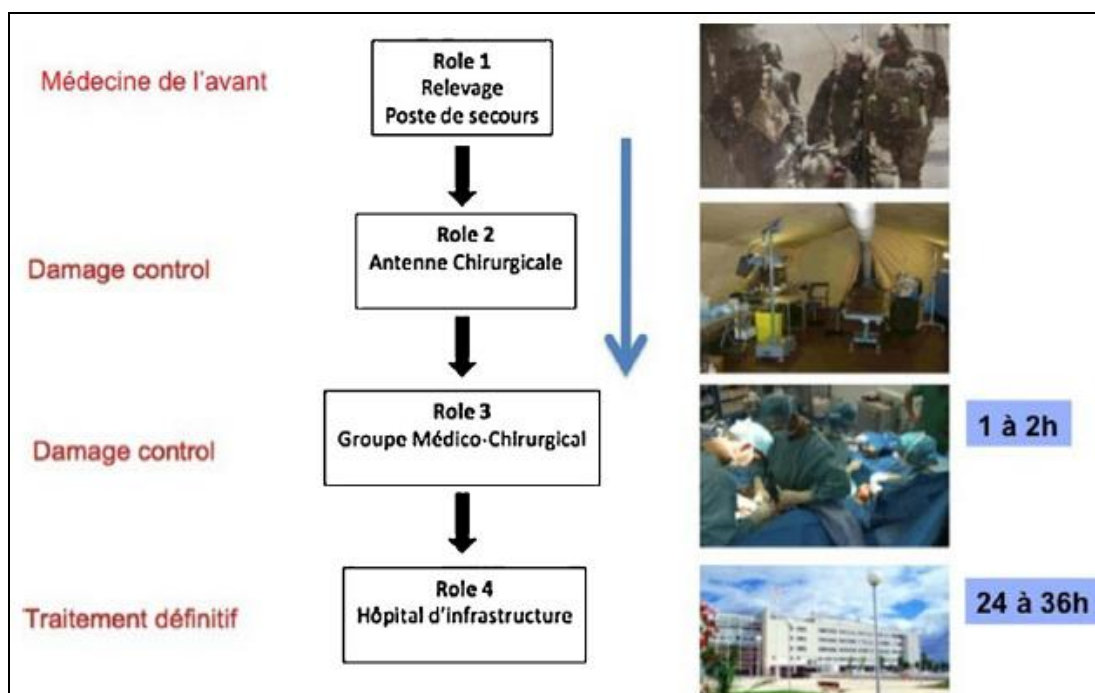


Figure 10. Schéma des différents rôles et OPEX

### III. L'évacuation médicale (RAPASAN et MEDEVAC)

La France ne réalise pas une hospitalisation de longue durée au niveau du théâtre d'opérations. Le blessé ou malade est ainsi évacué vers la structure hospitalière la plus adaptée du territoire national métropolitain pour traitement définitif (8).

Une MEDEVAC (EVACuation MEDicale) est donc le transport médicalisé d'un blessé, depuis le lieu de la blessure jusqu'à une UMO (Unité Médicale Opérationnelle), mais aussi entre deux UMO, pour des raisons de soins ou de diagnostic, sur prescription médicale (8). En

outre, un RAPASAN (RAPatriement SANitaire) correspond au transport d'un blessé léger (en incapacité de continuer la mission, mais qui ne nécessite pas d'un suivi médical pendant le transport) du théâtre d'opération vers la France.

Plusieurs types de vecteurs peuvent être utilisés :

- vecteurs aériens
- vecteurs routiers
- vecteurs maritimes (8).

Nous pouvons noter que les trains sanitaires, largement utilisés il y a un siècle durant le premier conflit mondial, ne sont pas un vecteur utilisé en OPEX. Nous ne développerons que les évacuations aériennes, dans lesquelles peuvent se trouver des équipements de biologie médicale.

On distingue trois natures différentes de MEDEVAC, différenciées selon leurs capacités et leurs modes d'actions :

- les MEDEVAC à l'avant (ou *forward* MEDEVAC)
- les MEDEVAC tactiques
- Les MEDEVAC stratégiques

Les deux premières sont dites intra-théâtres (8). A leur bord, se trouve une équipe médicale composée au minimum d'un médecin et d'un infirmier (17).

Les MEDEVAC stratégiques, quant à elles, réalisent des trajets entre le théâtre d'opérations et la France ou un pays allié (8). Ces évacuations incluent aussi bien le militaire victime d'une traumatologie « bénigne », dans l'incapacité de poursuivre sa mission et nécessitant des soins appropriés, que le blessé par balle, stabilisé dans une structure chirurgicale déployée (17).



La France dispose également d'une capacité d'évacuation collective de blessés graves sur longues distances. Le lot MORPHEE (MOdule de Réanimation pour Patients à Haute Elongation d'Evacuation) et les équipes du SSA transforment alors l'avion ravitailleur C135-FR de l'Armée de l'air en un service de réanimation volant (17).



Figure 11. Le dispositif MORPHEE



Figure 12. Le dispositif MORPHEE

Les MEDEVAC sont effectuées, dans la majorité des cas, sous surveillance médicale ou paramédicale continue (8).

Ainsi, afin d'offrir les meilleures chances de survie, de guérison ou de réadaptation, la chaîne médicale est organisée de manière continue autour du triptyque « médicalisation de l'avant –réanimation précoce – évacuation sanitaire ».

#### IV. Ravitaillement sanitaire et maintenance

Le matériel médical dont doit disposer chaque structure de soin en OPEX (dont le laboratoire) est réuni dans un ensemble appelé dotation (8). Celle-ci est commandée auprès de la Direction des Approvisionnements des Produits de Santé des Armées (DAPSA) pour être ensuite envoyée sur le théâtre par le biais des Etablissement de Ravitaillement Sanitaire des Armées (ERSA, de Marseille ou de Vitry-le-François selon le théâtre et les disponibilités) par aéronefs (18). Sur place, c'est l'Unité de Distribution des Produits de Santé (UDPS) qui effectue, reçoit et redistribue les commandes vers les différentes UMO. Cette structure est commandée par un pharmacien militaire (19).

La maintenance des appareils biomédicaux est effectuée sur place par un Technicien de Maintenance des Equipements Biomédicaux (TMEB), qui est rattaché à l'UDPS (19).

## La place de la biologie au sein des structures opérationnelles

Le choc hémorragique est une des principales causes de mortalité du combattant et la première cause évitable. Il a été démontré que son pronostic est étroitement corrélé à la nature et à la précocité de la thérapeutique transfusionnelle, particulièrement chez le blessé de guerre (20). La biologie d'urgence rentre donc dans le processus de prise en charge du blessé au plus tôt, du module de chirurgie vitale jusque dans les HIA.

En outre, la chaîne de santé doit s'exercer en tout temps, en tous lieux et en toutes circonstances, y compris en ambiance nucléaire, radiologique, biologique et chimique (NRBC) (8). Or les forces engagées en OPEX sont susceptibles d'être exposées à des risques infectieux naturels ou provoqués. Cela explique la nécessité de la mise en place d'un laboratoire servi par un technicien au niveau des GMC, HMC ou des hôpitaux embarqués (correspondant à des structures de rôle 2 ou 3) (2).

Les examens de biologie médicale représentent donc une composante importante du soutien de santé, en particulier ceux réalisés en urgence lors d'afflux de blessés ou de toute situation mettant en jeu le pronostic vital du patient (21).

### I. Les besoins

#### 1. Les militaires français

- **Les blessés de guerre**

Au combat, la majorité des lésions est due à un traumatisme pénétrant suite à une explosion. Les engins explosifs improvisés sont la cause la plus fréquente de blessures, qui touchent majoritairement : les extrémités inférieures et supérieures (50%), la tête et le cou



(30%), l'abdomen (10%) et le thorax (6%). Les moyens individuels de protection jouent aussi un rôle dans la topographie lésionnelle (12).

Des analyses rétrospectives ont confirmé que la plupart des « morts évitables » lors de combats ou après avoir atteint une structure chirurgicale étaient d'origine hémorragique. En effet, l'hémorragie représenterait entre 83 et 87 % de ces morts évitables, suivie du pneumothorax suffocant (22).

- **Les soins courants**

Bien que la médecine d'urgence soit la spécialité la plus importante du SSA en opération extérieure, les équipes soignantes traitent également les pathologies inhérentes au contexte opérationnel et environnemental (10).

À titre d'exemple, au cours de l'opération *Serval* (Mali) les diarrhées et les coups de chaleur ont constitué le premier motif de consultation ainsi que la première affection en terme de morbidité au sein des forces (23). De même, au Liban, au niveau d'un rôle 1, les affections les plus fréquemment retrouvées furent les plaies, les diarrhées et les mycoses. Les pathologies infectieuses constituaient environs 30% des consultations et étaient très variées (24). Nous pouvons également citer l'exemple de l'opération *Sangaris* (RCA) pendant laquelle la moitié des traumatismes traités étaient dus à des accidents de la voie publique ou à des accidents de travail sur le camp (25).

Ainsi, le poste médical et l'antenne, même s'ils sont dédiés à la prise en charge des blessés de guerre, assurent également le soutien médical et chirurgical courant des forces françaises sur le camp (25).

## 2. Les militaires d'autres nations

Le SSA peut être amené à soigner des militaires étrangers dans le cadre d'opérations internationales, voire même des ennemis comme le mentionne la convention de Genève.

Ce fut, entre autres, le cas en Afghanistan où l'HMC de KAIA a recueilli des blessés afghans qui participaient aux opérations à nos côtés (26) ; ou encore au Tchad, à Faya Largeau, où le médecin des éléments français participait à la coopération militaire en apportant son soutien dans les consultations en dispensaires aux militaires et à leur famille (27).

Dans ce cas, les personnels de santé sont amenés à traiter, comme pour les soldats français, des blessures de guerre (dues à des explosifs, balles ou autres) (26), mais aussi des pathologies peu retrouvées chez les militaires français dues aux spécificités de la population locale. En effet, l'isolement géographique, les conditions climatiques, la pauvreté et l'instabilité politique sont tels que la situation sanitaire est bien moindre que celle du SSA. Des pathologies tropicales comme la trypanosomiase, des problèmes de malnutrition ou une mauvaise hygiène bucco-dentaire peuvent être ainsi retrouvés (27).

### 3. L'aide Médicale à la Population (AMP)

Par ailleurs, il est possible que les équipes soignantes apportent une aide sanitaire aux populations, qu'il s'agisse de vaccinations, consultations ou soins d'urgence. Au-delà du secours prodigué, ce soutien participe à l'amélioration des contacts avec la population locale (10).

C'est par exemple le cas au Liban où des actions d'AMP sont organisées chaque semaine dans des dispensaires de proximité où les motifs de consultation sont essentiellement des pathologies chroniques et une délivrance de médicament est possible (28). Nous pouvons également citer comme exemple le GMC déployé à Gao (Mali) dont l'AMP constituait 75% de son activité chirurgicale (29).

## II. Le module de chirurgie vitale

Le MCV a pour but de sauver des blessés situés dans des zones extrêmement isolées. En ce sens, il permet de mettre en place une chirurgie très précoce, dans l'heure qui suit la blessure. Il est donc principalement dévoué à la prise en charge de blessés hémorragiques et

comprend une dotation pré-positionnée du Centre de Transfusion Sanguine des Armées (CTSA). Celle-ci est constituée de Concentrés de Globules Rouges (CGR) et de kits « tout en un » pour réaliser une transfusion de sang total comprenant le matériel de biologie médicale (un kit de groupage sanguin ABO permettant 200 déterminations et 20 cartes pré-transfusionnelles SAFETY) (30).

### III. Les plateaux techniques des rôles 2 et 3

#### 1. Généralités

Les structures de type 2 sont capables de pratiquer des gestes chirurgicaux de sauvetage (31). Le laboratoire, sous tente (au moins pour le début de la mission, même s'il peut être directement en une structure métallo-textile), doit déterminer et mesurer l'essentiel des paramètres biologiques indispensables à la réanimation du blessé. Ces paramètres incluent le groupage sanguin et l'hématocrite capillaire mais aussi, depuis la mise sur le marché d'appareils compacts, d'autres paramètres comme la gazométrie artérielle et l'ionogramme sanguin (la fonction coagulation est plus difficile à explorer avec seulement la mesure du TP disponible) (32). Le plateau technique est donc volontairement limité avec de quoi réaliser un bilan standard (31). Il permet de mettre en place la « biologie au lit du patient » (33).



Figure 13. L'installation initiale à GAO



Figure 14. L'installation initiale à GAO

Au sein d'un GMC (ou « rôle 2 étendu »), le laboratoire est généralement installé dans une structure métallo-textile climatisée, mieux adaptée aux conditions de fonctionnement des

analyseurs, son plateau technique comprend un plus grand nombre de tests et il est doté d'une hotte, permettant par exemple d'effectuer des examens de bactériologie (identification, antibiogramme...) dans de bonnes conditions d'hygiène et de sécurité. (33).



Figure 15. Le laboratoire de GAO



Figure 16. L'extérieur du *shelter*

En effet, sur les théâtres d'opération, les infections constituent la seconde cause de morbidité (après les traumatismes) (34), particulièrement dans les pays en développement à bas niveau d'hygiène (35). Les laboratoires de campagne sont un réel appui pour les cliniciens en ce qui concerne le diagnostic de ces pathologies (36).

D'autant plus que l'émergence de Bactéries Multi-Résistantes (*Staphylococcus aureus* Résistants à la Méricilline, entérobactéries productrices de Bêtalactamases à Spectre Elargi, Entérocoques Résistants à la Vancomycine) constitue un risque de plus en plus présent en OPEX. En ce sens, il est nécessaire d'appliquer des mesures de lutte contre la transmission de ces BMR dont le dépistage systématique à l'admission (écouvillonnage nasal et rectal) (37).

Toutefois, il est rare d'effectuer des prélèvements microbiologiques avant que le blessé ne soit évacué vers un rôle 4. En effet, les délais actuels de la culture des agents infectieux et de l'antibiogramme sont trop longs : les résultats n'arrivent qu'une fois le blessé revenu en France. Cependant, si le blessé reste plus de 48 heures sur le théâtre, il est possible

d'effectuer des prélèvements au niveau des plaies ainsi qu'un antibiogramme afin de dépister rapidement la présence de BMR (21).

Le recours à des prélèvements microbiologiques dans ce contexte de blessés de guerre ne peut s'envisager que dans des structures de rôle 2 « étendu » ou de rôle 3.

Ainsi, au niveau d'un rôle 3, l'HMC comprend un laboratoire dont le plateau technique est plus large. Dans le cas de l'HMC de Kaboul la dotation en équipements était globalement doublée et il était armé par deux techniciens afin de répondre aux afflux massifs de victimes et de pouvoir assurer une permanence vingt-quatre heures sur vingt-quatre (31).



Figure 17. Le laboratoire de l'HMC à KAIA



Figure 18. Le laboratoire de l'HMC à KAIA

## 2. La spécificité du dispositif dans la marine

Le milieu maritime impose un soutien autonome dans chaque bâtiment. Les équipes doivent donc être en mesure de soigner, de stabiliser, voire d'opérer directement leurs blessés dans un environnement particulièrement confiné (38). Les équipages sont strictement limités, tous les bâtiments ne disposent pas de médecin à bord ; ce qui explique une organisation des services de soins spécifique à la marine (10).

Au cours de longues missions loin des côtes, le personnel médical doit faire preuve d'une large panoplie de compétences. Ainsi, un laboratoire d'analyses (biologie-biochimie) peut exister sur les bâtiments les plus importants (ou bâtiments de surface de premier groupe) : sur les trois bâtiments de Projection et de Commandement (*Mistral*, *Tonnerre* et *Dixmude*), ainsi que sur le porte-avions (39), doté d'un dispositif spécifique dû à sa propulsion nucléaire (40). En effet, le *Mistral*, le *Tonnerre* et le *Dixmude* disposent d'une capacité de traitement et d'hospitalisation de blessés pouvant être assimilée à celle d'un HMC tandis que le *Charles-De-Gaulle* est doté d'installations correspondant à un rôle 2 étendu (41).

Dans les sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE), la contrainte de l'isolement est d'autant plus forte qu'une mission dure 70 jours dans une discrétion absolue. Un médecin et un infirmier anesthésiste sont présents à bord et doivent être en mesure de faire face à toutes les éventualités (10). Les locaux hospitaliers d'un SNLE comprennent un laboratoire (42), constitué de divers analyseurs de biologie permettant la réalisation d'hémogrammes, de bilans de la coagulation et de biochimie, et de gaz du sang (43). Celui-ci est inclus dans le bloc opératoire qui est multifonctions (42).



Figure 19. Le bloc opératoire à bord d'un SNLE

Lors de la réalisation d'une intervention chirurgicale, l'ensemble de ses locaux est reconfiguré pour obtenir un bloc opératoire cohérent (42). Au niveau du remplissage vasculaire, seule la transfusion de sang total est utilisable au sein d'un SNLE (les produits sanguins labiles, ou PSL,

ayant une durée de péremption trop courte). Le médecin dispose donc de deux kits standards de transfusion en situation d'exception et de tests pour le dépistage du Virus d'Immunodéficience Humaine (VIH) (44).

### 3. Les risques spécifiques Nucléaires, Radiologiques, Biologiques et chimiques

- Le risque Nucléaire-Radiologique

Le laboratoire de terrain intervient dans le processus de prise en charge des victimes d'accidents d'irradiation par la réalisation d'une Numération Formule Sanguine (NFS) et de prélèvements cytogénétiques afin d'établir une dosimétrie biologique. En effet, le nombre de lymphocytes pendant les quarante-huit premières heures permet d'obtenir une estimation de la dose reçue. Les prélèvements cytogénétiques sont envoyés dans les vingt-quatre heures à température ambiante à l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) ou à l'Institut de recherche Biomédicale des Armées (IRBA) (45).

- Le risque Biologique

L'usage terroriste des agents pathogènes est un risque de plus en plus présent actuellement, notamment en OPEX (35). C'est pourquoi il semble nécessaire de connaître ces agents pathogènes ainsi que de réaliser des prélèvements biologiques afin de pouvoir les étudier (46). Lors d'un incident biologique, plusieurs types de patients peuvent être pris en charge :

- Sujets asymptomatiques exposés ou suspects d'avoir été exposés
- Sujets polytraumatisés suite à l'explosion d'une bombe chargée d'agent biologique (si l'agent a résisté à la chaleur de l'explosion)
- Sujets symptomatiques infectés

Dès le moment où des militaires sont suspectés d'avoir été en contact avec un agent biologique, des échantillons sont récupérés au sein de l'environnement, notamment lorsque l'exposition fait suite à une explosion. Toutefois, il y a des situations où le recueil de ces

échantillons est difficile, dans ce cas on peut avoir recours aux prélèvements sur des sujets exposés non décontaminés (même s'ils sont de faible rendement diagnostique) (46).

Une fois prélevés, ces échantillons doivent être manipulés dans un poste de sécurité microbiologique de type boîte à gant, et il est obligatoire de porter des tenues de tissus imperméable de type TYVEK®, des lunettes de protection et un masque de type FFP3 (2). Ils sont ensuite envoyés en France vers des structures de référence (hôpitaux, centres de recherche), en conditions de sécurité et respectant les normes internationales (emballage à triple épaisseur, étiquetage au nom du patient, conteneurs étanches, documents d'accompagnement) (46).

Le laboratoire LC05 ne comprend pas ce système de boîte à gant dans sa dotation (40) contrairement au module additionnel prévu dans le projet EMIBE, qui est également doté de techniques de biologie moléculaire et immunologique dédiées à l'identification rapide des agents du risque biologique (2). Le seul laboratoire ayant été déployé disposant de ce matériel fût celui installé au Centre de Traitement des Soignants (CTS) pour faire face à l'épidémie d'Ebola (47).

- Le risque Chimique

Les principales menaces chimiques actuelles sont représentées par les Neurotoxiques OrganoPhosphorés (NOP), les agents vésicants, les agents suffocants et des agents cyanés (48).

Les NOP regroupent, entre autres, le Soman, le Sarin, le VX, et le tabun. Le diagnostic d'une intoxication à ces produits repose principalement sur les circonstances d'exposition et sur les signes cliniques (crise cholinergique due à l'inhibition des cholinestérases). Toutefois, celui-ci peut être rapidement confirmé par le dosage de l'activité des cholinestérases. En effet, une intoxication modérée s'accompagne en général d'une diminution de 50 à 80% de cette activité, 80 à 90% en cas d'intoxication sévère et plus de 90% pour une intoxication engageant le pronostic vital. Pour un diagnostic le plus précis possible, deux dosages sont



complémentaires : le dosage de l'activité des butyrylcholinestérases qui est le plus simple, faisable dans de nombreux laboratoires et le dosage de l'activité des acétylcholinestérases érythrocytaires qui est le plus fiable mais qui nécessite du matériel spécialisé. C'est également un bon indicateur de l'efficacité thérapeutique. Pour l'instant, les laboratoires de campagne ne sont pas équipés du matériel nécessaire pour effectuer ces dosages, toutefois leur dotation pourra peut-être bientôt comporter l'appareil ChEcheck mobile® (Securetec) qui permet de déterminer ces deux activités à partir d'un microéchantillon de sang total (49).

Par ailleurs, en ce qui concerne les autres agents chimiques, aucun suivi biologique spécifique n'a encore été développé dans le cas d'une intoxication aiguë. Un suivi des constantes biologiques classiques est néanmoins une aide au diagnostic et à la détermination de la sévérité de l'intoxication (50).

#### IV. La biologie au sein des MEDEVAC

L'évacuation médicale ou MEDEVAC constitue une mission essentielle du SSA en OPEX. Elle permet de prendre en charge l'hémorragie en extrême urgence et de débiter les mesures thérapeutiques et de réanimation dès le transport des blessés (51).

##### 1. Au sein d'un vecteur d'un aéronef médicalisé

###### I. Evacuation sanitaires concernant 1 à 3 blessés

Les Falcon 50 et 900 sont utilisés respectivement pour les évacuations d'un patient allongé, et pour deux ou trois blessés. Ces appareils sont dotés d'un lot de convoyage comprenant des matériels spécifiques de surveillance des constantes biologiques (appareil d'analyse de gaz du sang, de l'hémoglobine et de l'hématocrite, de la glycémie...). Ce lot de convoyage est standardisé, adaptable à la durée de vol et permet la plus grande autonomie possible (52).

## II. Missions d'évacuation en CASA médicalisé

Le CASA CN235-200 est un aéronef tactique de transport qui peut être utilisé en version sanitaire pour des MEDEVAC tactiques ou stratégiques. Le lot médicalisé embarqué est le lot CM30 (lot de Convoyage Médical 30 prévu pour 30 MEDEVAC) permettant un transport collectif de blessés. Celui-ci comprend du matériel de diagnostic biologique (un Hémocue® et un appareil de gaz du sang de type Opticca®) (53).

Nous devons noter l'absence de monitoring de la coagulation à bord des aéronefs militaires français. Or, la coagulopathie qui complique les hémorragies traumatiques est fréquente et aggrave le pronostic des blessés de guerre, rendant nécessaire le monitoring des taux de plaquettes, du fibrinogène et du taux de prothrombine dans les heures qui suivent un traumatisme sévère (54).

### 2. Le dispositif d'évacuation collective MORPHEE

Il s'agit d'un dispositif de MEDEVAC permettant le transport de blessés lourds, le décollage devant intervenir sous 24 heures au maximum (10). L'appareil utilisé est le Boeing C 135 médicalisé, qui peut parcourir 7000 km sans escale.



Figure 20. L'intérieur du dispositif MORPHEE      Figure 21. L'extérieur du dispositif MORPHEE

Les équipements permettent la mise en place d'un véritable hôpital volant, capable de transporter jusqu'à douze blessés, douze membres d'équipage et douze soignants (10).

Outre les stations de réanimation, le système comporte des équipements d'analyses biologiques (10). Si l'état du patient le justifie, les systèmes de recueil devant être visibles, une gazométrie, une mesure de l'hématocrite par micro-méthode et une glycémie capillaire sont réalisées avant le décollage (55).

## V. Exemples de laboratoires déployés

Actuellement quatre laboratoires sont déployés en opérations extérieures : un au niveau du GMC de Djibouti, un à N'Djamena (Tchad), un à Gao (Mali) et un en République de Côte d'Ivoire ; sans compter le porte-avions Charles De Gaulle qui part fréquemment en opération, ainsi qu'un BPC et un SNLE qui sont en mission permanente.

### 1. Opération « *Sangaris* » (République centrafricaine, RCA)

L'équipe du rôle 2 projetée en RCA était la 14<sup>e</sup> antenne chirurgicale parachutiste. Les équipements disponibles comprenaient un « mini-laboratoire » permettant de faire un dosage de l'hémoglobine, un ionogramme, des sérologies HIV et hépatites B/C, et un groupage sanguin (25).

### 2. L'unité médicale de transit dans le cadre de l'opération « *Serval* »

A partir du moment où les combats ont diminué, le SSA a dû réduire les structures de soins mises en place pour adapter ses moyens à la situation du théâtre. C'est la raison pour laquelle à partir d'avril 2013, seul un GMC fut maintenu à Gao et l'Unité Médicale de Transit (UMT) remplaça l'antenne chirurgicale déployée à Bamako. Celle-ci disposait à peu près des mêmes matériels médicaux que l'ACA, dont un système de biologie délocalisée (type Epop<sup>®</sup>). Pour le reste des examens de laboratoire, elle a pu s'appuyer sur les structures de santé locale, avec qui elle a développé un réseau de soins (56).

### 3. Apport du laboratoire de campagne lors de l'épidémie de diarrhées profuses à Gao

Au cours du mois d'avril 2013 une épidémie de diarrhées s'est propagée au sein des militaires de Gao. Le laboratoire de campagne installé sur place a participé à la surveillance épidémiologique de cette épidémie. Les techniciens ont ensemencé des prélèvements de selles sur milieu de Cary-Blair et les ont envoyés à l'Institut National de Recherche en Santé Publique (INRSP) pour la recherche de vibriens cholériques et au Centre Médico-Social (CMS) de Bamako pour la recherche des autres pathogènes fécaux. Cela a permis d'isoler des *Shigella dysenteriae* sur plusieurs d'entre elles. Ce diagnostic biologique a non seulement contribué à la surveillance épidémiologique des pathologies sévissant dans les forces armées, mais il a également permis de mettre en évidence la source de l'épidémie et de mettre en place des mesures correctives, comme l'amélioration de l'hygiène des mains, de l'eau et des aliments. Cette étude a également mis en évidence les problèmes d'acheminements des prélèvements depuis les théâtres d'opération vers la France (23).

### 4. L'opération Tamarin (EBOLA)

La France a commencé à participer à l'action internationale pour la lutte contre le virus Ebola en Guinée-Conakry pendant l'été 2014 en mettant en place des capacités de MEDEVAC et de rapatriement des patients contagieux vers l'HIA Bégin (57).

Pour répondre au nombre de plus en plus important de patients atteints du virus Ebola, un centre de traitement des soignants (CTS) a été installé en janvier à Conakry (58), sous trois tentes climatisées (47) capables d'accueillir une dizaine de soignants infectés et comprenant un laboratoire (47). Ce CTS avait pour dessein non seulement d'établir le diagnostic mais aussi le suivi des patients contaminés (ou suspects) par le virus Ebola (59).

En effet, il était nécessaire de déployer un laboratoire sur place car le seul laboratoire autorisé à manipuler des échantillons sanguins contaminés par le virus Ebola en France était le Laboratoire de Sécurité Biologique de niveau 4 (LSB4), situé à Lyon, et celui-ci n'était pas

en mesure d'effectuer les analyses de biologie courantes pour tous les patients (59). Ainsi, le laboratoire du CTS fût le premier laboratoire de niveau de sécurité « P3 » modulaire (ou LSB3) déployé en OPEX par la France (60). Il a permis de protéger les biologistes et les techniciens de laboratoire qui ont manipulé le sang contaminé mais aussi d'empêcher la propagation du virus dans l'environnement grâce à son enceinte comportant un système de dépression (structure « ISOROOM »). L'équipe médicale comprenait deux médecins biologistes assistés de quatre techniciens de laboratoire (58) ayant suivi une formation spécifique de huit jours pour être habitués au matériel de biologie moléculaire et aux règles de biosécurité. Il fût installé en une journée et actif sept jours sur sept (59).



Figure 22. Le laboratoire P3 au CTS



Figure 23. Le laboratoire P3 au CTS

Le diagnostic du virus Ebola se fait par une RT-PCR spécifique du virus dans le plasma humain (tube EDTA) (58). Pour assurer la sécurité biologique des manipulateurs, l'inactivation virale

par centrifugation et inactivation du plasma (47) était effectuée dans le système « boîte à gant » (équipement rigide en dépression) (59).

Une fois l'inactivation et le diagnostic effectués, d'autres analyses devaient suivre : l'hémogramme, les tests de coagulation, l'analyse biochimique (ionogramme, bilan rénal, hépatique...) ainsi que les tests de diagnostic rapide pour la dengue, le paludisme et le VIH (47) , permettant de suivre les conséquences du virus Ebola sur l'état des patients (61). Les résultats étaient imprimés à l'intérieur des « boîtes à gant » et transmis par bluetooth ; les équipements dont disposait le laboratoire étaient :

- le mini-kit ARN viral QIAamp<sup>®</sup> et le kit de RT-PCR RealStard<sup>®</sup> pour la RT-PCR (58)
- Hemochron<sup>®</sup> pour la coagulation
- Piccolo Xpress<sup>®</sup> pour l'analyse biochimique, les bilans rénal et hépatique
- Triage Meter Pro<sup>®</sup> pour les D-Dimères, le Binding Natriuretic Peptide (BNP) et la troponine (47).

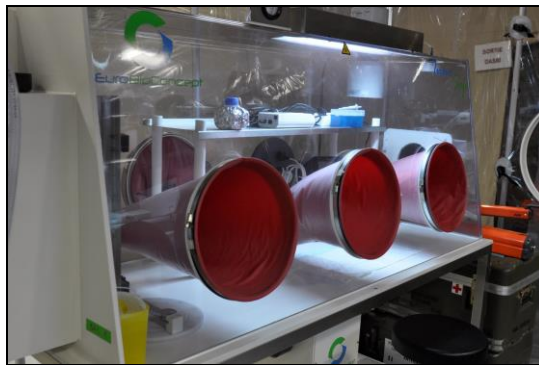


Figure 24. Le système de confinement au laboratoire P3 du CTS

Néanmoins, le laboratoire ne disposait pas d'équipements spécifiques de bactériologie, ceux-ci étant indisponibles dans les délais impartis dans la mise en place de la mission (59).

Des règles d'identitovigilance strictes furent appliquées pour éviter les erreurs (numéro d'identification rattaché à la prescription...) (47), de même que des procédures rigoureuses d'élimination des déchets et de décontamination (notamment des « boîtes à gants ») afin d'éviter la propagation du virus (60).

En plus de la prise en charge des patients atteints par le virus Ebola, le personnel de laboratoire a également participé à un protocole de recherche clinique (préparation et conditionnement d'échantillons pour les envoyer au laboratoire LSB4 de l'IRBA) ainsi qu'à des études sur la conservation pré-analytique de ces échantillons et sur la survie du virus dans l'environnement en zone d'hospitalisation (59).

Ce laboratoire mobile est resté actif pendant presque 7 mois (quatre équipes se sont succédées) ; près de 300 bilans ont été effectués pour 61 patients hospitalisés (59). Ce fut une innovation de par son équipement et son niveau de sécurité (47), il a permis de réduire de manière radicale le temps entre le prélèvement sanguin, l'analyse du plasma et la transmission des résultats au clinicien, se montrant ainsi plus intéressant que les laboratoires situés loin des patients (61) et essentiel pour la description de la maladie (47). Il a ainsi participé à la baisse de la létalité chez les patients accueillis. Les équipements ayant été reconditionnés, ils pourront être réutilisés, à condition qu'ils soient régulièrement évalués, mis à jour en fonction des évolutions technologiques et que les personnels de laboratoire soient formés (59).

En conclusion, un laboratoire mobile de campagne présente de nombreux avantages en OPEX car il permet l'analyse des prélèvements biologiques en toute sécurité, que ce soit des analyses de routine comme l'identification d'agents pathogènes dangereux ainsi que le conditionnement pour le transport de certains échantillons vers des laboratoires de référence en France. Il comporte un éventail assez large d'examen biologiques, indispensables dans le cadre du soutien des forces, permet d'améliorer la qualité de prise en charge thérapeutique des patients et renforce la surveillance épidémiologique des armées déployées (2).

Adaptable, il peut être installé sous tente comme dans un *shelter*, bien qu'il faille la climatisation pour le bon fonctionnement des appareils, ce qui permet une certaine souplesse d'emploi face aux différents types de missions (2).

Il peut également intervenir en cas de menace NRBC : déployé au plus proche des victimes, il constitue un véritable atout dans le système de prise en charge et d'identification de l'agent en cause (45). Enfin, il peut être intégré au sein d'un système de coopération avec les nations alliées ou participer à des missions européennes, voire internationales, à but humanitaire ou militaro-humanitaire (2).

## Comparaison avec les nations alliées de l'OTAN

La plupart des opérations actuelles sont multinationales, afin de diminuer la charge des pays contributeurs, mais aussi parce que tous les pays de l'OTAN ne sont pas en capacité de déployer un système complet de santé en OPEX. Malgré la volonté d'interopérabilité par des accords de normalisation (STANAG, *standardization agreement*), des différences persistent dans les pratiques médicales (32).

### I. Le modèle anglo-saxon

Les systèmes de santé français et britanniques diffèrent, pour des raisons essentiellement historiques, culturelles et économiques ; et les systèmes de santé militaires n'échappent pas à cette règle (62). Les Anglo-Saxons sont plutôt adeptes de la méthode dite de « *Scoop and Run* », ce qui vise à limiter le plus possible le temps passé sur le terrain pour une MEDEVAC précoce tandis que la France préfère exercer une médicalisation pré-hospitalière (32). L'occasion d'effectuer des analyses biologiques est donc plus rare au niveau des structures médicales américaines que françaises.

Une autre différence que l'on retrouve dans le système britannique est le « Biomedical Scientist », qui effectue à la fois les analyses de biologie médicale, l'approvisionnement en sang, en produit dérivés du sang et est responsable de la qualité des médicaments à leur réception auprès de la « Medicine and Healthcare products Regulatory Authority » (MHRA), équivalent de l'Agence Nationale de Sécurité des Médicaments et des produits de santé (ANSM) française (63). Nous verrons un peu plus loin que dans le système français c'est le technicien de laboratoire qui effectue les analyses, le médecin anesthésiste-réanimateur qui



est responsable de la banque de sang et le pharmacien qui est chargé de l'approvisionnement des produits de santé. De plus, dans le système américain, des médecins et des infirmiers sont habilités à effectuer des analyses biologiques si l'activité du laboratoire déployé devient trop importante (64).

Nous pouvons également aborder l'informatisation du laboratoire, qui est complète dans le système américain contrairement au laboratoire de campagne français, avec un dossier patient permettant de tracer les résultats biologiques. Néanmoins, ce logiciel informatique ne permet pas de relier les structures déployées entre elles, ni avec le Centre Médical Régional de Landstuhl, qui constitue le centre de référence américain pour l'envoi d'échantillons biologiques depuis les théâtres d'opération (64).

En ce qui concerne le panel de tests, le laboratoire déployé par le service de santé américain a la possibilité de commander des kits spécifiques (diagnostic du paludisme, du VIH, de la grippe, et du Streptocoque de groupe A) en plus de sa dotation. Il existe plusieurs kits pour chaque agent à détecter, comportant des sensibilités, des spécificités et des prix différents, choisis en fonction du besoin. C'est à la fois un avantage et un inconvénient car par cette diversité, la dotation n'est pas standardisée ni interchangeable entre laboratoires déployés (64).

Toutefois, le Royaume-Uni, les Etats-Unis et la France appartiennent tous les trois à l'OTAN, leurs systèmes de santé militaires doivent donc répondre à une certaine standardisation et sont plus ou moins similaires, avec un découpage en quatre rôles. On retrouve les mêmes concepts de médicalisation de l'avant, *damage control surgery*, et *damage control resuscitation* (63), inspirés du *Tactical Combat Casualty Care* (22).

Ainsi, il est tout à fait possible de comparer un rôle 2 français au *shock room* des Anglo-Saxons, qui constituent tous les deux une structure chirurgicale (22), à laquelle est rattaché un laboratoire d'analyses médicales (65).

De même ces laboratoires sont, la plupart du temps, équipés par des automates équivalents, voire les mêmes automates (par exemple, le ROTEM® ou le TEG® pour la coagulation, Piccolo® et I-Stat® pour la biochimie) et sont dotés d'une batterie de tests rapides similaires (recherche d'agents infectieux, détermination du groupe sanguin, tests nécessaires à la transfusion de sang total...) (66).

## II. Le système allemand

Tout comme celle du SSA, la doctrine du service de santé de la Bundeswehr met en œuvre une prise en charge médicale en OPEX qui doit correspondre, en termes de résultats, au même niveau de traitement qu'en Allemagne (36).

Actuellement, trois laboratoires de campagnes sont déployés par le service de santé de la Bundeswehr (en Afghanistan, au Kosovo et au Mali). Il s'agit de laboratoire de base, avec des équipements de biochimie, d'hématologie, d'hémostase et de microscopie (diagnostic du paludisme). Il dispose également de tests rapides (variant en fonction des OPEX : paludisme, VIH, dengue...), d'une banque de sang et du nécessaire pour effectuer le groupage sanguin.

Ainsi nous pouvons voir que le service de santé allemand a standardisé ses dotations pour les OPEX, tout comme le SSA, en répondant aux critères de l'OTAN. Nous pouvons donc retrouver un matériel équivalent entre laboratoires allemand et français. Cette standardisation augmente l'interopérabilité entre le soutien santé français et allemand (67).

En plus de ces laboratoires classiques, le service de santé de la Bundeswehr déploie des laboratoires spécialisés en microbiologie (actuellement, un de ces laboratoires est présent en Afghanistan et un au Kosovo). Ces laboratoires spécialisés disposent par exemple du matériel nécessaire pour la culture de souches bactériennes, des tests ELISA ainsi que des techniques de biologie moléculaire (GeneXpert pour la détection des SARM et pour la tuberculose). Toutefois pour des pathologies telles que les arboviroses, des échantillons biologiques doivent être envoyés dans les centres de référence.

Les personnels occupant ces laboratoires spécialisés ne sont pas forcément des spécialistes en microbiologie (36). C'est pour cette raison que l'armée allemande a développé le concept de « télé-microbiologie » afin d'améliorer les techniques de diagnostic des organismes infectieux. Celle-ci consiste à rajouter à la dotation des laboratoires un microscope à lumière transmise de type standard avec source fluorescente ultraviolette, un microscope stéréo, et deux sources de lumière froide destinées à illuminer les cultures sur lames à photographier. Ce concept permet de transmettre des images à un centre de référence situé en Allemagne pendant que le technicien continue de travailler sous le microscope et réalise des prises de vue (36).

Ce module de « télé-microbiologie » est une particularité allemande et a montré son efficacité en ce qui concerne la visualisation des colonies bactériennes, des structures parasitaires et le diagnostic du paludisme. Son avantage décisif a surtout résidé dans la proportion nettement plus élevée de diagnostics d'espèces corrects, grâce à la contribution de l'expert biologiste (36).

Malgré les quelques différences que l'on peut noter au sein des différents systèmes de santé, le projet de l'OTAN *Smart Defence Tier 1.15 « Pooling and Sharing Multinational Medical Treatment Facilities »* a pour objectif de développer des niveaux de prise en charge équivalents pour tous les rôles 2 des nations de l'OTAN. Ainsi, il a pour dessein de partager des capacités médicales nationales standardisées et de créer des capacités de rôles 2 basées sur des modules normés, composés de personnel et d'équipements réellement interopérables pouvant donc être réarrangés, remplacés et mutualisés (8).

## Partie 2 : Organisation actuelle de la biologie médicale en opération extérieure

Dans cette deuxième partie, nous commencerons par aborder les réglementations en vigueur en OPEX en ce qui concerne la biologie médicale. Nous verrons ensuite quels en sont les acteurs ainsi que les besoins auxquels le laboratoire de campagne doit répondre. Puis nous détaillerons les équipements disponibles sur le terrain ainsi que la manière dont ils sont ravitaillés. Enfin, nous terminerons par exposer la démarche qualité qui est mise en œuvre par le technicien de laboratoires déployé sur le théâtre.

## Aspects réglementaires

En opération extérieure, les conditions de travail sont tout à fait différentes de celles appliquées sur le territoire national. En effet, le laboratoire de campagne n'a rien de comparable au laboratoire d'un hôpital de métropole, que ce soit dans son équipement comme dans son fonctionnement. Néanmoins, des normes doivent être appliquées sur le terrain en ce qui concerne les risques professionnels et les équipements dont dispose le laboratoire mais aussi l'information médicale des blessés et malades.

### I. Prévention des risques professionnels

Une instruction ministérielle définit l'ensemble des actions de Prévention des risques professionnels qui doivent être appliquées pour tous les militaires en opération extérieure :

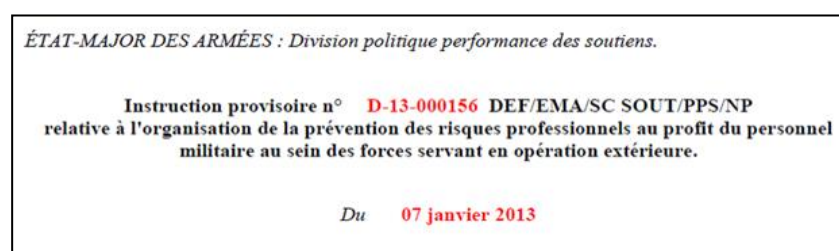


Figure 25. Instruction ministérielle sur la prévention des risques professionnels en OPEX

La prévention des risques professionnels consiste : « à garantir, autant que faire se peut, avant, pendant et après le déroulement de l'opération, l'intégrité physique et psychique de l'individu qui pourrait être atteinte par son activité ou par le simple fait de sa présence sur le théâtre d'opérations ». L'objectif est d'établir une réglementation aussi proche possible de

celle appliquée sur le territoire français, afin d'offrir les meilleures conditions de travail aux militaires.

## II. Obligations des personnels du SSA

En OPEX, comme en France, le personnel du SSA est tenu de respecter le Code de la défense ainsi que le Code de Santé Publique. En cas de manquement à ces obligations, il peut recevoir une sanction pénale (liée à une faute médicale possiblement considérée comme une infraction) et/ou devoir la réparation du dommage causé en cas de faute détachable du service (8).

## III. Information médicale

Etant donné que les services de santé des différents pays membres de l'OTAN doivent agir en coopération, des documents de normalisation ont été rédigés en ce qui concerne les techniques et les nomenclatures. Ces documents s'appliquent particulièrement dans le cadre d'échange d'informations médicales entre les systèmes d'information de pays différents (68).

Lorsqu'un patient appartenant à l'un des pays membres est pris en charge sur le théâtre d'opération au sein d'une UMO d'un autre pays, une fiche contenant l'enregistrement de ses constantes biologiques doit être faite. Cette fiche doit répondre aux standards exigés par la publication *STANAG 2571*, elle doit accompagner le patient lors de son transfert entre hôpitaux et doit être envoyée aux autorités de santé militaires nationales lorsque cela est demandé, ce qui nécessite une interopérabilité des systèmes informatiques métiers (68).

En outre, la traçabilité du suivi biologique est indispensable pour la poursuite et l'évacuation *a posteriori* de la prise en charge (69).

## IV. Équipement obligatoire

L'OTAN a mis en place une standardisation des panels de tests obligatoires selon les différents rôles (1,2 et 3), qui sont listés dans la publication *STANAG 2571* (Annexe 1).

## V. Particularité des MEDEVAC et des bâtiments de la Marine

### 1. Informations médicales

Nous avons vu plus tôt que lors d'une évacuation d'un patient étranger, une feuille de traçabilité des constantes biologiques doit l'accompagner tout au long du vol. De la même manière, au cours d'une MEDEVAC d'un soldat français, les bonnes pratiques (utilisées dans les hôpitaux) doivent être appliquées : le patient doit avoir auprès de lui son dossier médical contenant ses constantes biologiques pendant l'évacuation (69).

### 2. Réglementation des appareils biomédicaux embarqués

Tout comme le reste des produits de santé, les appareils d'analyses biologiques embarqués au sein des aéronefs doivent avoir fait la preuve de leur efficacité mais aussi de leur employabilité, pour des raisons de sécurité, au cours des différentes phases de vol. Le matériel de biologie est en général prévu pour fonctionner sur des plages de 15 à 30°C et de 0 à 65% d'humidité, or au cours du vol ils peuvent être exposés à des variations de température et d'hygrométrie extrêmes, rapides et importantes. C'est pourquoi une évaluation préalable est nécessaire pour assurer que leurs performances ne se dégradent pas en vol (résultats erronés) (70).

## VI. Les Déchets d'Activité de Soins à Risques Infectieux (DASRI)

De la même manière qu'en France, les DASRI doivent être stockés dans des collecteurs auto-scellables spécifiques (conteneurs jaunes signalés par le sigle « risque biologique ») (2).



Figure 26. Les collecteurs DASRI

Ces collecteurs à usage unique répondent à la norme NF X 30-500 et sont équipés :

- d'une fermeture provisoire
- d'une fermeture définitive et inviolable
- d'un dispositif de préhension externe qui garantit l'absence de contact entre les mains de l'utilisateur et l'intérieur du conditionnement
- d'un système anti-reflux hors du récipient lors de l'utilisation
- d'une résistance à la perforation, aux fuites et aux chocs (71).

Ils sont ravitaillés par l'Unité de Distribution des Produits de Santé (UDPS) depuis la France, et sont ensuite incinérés ou éliminés, au sein de l'armée ou par une entreprise locale (le plus courant), en conformité avec la réglementation du pays concerné (2).

### Les Acteurs

Les acteurs de la biologie médicale en OPEX sont, non seulement les personnels déployés au sein des laboratoires de campagne (les techniciens de laboratoire) mais aussi les



professionnels de santé qui utilisent du matériel de biologie médicale en dehors du laboratoire (infirmiers et médecins anesthésistes-réanimateurs, convoyeurs de l'air), les personnels responsables de la maintenance de ces appareils et, enfin, les biologistes qui peuvent être déployés au cours de missions extraordinaires comme dernièrement la mission Tamarin en Guinée-Conakry.

## I. Les techniciens de laboratoires

Ils ont le statut de Militaires Infirmiers et Techniciens des Hôpitaux des Armées (MITHA) du SSA.

### 1. Formation

Les techniciens de laboratoires sont recrutés dans l'armée une fois diplômés (72). Au moment de leur recrutement, ils suivent une formation militaire se composant de quatre semaines à Rochefort (73), suivi de deux semaines à Metz (centre d'instruction santé de l'armée de terre) (74), ce qui leur permet d'acquérir les connaissances militaires et techniques nécessaires pour travailler au sein du SSA et pour partir en OPEX (72). Une formation à l'utilisation des équipements déployés en OPEX est assurée au laboratoire de l'HIA Bégin juste avant le départ. Pour les techniciens issus du monde hospitalier celle-ci est généralement courte (1 semaine) ; par contre pour les techniciens d'autres horizons (IRBA, SPRA...) la formation est plus longue.

### 2. En OPEX

Des techniciens de laboratoires partent régulièrement en OPEX où ils sont affectés au laboratoire adjuvant à la structure médicale en place (75). Ainsi, ils effectuent les analyses biologiques et les transmettent directement aux cliniciens de manière écrite ou orale. Ils sont envoyés en général au niveau d'un rôle 2 (ou parfois rôle 3 comme en Afghanistan) puisqu'on ne retrouve pas de laboratoire de campagne dans les rôles 1.

### 3. Dans les laboratoires embarqués

Au sein des bâtiments de la Marine qui disposent d'un laboratoire, le technicien de laboratoire fait partie de l'Elément Chirurgical Embarqué (ECE). Avec le manipulateur d'électroradiologie, ils permettent aux médecins et chirurgiens de bord de poser des diagnostics en pratiquant des examens complémentaires (76).

## II. L'Infirmier Anesthésiste Diplômé d'Etat (IADE)

Les IADE du SSA ne sont pas formés à l'Ecole des Personnels Paramédicaux des Armées mais sont également recrutés sur contrat une fois leurs études terminées. Ils suivent la même formation militaire que les techniciens de laboratoire et possèdent le même statut de MITHA (77). Ils sont projetables sur n'importe quel site opérationnel, ce qui représente leur cœur de métier, où ils sont responsables de la transfusion de sang total et de la détermination de groupe pré-transfusionnelle qui l'accompagne (78).

En outre, à bord d'un SNLE, l'IADE constitue à lui seul le service d'anesthésie mais son rôle à bord ne se limite pas à la réalisation de l'anesthésie. En effet, c'est à lui que revient le rôle d'effectuer les analyses de biologie médicale, il doit donc recevoir un complément de formation pour acquérir les compétences de technicien de laboratoire (42).

## III. Les médecins anesthésistes-réanimateurs (MAR)

En OPEX, la dotation en produits sanguins labiles est limitée. Cette « mini » banque du sang ainsi que le groupage sanguin pré-transfusionnel sont sous la responsabilité du MAR, secondé par les IADE pour sa gestion pratique (79).

En outre, le MAR est régulièrement amené à effectuer des analyses par lui-même sur le terrain telles que des analyses de gaz du sang (Annexe 2).

#### IV. Les convoyeurs de l'air

Il s'agit d'une unité spécifique de l'armée de l'air constituée de militaires de l'armée de l'air et de MITHA formés en aéronautique et au sauvetage au combat, et participant aux MEDEVAC. Ayant une parfaite connaissance du matériel médical, ils sont responsables de la sécurité à bord et secondent le médecin dans la prise en charge des blessés. Ce sont donc eux qui effectuent les analyses biologiques au cours des EVASAN (10).

#### V. Les techniciens biomédicaux

Présent en métropole, outre-mer et sur les théâtres d'opérations extérieures où la France est engagée, le Technicien de Maintenance des Equipements Biomédicaux (TMEB) assure la maintenance des matériels de santé en service dans les formations du SSA. Il suit une formation biomédicale et technique à l'Etablissement Central des Matériels du Service de Santé des Armées (ECMSSA) et une formation militaire initiale avant d'être affecté dans un HIA ou envoyé en OPEX (80).

#### VI. Les biologistes

Ce sont soit des pharmaciens soit des médecins du service de santé.

En ce qui concerne leur formation, ils effectuent leurs études à l'Ecole de Santé des Armées et, une fois avoir obtenu leur diplôme respectif, ils doivent passer le concours de l'assistantat puis suivre les six années d'études supplémentaires pour obtenir le doctorat en biologie. Les médecins peuvent être d'anciens internes (actuellement la spécialité n'est plus proposée à la suite de l'Examen Classant National).

Ils sont rarement (voire jamais) envoyés au sein des laboratoires de campagnes en OPEX ; toutefois ils peuvent être projetés lors de missions extraordinaires telles que l'opération Tamarin en Guinée-Conakry pendant l'épidémie du virus EBOLA. En effet, pendant les sept

mois de cette mission, quatre équipes se sont succédé, chacune composée de deux médecins et de quatre techniciens de laboratoires. Ces biologistes ont suivi une formation spécialisée, composée dans un premier temps d'une partie du module de formation commune à tous les personnels projetés sur le CTS dispensée au Centre de Formation Opérationnelle de Santé (CeFOS) situé à la Valbonne, et dans un second temps d'une formation spécifique aux techniques d'analyse exercées dans le laboratoire de confinement (qui a été dispensée pendant huit jours à l'HIA Bégin). Cette seconde formation a été possible grâce à une réplique du laboratoire déployé en Guinée-Conakry installée dans un hangar au niveau de l'HIA, ce qui a permis aux biologistes de se familiariser avec le matériel envoyé sur le théâtre d'opération (59).

## Les besoins

Comme nous l'avons vu plus tôt, les blessés les plus fréquents en OPEX sont les blessés hémorragiques, c'est pourquoi l'organisation de l'accueil de ces blessés constitue un point stratégique des antennes chirurgicales (81). En effet, au niveau de l'accueil des urgences, obtenir un bilan lésionnel précis et complet est l'objectif principal. Toutefois, cela ne doit pas retarder les interventions thérapeutiques qui doivent être mises en place le plus rapidement possible (21). Cela a induit le besoin de développer le concept de biologie d'urgence.

Néanmoins, le blessé hémorragique ne constitue pas le seul type de patient retrouvé en OPEX. Le laboratoire de campagne a pour mission de soutenir le dispositif médical déployé sur le théâtre, qui accueille la plupart du temps des soldats atteints de pathologies courantes, infectieuses ou non.

### I. Le triage des blessés

Le triage a comme objectif de définir une priorité de traitement et (ou) d'évacuation entre les différents blessés (82). Il débute toujours par l'examen clinique qui est, selon le théâtre et la structure mise en place, complété par des examens biologiques. Les analyses vont de la

détermination rapide de l'hématocrite au bilan complet comprenant NFS, ionogramme et gaz du sang qui participent à l'évaluation de l'état du blessé (82).

## II. La prise en charge du blessé de guerre

### 1. Diagnostic biologique de l'hémorragie

Dès la prise en charge initiale du blessé hémorragique (rôle 1) puis pendant la MEDEVAC vers un rôle 2 ou un rôle 3, une réanimation transfusionnelle est entreprise. Celle-ci doit être guidée par l'analyse de constantes biologiques telles que l'hématocrite, même si peu d'exams sont disponibles à ce niveau-là (22).

A l'arrivée dans une structure chirurgicale, le *damage control* est organisé (comme nous l'avons expliqué plus tôt) afin de limiter la survenue de la triade létale « coagulopathie / acidose / hypothermie » (22). Lorsque l'hémorragie est très importante, la réanimation circulatoire est mise en place avant même de recevoir les examens de laboratoire (20-45 minutes) (83). Un prélèvement sanguin est envoyé au laboratoire après la mise en place d'un abord vasculaire afin d'établir le bilan biologique (81). En effet, certaines analyses sont nécessaires pour guider la réanimation, et sont effectuées essentiellement par des méthodes rapides de biologie délocalisée (83). Nous pouvons citer comme exemple le bilan hématologique, point essentiel pour la décision transfusionnelle, constitué d'un groupage sanguin, de la mesure de l'hémoglobine et (ou) de l'hématocrite par microméthode. Des examens plus complets sont réalisés par le laboratoire mais leur résultat est plus long à obtenir, tels que la thromboélastographie (pour l'instant celle-ci a été uniquement testée à l'HMC de KAIA), le bilan d'hémostase (Taux de Prothrombine ou TP, Temps de Céphaline avec Activateur ou TCA, fibrinogène, plaquettes, International Normalized Ratio ou INR) et le gaz du sang, qui donnent une appréciation quantitative de l'hémorragie (83).

Lorsque le blessé hémorragique a besoin d'une transfusion de CGR ou d'autres produits sanguins labiles, c'est le technicien qui a pour mission de déterminer le groupage sanguin (du blessé et des poches de CGR) (81). Il a à sa disposition les documents, consommables et réactifs au sein des dotations des rôles 2 et des rôles 3 (30).

Tous les soldats français portent une plaque d'identité autour du cou comportant leur groupe sanguin. Malgré cela, en OPEX comme en France, toute transfusion de CGR non O doit s'accompagner du contrôle du groupe sanguin du blessé (en général fait juste avant le départ en OPEX) ainsi que du test de compatibilité ABO entre son sang et le CGR (carte pré-transfusionnelle au lit du blessé). De même, lorsqu'un laboratoire de campagne est présent, il est recommandé de tester la compatibilité entre le plasma du blessé et le CGR transfusé. En revanche, la recherche d'anticorps irréguliers n'est pas faite sur le théâtre d'opération car les moyens analytique d'immuno-hématologie à disposition ne le permettent pas d'une part, et d'autre part, la banque du sang est limitée (81).

Ainsi, nous pouvons voir que les examens de biologie médicale constituent un double atout dans la prise en charge du blessé hémorragique. Ils sont une aide au triage des blessés, permettant de distinguer ceux qui ont une coagulopathie de ceux qui n'en ont pas ; mais ils permettent aussi de guider la prise en charge thérapeutique. En effet, le bilan d'hématologie et de coagulation sont une bonne représentation des produits à administrer ainsi que du suivi de la transfusion (83).

## 2. Transfusion de sang total

Il est impossible de transfuser des concentrés plaquettaires en OPEX. C'est la raison pour laquelle, lorsque la situation le demande (manque de PSL), il est recommandé d'effectuer une transfusion de sang total (procédure d'urgence, en général au sein d'un rôle 2). Celle-ci est possible grâce à l'identification de donneurs volontaires avant le départ en mission. Elle consiste à injecter directement au blessé du sang total provenant d'un des donneurs (30). Cela induit la nécessité d'examens de biologie pour la qualification du sang du donneur.

Dans le cas du recours au sang total, des examens de biologie sont réalisés chez le donneur pour qualifier le sang prélevé tout en prenant en compte l'impératif d'urgence et d'exception. Les techniques utilisées dépendent du niveau d'équipement de la structure prenant en charge le blessé. Deux types d'examens sont pratiqués : le groupage sanguin et des tests de diagnostic rapide (TDR) pour le VIH, le Virus de l'Hépatite C (VHC) et le Virus de

l'Hépatite B (VHB) (81). Un échantillon de sang est cependant envoyé en France pour la qualification complète au CTSA du donneur et du receveur (84).

Il est possible d'effectuer une transfusion de sang total au sein d'un rôle 1, mais cela reste une pratique exceptionnelle. Dans ce cas, l'analyse des groupes sanguins du donneur et du receveur se fait sur du sang total prélevé dans un tube EDTA car les postes médicaux ne possèdent pas de centrifugeuse. En ce qui concerne les sérologies pour le VIH, VHC et VHB elles se font, comme dans un rôle 2, grâce à des tests de diagnostic rapide. Néanmoins une qualification complète *a posteriori* se fera au CTSA (81).

Ainsi, dans la prise en charge du blessé de guerre, nous pouvons voir que les besoins en biologie médicale relèvent principalement de biologie d'urgence et donc de résultats transmis dans un délai court. On appelle un examen de laboratoire « urgent » lorsque le temps entre le prélèvement et la transmission du résultat est d'environ une demi-heure. Cet examen (qui est en général un dosage) doit donc être effectué en une quinzaine de minutes. Comme exemples de dosages urgents nous pouvons citer le gaz du sang ou la détermination de l'hémoglobine (21). Néanmoins, le suivi de ce blessé de guerre, et notamment de la surinfection des plaies nécessite des analyses plus longues, telles que les examens de microbiologie.

### 3. Risque de surinfection des blessures de guerre

Les engins explosifs comme les balles sont responsables chez le blessé de guerre de dilacérations, de pertes de substance voire d'arrachements, entraînant des lésions délabrantes (85). L'infection des blessures de guerre correspond à la deuxième cause de mortalité au combat, d'autant plus qu'une augmentation de l'émergence de BMR est à noter (86).

Une étude rétrospective a été effectuée par des équipes médicales des HIA parisiens sur 132 soldats rapatriés entre 2011 et 2012. Les résultats ont montré que les bactéries les plus

retrouvées au niveau des plaies ouvertes sont *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* et vingt-deux pourcent de ces patients étaient porteurs de BMR .

Sur les théâtres où le patient est amené à rester plus de quarante-huit heures, des analyses de microbiologie sont nécessaires pour identifier le germe infectant ainsi que pour l'établissement d'antibiogrammes, qui sont une aide indiscutable à la prise en charge thérapeutique (21).

### III. Les soins courants

Les examens de biologie d'urgence, même s'ils sont indispensables (notamment au niveau des ACA) ne représentent qu'une petite partie du panel d'examens disponibles dans un laboratoire de campagne. En effet, dans le cadre des soins courants, le laboratoire a à sa disposition des appareils permettant d'effectuer des analyses qui ne sont pas des examens urgents (dont le dosage se fait en plus de quinze minutes) afin de répondre aux demandes des cliniciens. Ils participent à l'amélioration des conditions de travail des médecins et chirurgiens et au confort des patients (21).

Nous pouvons citer parmi ces examens les analyses de microbiologie, qui permettent, par exemple, de réaliser des antibiogrammes ou encore de mettre en culture des souches bactériennes lors d'épidémies de gastro-entérites (23). De même, les forces armées comprenant un certain nombre de femmes, des analyses de biologie, et notamment de bactériologie, peuvent être demandées par les cliniciens dans le cadre d'un suivi gynécologique, par exemple si la patiente montre des signes cliniques d'infection génitale haute (87).

Enfin, au sein d'un rôle 3, ces analyses peuvent s'intégrer dans le cadre des consultations faites à l'hôpital par des spécialistes (88).



## IV. L'aide médicale à la population

Les populations qui peuvent être soignées par des équipes médicales françaises, présentent la plupart du temps des pathologies endémiques (paludisme, trypanosomiase, drépanocytose...) ou chroniques (diabète...) dont le diagnostic ou le suivi (éventuellement les deux) nécessitent des examens de laboratoires (notamment en parasitologie) (27).

En outre, dans le cadre de l'AMP, les équipes médicales déployées en OPEX peuvent être amenées à soigner des femmes enceintes. Leur suivi, et notamment la surveillance du risque de pré éclampsie nécessite d'effectuer des analyses de biologie médicale, comprenant une NFS, un bilan rénal et hépatique, le dosage du fibrinogène, de l'acide urique et de la protéinurie (87). Ces analyses sont réalisées au sein du laboratoire de campagne accompagnant le dispositif médical déployé.

### Les équipements de biologie médicale

La plupart des appareils compris dans la dotation du laboratoire de campagne sont des analyseurs de biologie délocalisée, nécessaires pour répondre aux contraintes environnementales opérationnelles.

Certains de ces équipements peuvent être utilisés par les cliniciens (en particulier les anesthésistes-réanimateurs) mais la plupart sont intégrés au sein du laboratoire de campagne, accompagnant le dispositif médical mis en place sur le théâtre d'opération (rôle 2 ou 3).

#### I. Les locaux du laboratoire de campagne

La plupart du temps, le laboratoire de terrain est installé dans une construction modulaire type Algeco® (appelé aussi *shelter*) soumise aux normes internationales ISO en ce qui concerne ses dimensions. Etant donné que tous les appareils ne fonctionnent pas à des

températures extrêmes, il est doté d'une climatisation et d'un système de chauffage capables de fonctionner en atmosphère tropicale.

N'étant pas totalement indépendant, son alimentation en électricité et en eau est assurée par le support logistique ou raccordée à un réseau public (en cas d'absence de formation support).

L'intérieur du conteneur est également standardisé. Il comprend les paillasses (plastifiées), des placards et des tiroirs (en acier inoxydable) nécessaires au technicien pour effectuer les analyses. L'équipement a été conçu par l'ECMSSA pour être facile à nettoyer et à décontaminer. La sécurité biologique est assurée par le recueil des effluents liquides dans des caisses de relevage et leur désinfection par adjonction d'eau de javel avant leur rejet. L'équipement mis en place est prévu uniquement pour des analyses sur des prélèvements biologiques humains et n'est pas destiné à analyser des échantillons provenant de l'environnement hormis l'eau (2).



Figure 27. L'extérieur d'un laboratoire



Figure 28. L'intérieur d'un laboratoire

Le laboratoire de campagne peut être organisé en trois modules distincts, bien que le dernier ne soit pas souvent déployé (module optionnel). Tout d'abord, nous pouvons trouver une première unité réservée aux prélèvements d'échantillons biologiques, suivi du module principal qui constitue le laboratoire avec tous les appareils nécessaires aux analyses. L'élément optionnel constitue un laboratoire spécifique pour le diagnostic des agents du risque biologique (bactéries, virus ou toxines) et n'est déployé que dans le cadre d'une

exposition des troupes à un risque NRBC, en complément du laboratoire de campagne déjà mis en place (2).

Il arrive que le laboratoire évolue au fil de la mission, en fonction des besoins de la structure médicale déployée. Par exemple à Gao (au Mali), le rôle 2 mis en place (sous tentes) comportait initialement un mini-laboratoire (non géré par un technicien de laboratoire) avec pour seules capacités le dosage de l'hémoglobine, le groupage sanguin et les TDR pour le VIH, le VHB et le VHC. Dix mois plus tard, les besoins ayant augmentés, ce rôle 2 évolua en GMC, un laboratoire de campagne adjacent fût installé dans une structure métallo-textile, géré par un technicien de laboratoire (29).

## II. Les critères de choix du matériel

Les équipements présents au sein du laboratoire de campagne ne sont pas utilisés dans les mêmes conditions que dans les hôpitaux en France. Ils doivent répondre à une demande la plupart du temps urgente et parfois suite à un afflux massif de blessés. C'est pourquoi ils doivent être rustiques, fiables, autonomes et simples d'emploi. De même, la maintenance (effectuée par le technicien biomédical) doit être facile et limitée (32).

En outre, ils doivent être facilement transportables afin de faciliter la mise en place initiale sur le théâtre ; et les locaux du laboratoire n'étant pas très importants, les appareils doivent être les plus petits possibles, avec un rapport poids/volume le plus réduit possible (empreinte logistique limitée) (32).

Au niveau de leur utilisation, les cliniciens demandent souvent des analyses en urgence et leur mise en œuvre doit donc être rapide. Le ravitaillement étant limité par le nombre d'avions, les techniciens de laboratoire doivent anticiper les stocks de consommables afin d'éviter les pénuries et les périmés (32).

En ce qui concerne les consommables, leur conditionnement doit être unitaire afin d'assurer leur intégrité, les effluents liquides et les réactifs sensibles à la chaleur doivent être évités dans la mesure du possible, les réactifs doivent être prêts à l'emploi afin de pouvoir répondre aux besoins urgents des cliniciens et enfin leur durée de péremption doit être assez longue pour faciliter l'approvisionnement (33).

Ces critères de choix particuliers nécessitent une conception spécifique, que les entreprises civiles ne sont pas toujours en mesure de fournir ; c'est la raison pour laquelle des groupes de travail de spécialistes (urgentistes, biologistes, chirurgiens...) se réunissent en collaboration avec les nations alliées. Leur but étant d'aboutir à une amélioration des équipements de biologie médicale. Les principaux axes de travail concernent la biologie délocalisée, l'adaptation aux conditions extrêmes des pays tropicaux ainsi que leur utilisation en conditions aéronautiques (32).

### III. Les dotations

Sur le théâtre d'opération, le panel d'examens réalisables est réduit, de même que le nombre de techniciens exerçant dans le laboratoire de campagne (la plupart du temps un seul, deux au maximum sauf lors de missions importantes pour la biologie comme la mission Tamarin où quatre techniciens étaient nécessaires). Cette restriction implique une définition claire et précise de la dotation en examens de biologie par les praticiens des armées (et notamment l'équipe médico-chirurgicale) (21).

Comme nous l'avons dit plus tôt, le rôle 1 et les antennes chirurgicales (rôle 2 classique) ne disposent pas de laboratoire de campagne mais comportent dans leur dotation des équipements de biologie délocalisée utilisés par les cliniciens (40).

On ne retrouve un laboratoire de campagne qu'à partir du rôle 2 étendu (GMC). Tout comme le local qui l'abrite, la dotation du laboratoire de campagne est assez standardisée et définie par des praticiens du SSA. Actuellement le laboratoire déployé est le modèle Laboratoire de Campagne version 2005 (LC05), mis en place il y a une dizaine d'années.

Néanmoins, cette dotation est en train d'évoluer, notamment suite au rapport du groupe de travail de septembre 2015 et suite au retour d'expérience de la mission Tamarin (40).

En outre, cette composition varie en fonction du niveau de laboratoire déployé : on retrouve une dotation similaire au sein du laboratoire d'un GMC, à bord des bâtiments de surface de premier groupe et des SNLE, mais elle diffère de la dotation d'un HMC (40).

## IV. (Immuno) Hématologie et Hémostase

### 1. Groupage sanguin

Comme nous l'avons dit précédemment, la transfusion de CGR est assez courante en OPEX du fait du grand nombre de blessés hémorragiques et chaque soldat porte son groupe sanguin sur la plaque d'identité autour du cou. Néanmoins, un test de Beth-Vincent est réalisé avant toute transfusion de CGR de groupe non O ou de sang total ainsi qu'une épreuve de compatibilité entre le plasma du receveur et le CGR à transfuser (81).

Pour effectuer ces tests, les structures de rôle 1 et de rôle 2 classique sont dotées d'un kit de groupage sanguin ABO-D avec réactifs liquides (1 anti A, 1 anti B, 1 anti AB, 1 anti D et 1 témoin) (30).



Le GMC, les bâtiments de surface du premier groupe, les SNLE ainsi que l'HMC disposent de la même dotation, c'est à dire :

- d'une carte gel pour groupage ABO-RH par la technique Beth Vincent avec anticorps monoclonaux (méthode manuelle)
- du nécessaire pour effectuer un groupage en carte gel DIAMED (centrifugeuse, réactifs pour effectuer le test de Beth Vincent et l'épreuve de Simonin)
- d'une plaque pour groupage sanguin (30)

Toutefois, en OPEX, la recherche d'anticorps irréguliers est impossible car leur détermination nécessite un réactif qui est difficile à conserver de par sa fragilité et sa durée de péremption courte. En outre, en cas d'urgence vitale immédiate, le rhésus n'est pas non plus pris en compte (30).

Ainsi, au sein des postes médicaux et des antennes chirurgicales, la qualification rapide du sang se fait par les cliniciens (en général les réanimateurs) alors que dans les GMC et HMC elle se fait dans la cellule laboratoire, avec des méthodes un peu plus poussées.

## 2. Le kit de transfusion de sang total

Le CTSA a développé deux types de kits de prélèvements de sang total qui diffèrent en fonction de la structure médicale déployée.

La dotation du rôle 1 comprend un kit de sang total « tout en un », c'est-à-dire qu'il permet à la fois la collecte, la qualification et la transfusion de sang total, même en conditions d'isolement. Il comporte donc tous les documents (fiche technique d'information post-don, fiche technique pour le prélèvement, fiche d'interrogatoire simplifiée et de suivi), ainsi que les consommables et réactifs nécessaires à toutes les étapes de la transfusion. Ce kit est également intégré au sein du MCV et c'est le CTSA qui a la charge de son ravitaillement (30).

Les dotations des rôles 2 et 3, quant à elles, comprennent le kit « standard » qui contient uniquement le matériel nécessaire pour le prélèvement de sang du donneur ainsi que les tubes destinés à la qualification biologique du don. Il est ravitaillé par la même voie que les réactifs de laboratoire (30). Les tubes sont des échantillons prélevés avant la transfusion (au donneur et au receveur) et envoyés au CTSA qui effectue *a posteriori* les sérologies (VIH, VHB, VHC et Human T-cell Lymphotropic Virus ou HTLV) afin de réaliser la qualification biologique complète du don. Néanmoins, au moment de la transfusion, les cliniciens effectuent une détermination rapide de la présence d'anticorps anti-VIH et anti-VHC grâce à des tests de diagnostic rapide (81). En effet le « kit standard » comprend :

- Un test de dépistage VIH 1 et 2 (kit individuel) avec les accessoires spécialisés (test INSTI VIH)
- Un test VIH1 et VIH2 (BISPOT IMMUNOCOM II)
- Un test rapide pour la détection des anticorps anti-VHC (ORAQUICK) (30).



Figure 30. Une carte de contrôle pré-transfusionnel SAFETY

### 3. L'HemoCue® Hb 201+ (HemoCue AB, Ängelholm, Suède)

Il s'agit du modèle d'analyseur de l'hémoglobine le plus représenté au sein des antennes chirurgicales. L'analyseur Hémocue® HB 201+ est un appareil permettant la détermination rapide de la concentration en hémoglobine à partir de n'importe quel prélèvement sanguin (capillaire, veineux ou artériel). Il peut être utilisé par du personnel autre qu'un technicien de laboratoire (par les réanimateurs par exemple, notamment au sein d'une antenne chirurgicale), et donne un résultat en moins d'une minute avec une qualité proche de celle retrouvée avec les appareils d'hématologie dans les laboratoires d'hôpitaux (21).



Figure 31. L'Hémocue®

Il est en dotation dans les antennes chirurgicales ainsi que dans le lot de convoyage standard au sein des aéronefs destinés aux MEDEVAC (52). Il s'accompagne des réactifs nécessaires à son fonctionnement (kit de nettoyage cleaner, calibrateur bas, normal et haut HémoTrol et micro-cuvettes de prélèvement).

### 4. L'Horiba ABX Micros 60 CS (Horiba ABX SAS, Montpellier, France)

Cet automate permet la réalisation d'une Numération Formule Sanguine et lymphocytaire complète (numération des hématies, de la concentration en hémoglobine, calcul des paramètres érythrocytaires, dénombrement des thrombocytes, lymphocytes, monocytes et polynucléaires) par des techniques de photométrie (21).





Figure 32. L'Horiba ABX Micros 60 CS®

D'un encombrement réduit, on le retrouve dans la dotation du laboratoire de GMC, des bâtiments de la marine et des SNLE. Il peut ainsi être mis en œuvre dans des petits espaces et permet aux techniciens de transmettre facilement les résultats aux cliniciens grâce à son imprimante matricielle. Il est capable de traiter entre 60 échantillons par heure sur tube ouvert et 55 échantillons par heure sur tube fermé (21).

### 5. Le Start 4® (Stago, Paris, France)

Présent au sein des structures de rôle 2, dans les bâtiments de la marine (groupe 1), et les SNLE, il s'agit d'un analyseur semi-automatique permettant de réaliser le bilan de coagulation. En effet, il détermine le taux de prothrombine (TP), le temps de céphaline avec activateur (TCA) ainsi que le taux de fibrinogène et de facteur V.

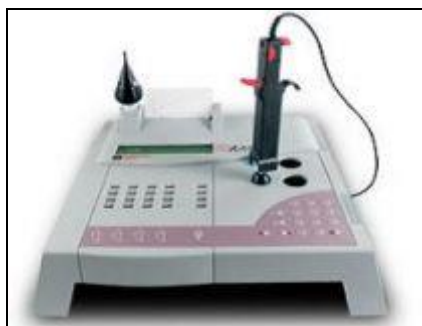


Figure 33. Le Start 4®

C'est un appareil compact et dont la mise en œuvre est facile grâce à des applications préprogrammées et une courbe de calibration mémorisée. De même, la gestion des numéros de lot de réactifs et des contrôles qualité est simple à effectuer (21).

## 6. Le Coagucheck® XS Pro (CXSprö) (Roche Diagnostics, Mannheim, Allemagne)

Actuellement à l'essai à bord des SNLE, cet appareil ne fait pas encore partie des dotations des formations sanitaires en OPEX. Néanmoins, quelques études ont été faites afin de déterminer son utilité au sein de l'armée.

Il s'agit d'un analyseur portable, de taille réduite, capable de mesurer le taux de prothrombine ainsi que l'INR à partir de sang veineux ou de sang capillaire. Habituellement, il est utilisé pour la surveillance biologique des patients traités par Anti-Vitamine K (AVK) et il a été récemment validé en chirurgie hémorragique afin d'être utilisé au service d'accueil des urgences (54).



Figure 34. Le Coagucheck XS Pro ®

D'octobre 2011 à janvier 2012, une étude prospective monocentrique menée par une équipe médicale de l'HIA Sainte-Anne, a évalué l'utilisation du CXSprö à l'hôpital militaire de Kaboul. Elle a montré des résultats similaires entre le Coagucheck® et l'appareil utilisé classiquement au laboratoire, avec un gain de vingt minutes. Nous pouvons donc en déduire que cet analyseur pourrait être inclus dans la dotation des antennes chirurgicales (89).

En outre, le Coagucheck® XS Pro pourrait également se rendre utile au sein d'une MEDEVAC, puisqu'actuellement aucun monitoring de la coagulation n'est effectué au sein des avions militaires. Dans ce sens, un retour d'expérience rapporte l'utilisation de cet automate pendant une MEDEVAC concernant trois soldats victimes de plaies par balle. Grâce au Coagucheck® XS pro, le bilan de coagulation de ces trois blessés graves a pu être surveillé pendant les onze heures de vol, permettant ainsi de guider la prise en charge thérapeutique de la coagulopathie. Ce retour d'expérience a donc également mis en évidence l'apport de cet appareil, notamment lorsque la disponibilité en produits sanguins labiles est limitée (54).

## V. Biochimie

Les appareils de biochimie du laboratoire de campagne utilisent des techniques-réactifs de chimie sèche, qui sont peu retrouvées parmi les analyseurs sur le marché. Ces techniques utilisent des réactifs plus stables que la chimie liquide, les appareils sont plus robustes, plus faciles d'entretien et de maintenance, et aucun effluent liquide n'est à gérer (40).

### 1. L'Opti CCA® (Roche Diagnostics, Mannheim, Allemagne)

Il s'agit d'un analyseur de gaz du sang qui fonctionne à l'aide de cassette à usage unique (90). Il permet la détermination :

- Du pH
- De la pression partielle en dioxyde de carbone ( $PCO_2$ )
- De la pression partielle en oxygène ( $PO_2$ )
- De la saturation en oxygène ( $SaO_2$ )
- De la concentration en hémoglobine
- Du sodium
- Du potassium
- Des chlorures



Figure 35. L'OptiCCA®

Il est en dotation au sein des antennes chirurgicales, des GMC et des bâtiments de surface de groupe 1 ainsi que des SNLE, néanmoins, il est progressivement remplacé par l'Epoc®.

## 2. L'Epoc® (Alere, Delawere, Etats-Unis)

Appareil récent, l'Epoc® est un automate compact et portatif qui permet la détermination d'un grand nombre de paramètres sanguins, comprenant entre autres un gaz du sang et un ionogramme :

- pH
- Pression partielle en dioxyde de carbone ( $PCO_2$ )
- Pression partielle en oxygène ( $PO_2$ )
- Dioxyde de carbone total
- Bicarbonates ( $CHCO_3^-$ )
- Excès de base
- Saturation en oxygène ( $SaO_2$ )
- Concentration en hémoglobine et hématicrite
- Lactates
- Sodium
- Potassium
- Calcium ionisé
- Glucose (21)



Figure 36. L'Epoc®

Cet appareil fonctionne à l'aide de « cartes-tests » à usage unique (de taille similaire à celle d'une carte de crédit) et n'a pas besoin d'autres réactifs ou consommables, ce qui en facilite l'approvisionnement. Un contrôle qualité électronique est possible, en même temps que la pré-calibration des cartes et un résultat d'analyse est obtenu en moins d'une minute. Il est simple d'emploi, et peut être ainsi utilisé par des personnels hors techniciens de laboratoires tels que des médecins anesthésistes-réanimateurs après une courte formation de deux heures. Il est particulièrement utile en condition d'isolement ou au cours d'une MEDEVAC (21), c'est pourquoi on le retrouve dans la dotation des antennes chirurgicales (il remplace progressivement l'Opti CCA®) (40). Néanmoins, l'inconvénient est qu'il fonctionne mal à fortes températures.

### 3. Le Reflotron® Plus (Roche Diagnostics, Meylan, France)

D'un faible encombrement, le Reflotron® est un appareil portable fonctionnant à l'aide de bandelettes réactives (21). On le retrouve au sein des rôles 2 « étendus » et 3 (40). Il permet de déterminer quantitativement dix-sept paramètres sanguins dont :

- La concentration en hémoglobine
- L'amylase
- La créatinine
- Le glucose
- Les transaminases (ASAT et ALAT)
- Le potassium.

Néanmoins, il ne réalise pas le dosage du sodium ni des protéines totales et il comporte deux inconvénients notoires. Le premier est qu'il fonctionne normalement à des températures comprises entre +15°C et +34°C et à une hygrométrie maximum de 90% ; or ces conditions ne peuvent pas être respectées sur la plupart des théâtres d'opération actuels. C'est la raison pour laquelle le laboratoire doit être climatisé. Le second est son temps d'analyse qui va de 2 à 3 minutes par test, il effectue ainsi un maximum de 30 analyses par heure. En cas d'afflux massif de blessés ou sur un théâtre à grande activité (comme l'Afghanistan), cet appareil est donc limité car trop lent, réalisant les analyses au coup par coup, ce qui a obligé le technicien au sein du laboratoire de l'HMC de KAIA de commander un deuxième appareil (21).



Figure 37. Le Reflotron®

#### 4. Nycocard Reader II®(Epocal, Ottawa, Canada)

Cet appareil est un réflectomètre qui permet le dosage de la troponine et de la Protéine C-Réactive (CRP) (40). Il est compact, fonctionne à l'aide d'un stylo à enfoncer dans le puits d'analyse et dispose d'un écran où les résultats ainsi que les procédures s'affichent. Le temps d'analyse est de quelques minutes (91).



Figure 38. Le Nycocard Reader II®

Il fait partie de la dotation du GMC, ainsi que de celle des bâtiments de la marine correspondant à un rôle 2 (40).

## 5. Le Clinitek® (Siemens Healthcare Diagnostics, Ltd Angleterre)

De petite taille, c'est un lecteur de bandelettes urinaires. Il permet une analyse de moins d'une minute, le résultat étant imprimé automatiquement (92). Il est retrouvé aussi bien dans les antennes chirurgicales que dans les GMC, de même que dans les bâtiments de la Marine (40).



Figure 39. Le Clinitek®

## 6. Un Réfractomètre

Cet appareil permet la détermination du taux de protéines sériques, il est intégré à la dotation des rôles 2 « étendus » (40).



Figure 40. Un réfractomètre portable

## 7. Le spectrophotomètre DR2800 et le colorimètre DR890

Ce sont des petits appareils pouvant être utilisés directement sur le terrain afin de procéder à l'analyse chimique de l'eau. Les tests préprogrammés permettent le dosage de nombreux paramètres (Chlore libre et total, brome, chrome, iode, fer, azote ammoniacal, manganèse, chlorures, sulfates, sulfures, cyanures, dureté totale, dureté calcique, cuivre, nitrates, phosphore, silice et hydroxyde de sodium).

## VI. Microbiologie

Seul le laboratoire affecté à un rôle 2 « étendu » ou à un rôle 3 est doté du matériel nécessaire pour effectuer des analyses de microbiologie (21). Il est à noter qu'aucun bâtiment de la Marine ne comporte cet équipement (40).

### 1. Les méthodes manuelles

Le matériel à la disposition de ces laboratoires de terrain permet :

- l'examen direct des bactéries grâce à la coloration de Gram ainsi que l'examen direct d'espèces mycologiques
- la parasitologie des selles après concentration grâce au système Paraprep®
- la mise en culture sur des géloses riches en flacon à couler (TSA, Hektoen, Chocolat, Karmali, Mueller Hinton, BCP et TCBS) de tout type de bactéries (sauf mycobactéries)



en ambiance aérobie (il n'y a toutefois pas de géloses spécifiques pour la culture de levures).

- la mise en culture sur bouillon (Sélénite, Hémoline, enrichissement Vibrio) de tout type de bactéries
- l'identification des entérobactéries, des aérobies strictes et de *Neisseria* par méthodes biochimiques manuelles (galeries API)
- l'identification de bactéries isolées par des tests classiques d'orientation (oxydase, catalase, urée indol, optochine et agglutination de *S.Aureus* et *S.Dysenteriae*)
- la coloration de Ziehl-Neelsen (incomplète car sans le bleu de méthylène Gabett)
- la réalisation d'antibiogramme par la méthode des disques (Amoxicilline, Cefotaxime, Ceftriaxone, Chloramphénicol, Ciprofloxacine, Doxycycline, Erythromycine, Pénicilline G, Imipénème, Oxacilline, Trimétoprime, Ticarcilline, Métronidazole et Rifampicine) (40).

Néanmoins, une des limites des techniques de microbiologie en OPEX est que la dotation en disques antibiotiques est en général moins variée que le panel d'antibiotiques mis à disposition des cliniciens. Même si cette dotation peut être adaptée en fonction du théâtre, comme ce fût le cas en Afghanistan (à cause de l'émergence importante des bactéries multirésistantes) elle ne correspond souvent pas tout à fait aux attentes des cliniciens (21).

En outre, le laboratoire peut contribuer à la surveillance épidémiologique lors de grandes épidémies, comme ce fût le cas en Avril 2013 pendant l'épidémie de diarrhées à Gao. Les techniciens de laboratoire présents ont procédé à des prélèvements microbiologiques de selles afin de les acheminer à l'HIA Lavéran, qui est l'hôpital de référence pour la réception des prélèvements biologiques venant de l'étranger. En effet, le laboratoire mis en place au Mali à cette époque n'était pas suffisant pour effectuer l'analyse de ces prélèvements (23).

## 2. Les Tests de Diagnostic Rapide (TDR)

Un TDR est un test immunochromatographique dont le fonctionnement est basé sur la reconnaissance anticorps/antigène révélée par chromatographie. On peut retrouver leur

application dans les domaines de la biochimie (détection d'hormones, comme le test de grossesse), de la toxicologie (recherche de stupéfiants), et de la microbiologie (sérologie du VIH ou recherche de toxines bactériennes) (93).

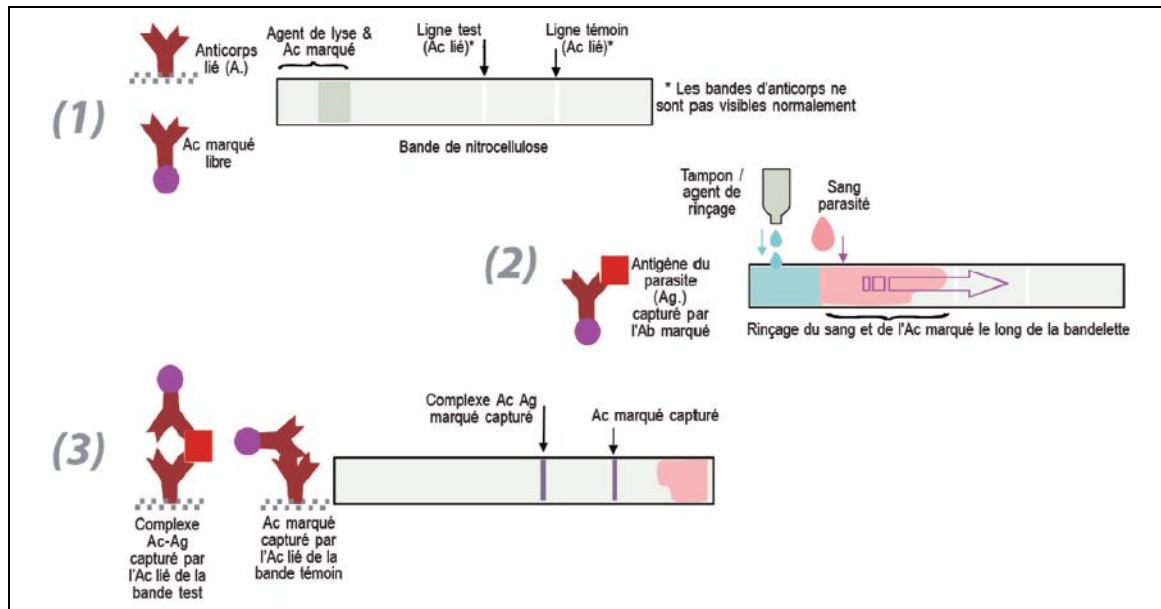


Figure 41. Principe du TDR : exemple du paludisme

Ils sont d'un très faible encombrement, à usage unique et le résultat est en général obtenu en quelques minutes à partir d'un prélèvement biologique. Ils sont donc facilement utilisables, même par des personnels non habitués aux analyses de laboratoires et sont retrouvés dans toutes les structures de rôle 1, 2 et 3, bien que le panel de tests disponibles varie en fonction du niveau de structure (40).

Les TDR disponibles dans un rôle 2 « classique » sont :

- $\beta$ HCG
- VHC
- VIH
- Paludisme
- Tétanos

La dotation des GMC et HMC est plus complète puisqu'elle comprend également le TDR pour la bilharziose ainsi que le matériel nécessaire à la sérologie de la syphilis (TPHA, VDRL) (40)

## VII. Evolutions futures : le LC17

Nous avons pu voir que le laboratoire de campagne LC05 dispose d'un panel assez large de petits analyseurs (automatiques ou semi-automatiques, compacts et portatifs, avec ou non une imprimante intégrée) (21). Néanmoins, beaucoup de ces appareils deviennent anciens (certains ne disposent même plus de maintenance par les fournisseurs) et la dotation est difficilement adaptable au type de structure déployée, notamment à bord des bâtiments de la Marine Nationale. C'est pourquoi un groupe de travail a été réuni en septembre 2015, mettant au point une nouvelle dotation qui sera effective en 2017 (laboratoire de campagne LC17) dans laquelle deux niveaux de biologie médicale sont définis comme illustré dans le tableau 1 (40).

Discipline	Niveau 1	Niveau 2
<b>Hématologie</b>	Dosage de l'hémoglobine Numération des leucocytes	Numération des leucocytes et formule approchée Paramètres des anémies Numération plaquettaire
<b>Hémostase</b>	TP, INR Dosage des D-dimères	TP, TCA Dosage des D-dimères, du fibrinogène et du facteur V
<b>Immuno-Hématologie</b>	Groupage ABO, RhD (Beth-Vincent)	Groupage ABO, RhD Epreuve directe de compatibilité
<b>Biochimie</b>	Gaz du sang Ionogramme Marqueurs cardiaques Dosage des lactates, de la créatinine, du glucose, et de la CRP	Niveau 1 + Bilan hépatique Protidémie Dosage de l'amylase (lipase non disponible)
<b>Microbiologie</b>	Examen direct TDR	Cultures bactériennes Antibiogrammes Examen direct (avec concentration des selles) Biologie moléculaire
<b>Sérologie</b>	Hépatites (VHC,VHE, Ag Hbs) VIH Dengue, Chikungunya Amibiases Tétanos	Niveau 1 + EBV Syphilis

Tableau 1 : Niveau de biologie médicale dans les différentes disciplines

Ainsi, comme nous pouvons le voir dans le tableau 2, pour chaque structure de soins envoyée en OPEX, le niveau d'équipement en biologie médicale associé est défini avant le déploiement mais il peut être modifié en fonction de l'activité du théâtre (40). Il est à noter que le niveau 2 (en partie ou complet) ne sera déployé que si le niveau 1 est déjà présent.

Disciplines	ACA / ACP	GMC	MORPHEE
Hématologie	1	2	1
Hémostase	1	1 ou 2	1
Immuno-hématologie	1	1 ou 2	1
Biochimie	1	1 ou 2	1
Microbiologie	1	1 ou 2	0
Dont Biologie Moléculaire	0	1	0
Sérologie	1	2	0

Tableau 2 : Niveaux d'équipement de base des différentes structures du SSA en OPEX

Ce nouveau laboratoire aura la possibilité d'être complété par des modules spécifiques (épidémies, risque biologique provoqué, diagnostic biologique vétérinaire, microbiologie environnementale...) afin de faire face à des situations particulières.

## Le ravitaillement

Comme nous l'avons dit précédemment, le ravitaillement sanitaire est sous la responsabilité de l'UDPS en OPEX, commandée par un pharmacien militaire. Ainsi, les réactifs prévus dans la dotation du laboratoire sont commandés par le technicien de laboratoire à l'UDPS, qui transmet la commande, reçoit, stocke et redistribue le matériel au laboratoire. Le stockage de ces produits doit respecter leurs conditions de conservation (notamment lorsque les réactifs sont sensibles à la chaleur) et c'est à l'UDPS d'assurer la destruction des produits au moment de leur péremption. La maintenance des appareils biomédicaux est assurée sur place par le TMS, qui peut également décider le remplacement (échange standard) d'un analyseur en cas de panne bloquante (19).

Lors de l'installation du laboratoire de campagne sur le théâtre d'opération, celui-ci peut être projeté par voie routière (à bord de camions) ou par voie aérienne (à bord de Transall

par exemple). Le matériel ne craignant pas la chaleur est transporté à l'intérieur du *shelter*, tandis que les produits dont la température de conservation est réglementée (+4°C ou -20°C) sont envoyés extemporanément, uniquement lorsque la climatisation du laboratoire fonctionne et les frigos sont installés (2).

## La démarche Qualité

De même qu'une réglementation est appliquée sur le théâtre d'opération, un système qualité interne est mis en place au sein du laboratoire de campagne. Celui-ci tend à se rapprocher le plus possible du système qualité des laboratoires hospitaliers français, néanmoins, il n'existe pas de contrôle externe.

### I. Au niveau législatif

Selon l'article L6212-4 du code de santé publique : « Les structures de biologie médicale qui réalisent des examens de biologie médicale et qui relèvent du ministère de la défense ou du ministère de l'intérieur ne sont pas soumises, lors d'opérations extérieures, aux dispositions du présent livre » (94).

C'est-à-dire que le laboratoire de campagne :

- n'est pas forcément sous la responsabilité d'un biologiste
- n'est pas soumis à certification ni à accréditation
- ne procède pas au contrôle de la qualité des résultats par des organismes d'évaluation externe de la qualité
- n'est pas contrôlé par l'ANSM (Agence Nationale de la Sécurité du Médicament et des produits de santé) sur la qualité des résultats des examens de biologie médicale

De plus, la validation biologique n'est pas forcément (voire jamais) soumise au contrôle d'un biologiste (le médecin demandeur et (ou) le technicien de laboratoire assure l'interprétation).

Néanmoins, les normes appliquées au sein du laboratoire doivent tendre à se rapprocher des standards médicaux nationaux. La matériovigilance doit également être respectée (8).

## II. Au niveau pratique

Même si le laboratoire de campagne n'est soumis à aucun contrôle externe, les techniciens de laboratoire effectuent des contrôles qualité internes sur les analyseurs allant d'une fois par jour à une fois par semaine en fonction de la fréquence des ravitaillements en réactifs (Annexe 2).

En théorie, un suivi des pipettes et des enceintes thermo-statées est effectué, mais ça n'est pas toujours le cas (nous le verrons dans l'étude qui suit). Il existe également des audits ponctuels faits par des biologistes.

Les TDR développés depuis 2007 sont des tests standardisés, répondant à des critères de qualité bien définis et participent ainsi au concept d'assurance qualité des laboratoires de campagne (36).

Ainsi, nous avons pu voir l'organisation de la biologie médicale, et plus particulièrement du laboratoire de campagne en opération extérieure. A présent nous allons présenter une étude de satisfaction faite auprès des cliniciens et des techniciens de laboratoires.

## Partie 3 : Enquête de satisfaction

## I. Généralités

Comme nous l'avons vu précédemment, la dotation du laboratoire de campagne est en pleine évolution. La nouvelle dotation sera normalement mise en place en 2017, il nous semblait donc intéressant d'enquêter auprès des principaux intéressés afin de voir si cette nouvelle version du laboratoire de campagne répondait à leurs besoins.

Les premiers intéressés sont les techniciens de laboratoires, qui sont particulièrement concernés par l'utilisation du matériel de laboratoire dans des conditions opérationnelles, étant donné qu'ils effectuent les analyses biologiques sur le théâtre. Ensuite, les cliniciens sont également très concernés par la dotation du laboratoire de campagne puisqu'ils ont besoin des résultats biologiques dans le cadre de la prise en charge du patient.

Ainsi, nous espérons que nos résultats et les propositions faites contribueront à l'optimisation de l'organisation de la biologie médicale en opération extérieure.

### 1. Objectif de l'enquête

Notre but était, par cette enquête d'évaluer la satisfaction des professionnels de santé en ce qui concerne les examens de biologie médicale en OPEX, et de mettre en évidence les éventuels manques ou dysfonctionnements au sein du laboratoire de campagne. Nous avons donc décidé d'entreprendre une étude à la fois auprès des « utilisateurs » (les techniciens de laboratoire) mais aussi des « clients » (les médecins et chirurgiens).

En ce qui concerne les techniciens de laboratoire, le but était d'estimer leur satisfaction en ce qui concerne le panel d'examens disponibles en OPEX, leur faisabilité et fiabilité, le système qualité mis en place, le ravitaillement des consommables, la qualité des conditions de travail ainsi que le dialogue avec les cliniciens.



Au niveau des médecins et chirurgiens, notre objectif était de connaître leur point de vue sur l'importance et la qualité de la biologie médicale en OPEX ainsi que leur satisfaction à propos de la transmission des résultats.

## 2. Population cible

Notre questionnaire était destiné aux médecins, chirurgiens et aux techniciens de laboratoire, partis en OPEX au moins une fois pendant les cinq dernières années.

## II. Création des questionnaires

Nous avons rédigé deux questionnaires différents : un destiné aux techniciens de laboratoires et un destiné aux cliniciens. Ils ont été envoyés au sein de tous les HIA et retransmis directement ou par le biais des différents chefs de services. (Annexe 2).

Les questions étant principalement des questions ouvertes, l'analyse des résultats s'est faite de manière brute (pas de test statistique utilisé) et retranscrite dans des graphiques. Pour éviter certains biais de confusion ou des réponses trop évasives, nous avons demandé aux techniciens et aux cliniciens de cibler leurs réponses par rapport à la dernière opération extérieure qu'ils ont effectuée.

## III. Présentation des résultats

### 1. Questionnaire destiné aux techniciens de laboratoire

- Données sur la population ayant répondu

En tout, 33 techniciens de laboratoire nous ont répondu, (15 ou 46% de femmes pour 18 ou 54% d'hommes) dont 7 (21%) de moins de 30 ans, 14 (43%) de 30 à 40 ans, 11 (33%) de 40 à 50 ans et un seul de plus de 50 ans.

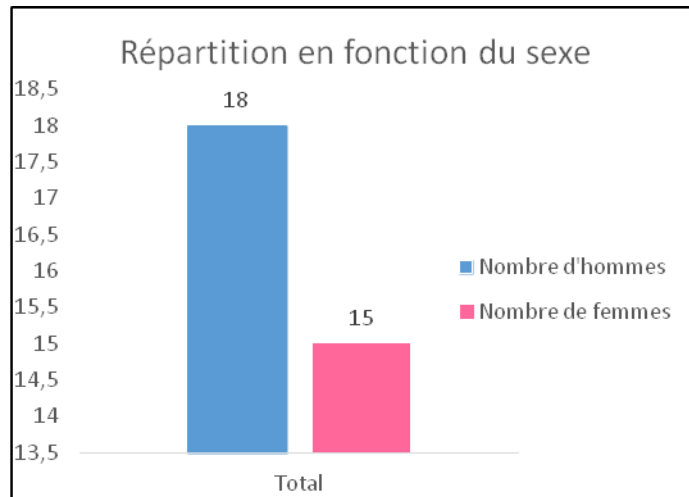


Figure 42. Graphique de la répartition des sexes des techniciens de laboratoires

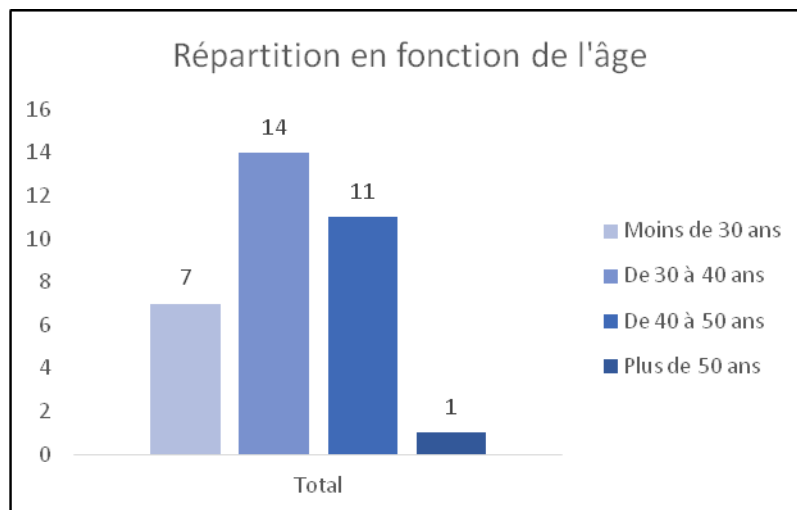


Figure 43. Graphique de la répartition des âges des techniciens de laboratoire

En ce qui concerne les OPEX, 17 sont allés à Djibouti, 10 en République de Côte d'Ivoire, 4 dans le rôle 2 en Afghanistan, 6 à l'HMC en Afghanistan, 3 en République Centrafricaine, 8 au Tchad, 6 au Centre de traitement des soignants en Guinée-Conakry et 5 à bord d'un BPC. Les techniciens de laboratoire ayant répondu ont effectué 2 OPEX en moyenne.

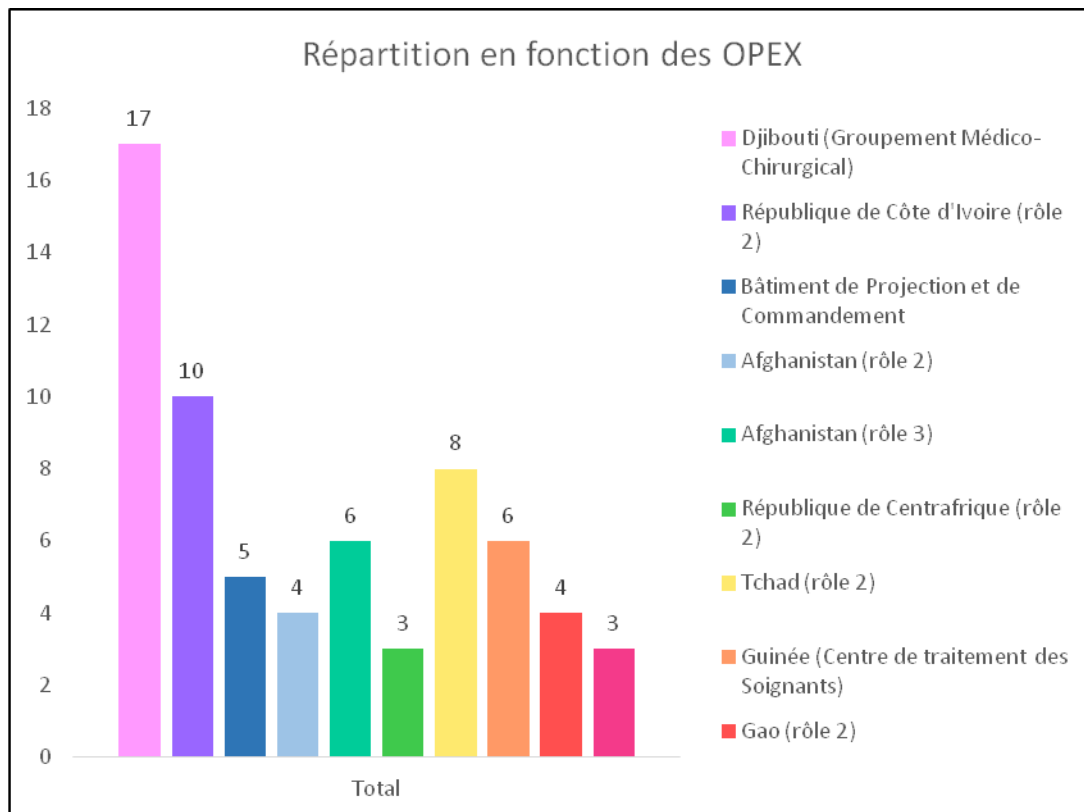


Figure 44. Graphique de la répartition des OPEX faites par les techniciens de laboratoire

- Réponses aux questions
- Lieu d'exercice et formation :

Trente-deux (97%) techniciens travaillent dans un laboratoire hospitalier contre un seul (3%) travaillant à l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA). Dix-huit (55%) considèrent leur formation suffisante avant de partir en OPEX contre 9 (27%) qui la trouvent insuffisante ou trop éloignée de leur départ (6 (18%) techniciens n'ayant pas répondu à la question).

- En ce qui concerne l'équipement du laboratoire de campagne :

Vingt-quatre (73%) pensent que le panel de tests proposé au sein du laboratoire de campagne est adapté à leur exercice professionnel contre 7 (21%) qui le trouvent inadapté (2 n'ont pas répondu à la question). Vingt-six (79%) pensent que l'équipement est adapté aux délais de transmission des résultats demandé par les cliniciens alors que 6 (18%) pensent

le contraire (1 technicien n'a pas répondu à la question). Vingt-cinq (76%) trouvent l'équipement adapté aux conditions climatiques (à condition que le laboratoire soit climatisé) contre 4 (12%) qui pensent le contraire et 4 (12%) qui n'ont pas répondu ; 28 (85%) le trouvent robuste et fiable contre 3 (9%) qui pensent le contraire et 2 n'ont pas répondu. Les appareils semblent simples d'utilisation et de maintenance pour 26 techniciens (79%), 1 a répondu le contraire et 6 (18%) n'a pas répondu. Quatorze (42%) considèrent la maintenance effectuée par le TMS satisfaisante contre 4 (12%) qui la trouvent insatisfaisante et 15 (46%) n'ont pas répondu.

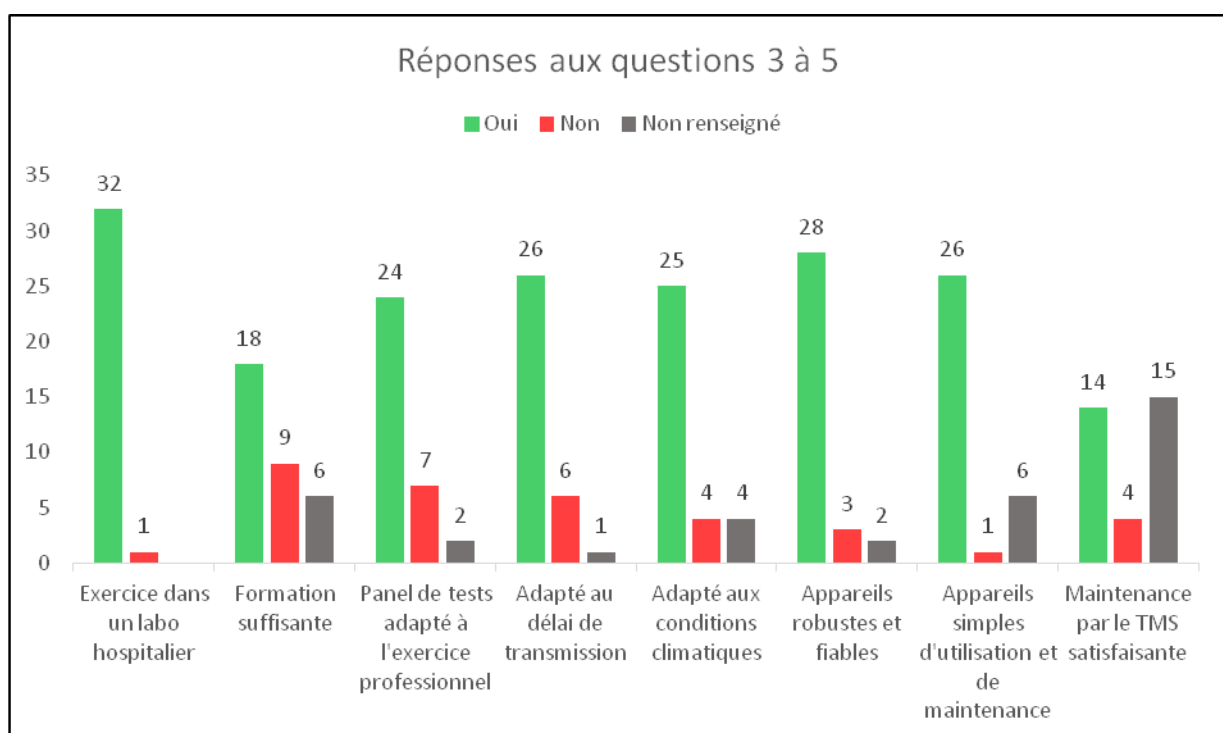


Figure 45 Graphique traduisant les réponses aux questions 3 à 5

Les tests considérés comme manquants sont :

- Le diagnostic de la dengue (1 technicien l'a demandé)
- Le diagnostic du rotavirus (1 technicien l'a demandé)
- La diversité du panel d'antibiogrammes, qui est en inadéquation avec le panel d'antibiotiques (2 techniciens l'ont demandé)
- Le dosage de la troponine (1 technicien l'a demandé)
- Le dosage quantitatif de la CRP et des D-Dimères (2 techniciens l'ont demandé)

- La parasitologie des selles (1 technicien l'a demandé)
- Le dosage des lactates : demande d'un E poc® en rôle 1 (1 technicien l'a demandé)

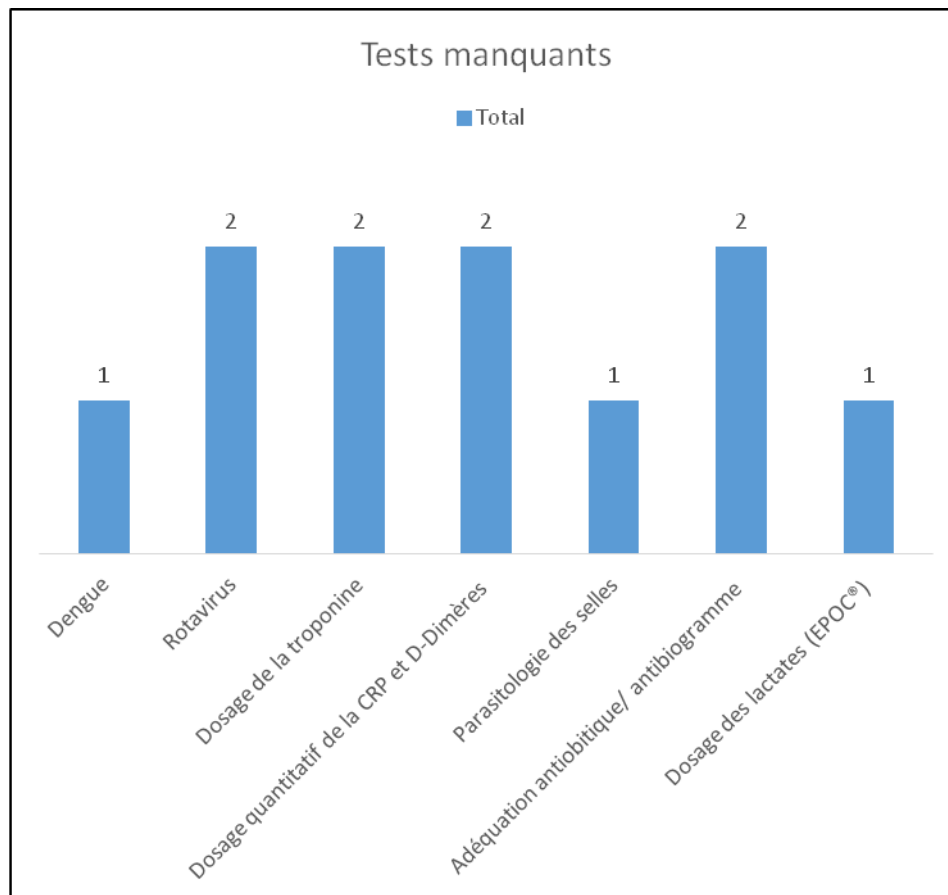


Figure 46. Graphique traduisant les tests manquants

- En ce qui concerne le ravitaillement des réactifs :

Quatorze (43%) effectuent facilement une commande à la DAPSA alors que 12 (36%) trouvent cela difficile et 7 (21%) n'ont pas répondu ; 5 (15%) considèrent que les délais d'approvisionnement sont corrects contre 21 (64%) qui les trouvent trop longs et 7 (21%) n'ont pas répondu. Vingt-deux (67%) ont eu une bonne communication avec l'UDPS alors que 2 (6%) ont eu des problèmes de communication et 9 (27%) n'ont pas répondu. Dix-huit (55%) ont rencontré des problèmes à la réception contre 8 (24%) qui n'en ont pas rencontré et 7 (21%) n'ont pas répondu. Dix-neuf (58%) ont eu des difficultés à se procurer certains réactifs tandis que 7 (21%) n'ont rencontré aucun problème et 7 (21%) n'ont pas répondu.

- En ce qui concerne les conditions de travail :

Vingt-cinq (76%) ont trouvé les locaux du laboratoire adaptés à leur exercice professionnel et 8 (24%) n'ont pas répondu à la question. Les conditions de stockages ont semblé correctes à 21 (64%) d'entre eux et incorrectes à 6 (18%) d'entre eux, 6 techniciens (18%) n'ont pas répondu à la question. L'élimination des DASRI a semblé correcte à 22 (67%) d'entre eux, incorrecte à 3 (9%) d'entre eux et 8 (24%) n'ont pas répondu. Dix-sept (52%) techniciens étaient seuls sur le théâtre d'opération alors que 11 (33%) étaient accompagné d'au moins un autre technicien et 5 (15%) n'ont pas répondu à la question. Onze (33%) ont trouvé la charge de travail importante sur le théâtre tandis que 13 (40%) l'ont trouvée acceptable et 9 (27%) n'ont pas répondu.

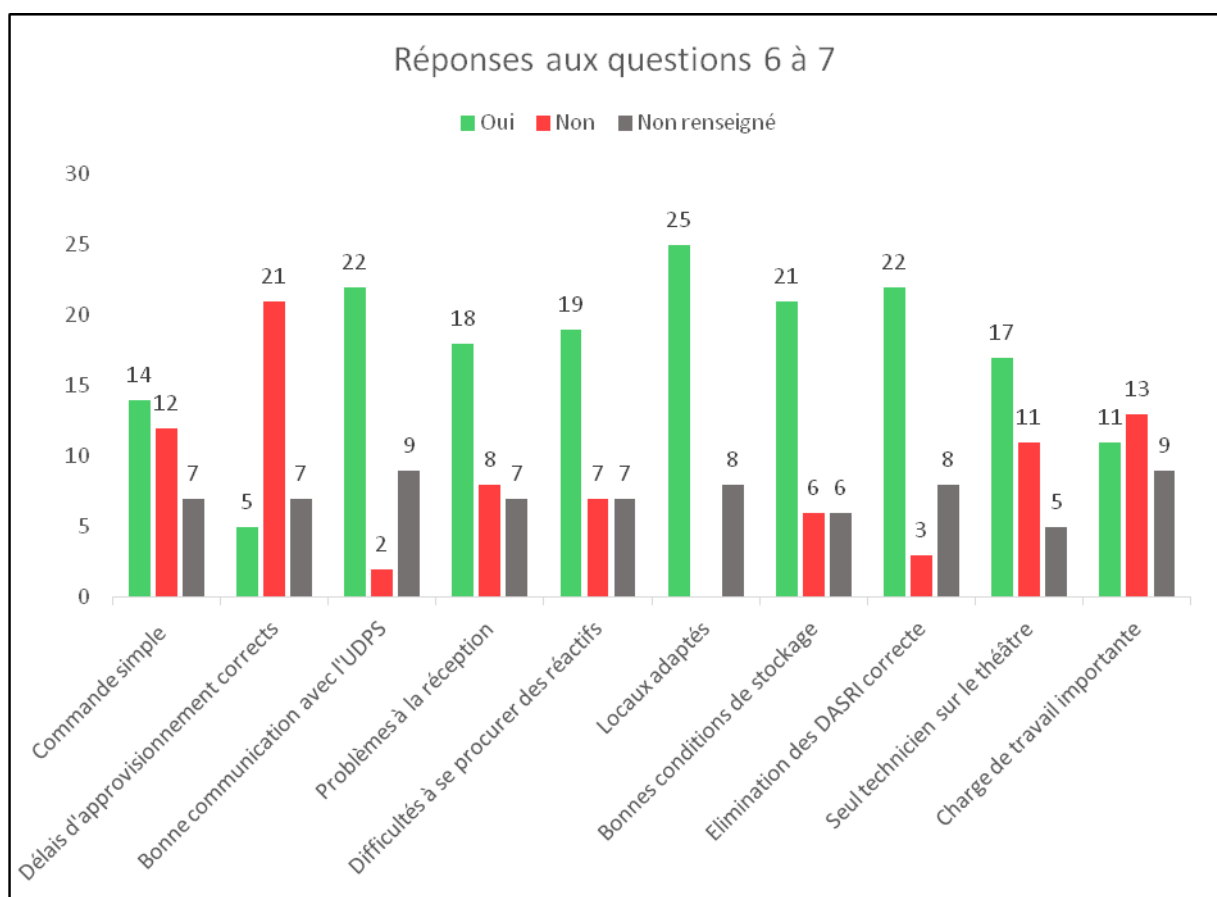


Figure 47. Graphique traduisant les réponses aux questions 6 à 7

- En ce qui concerne le contrôle qualité :

Vingt (61%) techniciens ont eu accès à des procédures et (ou) des modes opératoires sur place tandis que 7 (21%) ont répondu qu'il n'en existait pas et 6 (18%) n'ont pas répondu à la question. Vingt-cinq (76%) ont effectué un contrôle qualité sur les automates tandis qu'un (3%) n'en a pas fait et 7 (21%) n'ont pas répondu. Vingt-quatre (73%) ont archivé les résultats du contrôle qualité (principalement sous forme papier, sinon sous format informatique), 2 (6%) ne l'ont pas fait et 7 (21%) n'ont pas répondu. Le suivi métrologique des enceintes thermo-statées a été effectué par 10 (30%), non effectué par 17 (52%) et 6 (18%) n'ont pas répondu. Vingt-quatre (73%) ont archivé les résultats patients contre 2 (6%) qui ne l'ont pas fait et 7 (21%) n'ont pas répondu. Vingt-quatre (73%) techniciens ont été sollicités pour l'interprétation d'un ou plusieurs résultats biologiques (en particulier en bactériologie et en parasitologie), 4 (12%) ne l'ont pas été et 5 (15%) n'ont pas répondu. Parmi ceux qui ont été sollicités, 17 (52%) ont rencontré des difficultés d'interprétation et 10 (30%) n'ont pas eu de problème, 6 (18%) n'ont pas répondu.

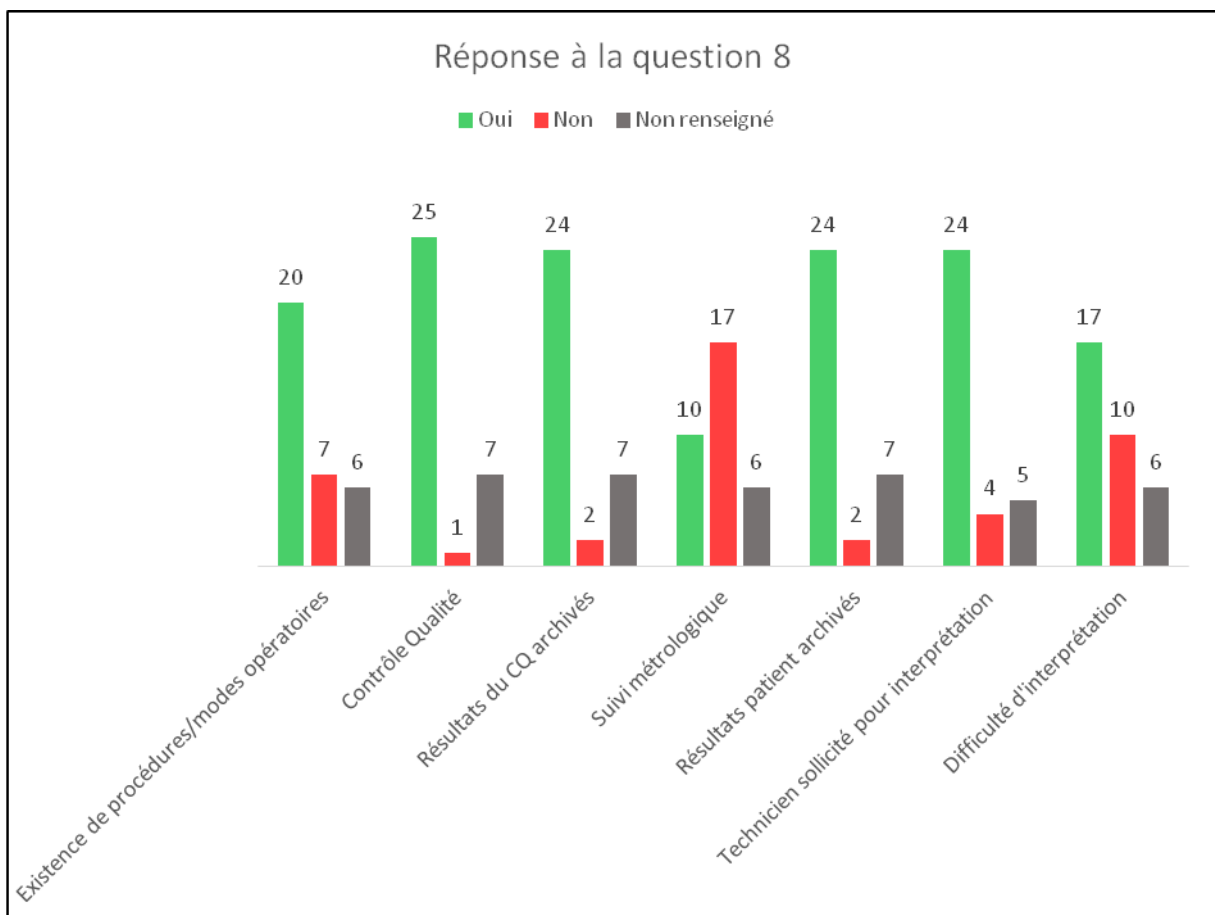


Figure 48. Graphique traduisant les réponses à la question 8

- En ce qui concerne l'impression d'évolution dans le temps :

Treize (40%) techniciens de laboratoire considèrent qu'il n'y a pas eu d'évolution, 3 (9%) pensent qu'il y a une évolution défavorable, 7 (21%) une évolution favorable et 10 (30%) n'ont pas répondu ou n'étaient pas concernés (comme ceux n'ayant effectué qu'une seule OPEX).

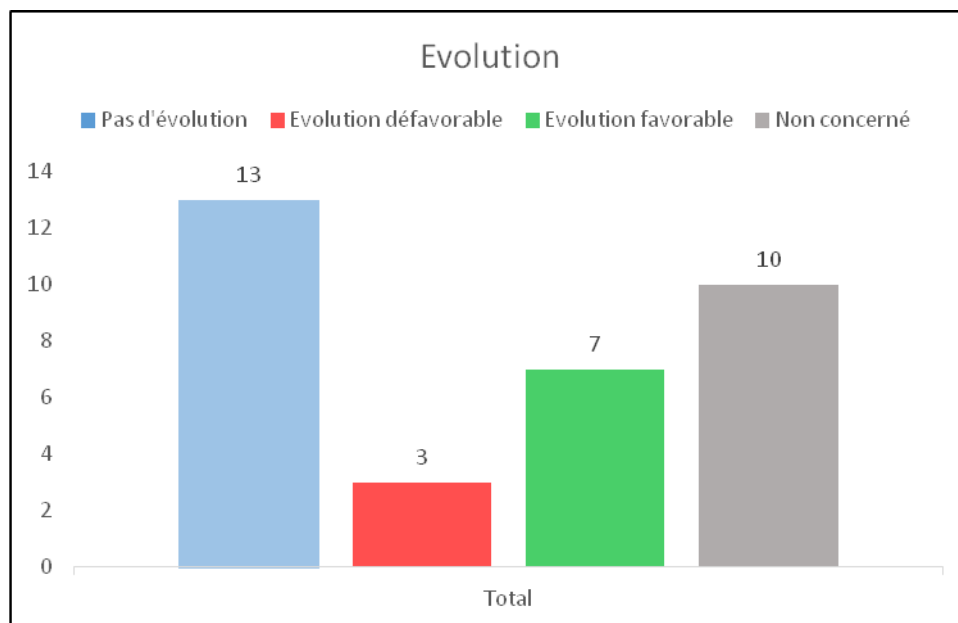


Figure 49. Graphique traduisant le ressenti de l'évolution entre différentes OPEX des techniciens de laboratoire

- En ce qui concerne la nécessité d'un biologiste en OPEX :

Six (18%) sont favorables à la présence d'un biologiste dans le laboratoire de campagne, contre 19 (58%) qui pensent que ce n'est pas nécessaire, 4 (12%) considèrent que cela n'est utile qu'au cours de missions extraordinaire comme la mission Tamarin (Ebola), un (3%) pense que cela n'est utile qu'au sein d'un HMC (ou rôle 3) et 3 (9%) n'ont pas répondu à la question.



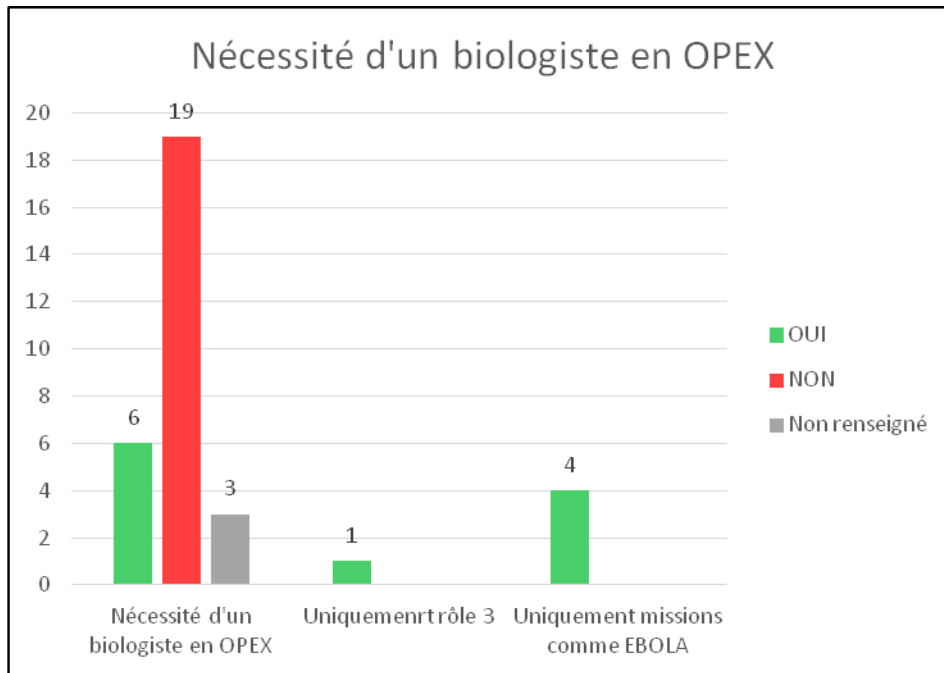


Figure 50. Graphique traduisant la nécessité d'un biologiste en OPEX selon les techniciens de laboratoire

- En ce qui concerne la satisfaction globale :

Deux (6%) sont insatisfaits par la structure de biologie médicale en opération extérieure, 25 (76%) sont plutôt satisfaits et 6 (18%) sont très satisfaits.

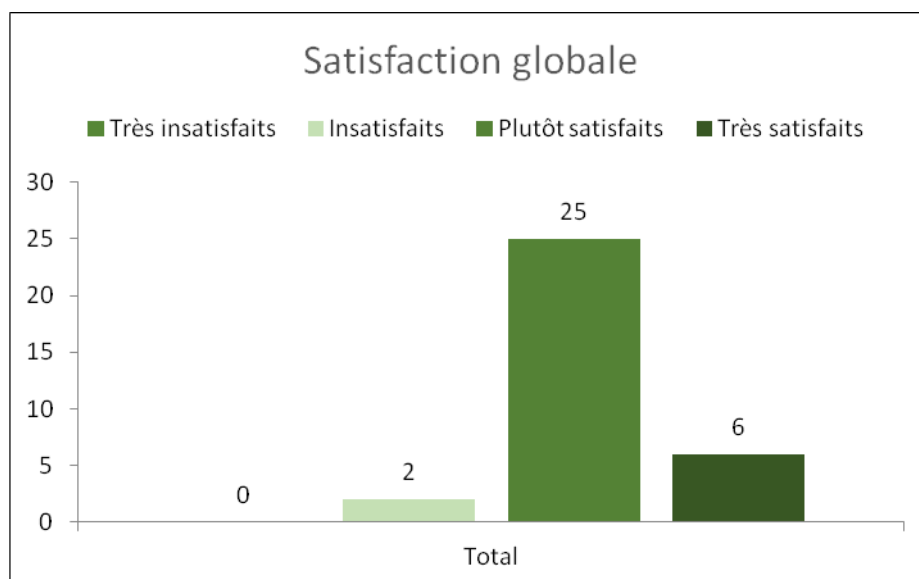


Figure 51. Graphique traduisant la satisfaction globale des techniciens de laboratoire

## 2. Questionnaire destiné aux médecins et chirurgiens

- Données sur la population ayant répondu

En tout, 54 cliniciens ont répondu, dont 40 hommes (74%) et 14 femmes (26%). Parmi ces cliniciens, 2 (4%) ont moins de 30 ans, 24 (44%) ont entre trente et quarante ans, 22 (41%) ont entre 40 et 50 et 6 (11%) ont plus de 50 ans. Ils sont de 15 spécialités différentes : 5 (9%) chirurgiens viscéraux, 4 (7%) chirurgiens orthopédistes, 17 (32%) anesthésistes-réanimateurs, 7 (13%) urgentistes, 1 pneumologue, 1 neurologue, 1 ORL, 2 internistes, 1 ophtalmologiste, 1 psychiatre, 7 (13%) médecins généralistes, 1 dentiste, 3 (6%) urologues, 1 hépato-gastroentérologue et 2 (4%) dermatologues.

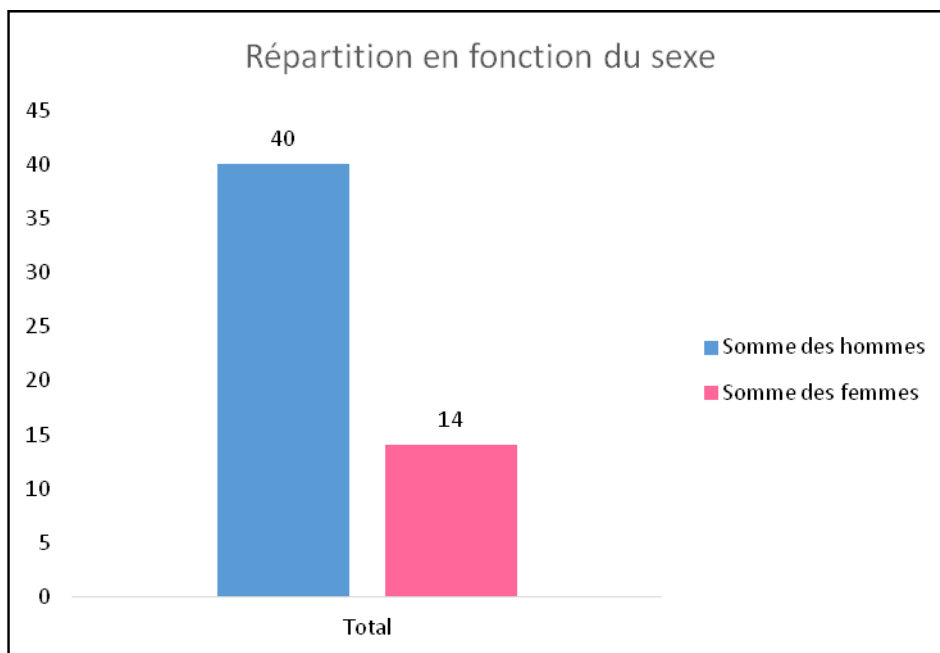


Figure 52. Graphique de la répartition en fonction du sexe des cliniciens

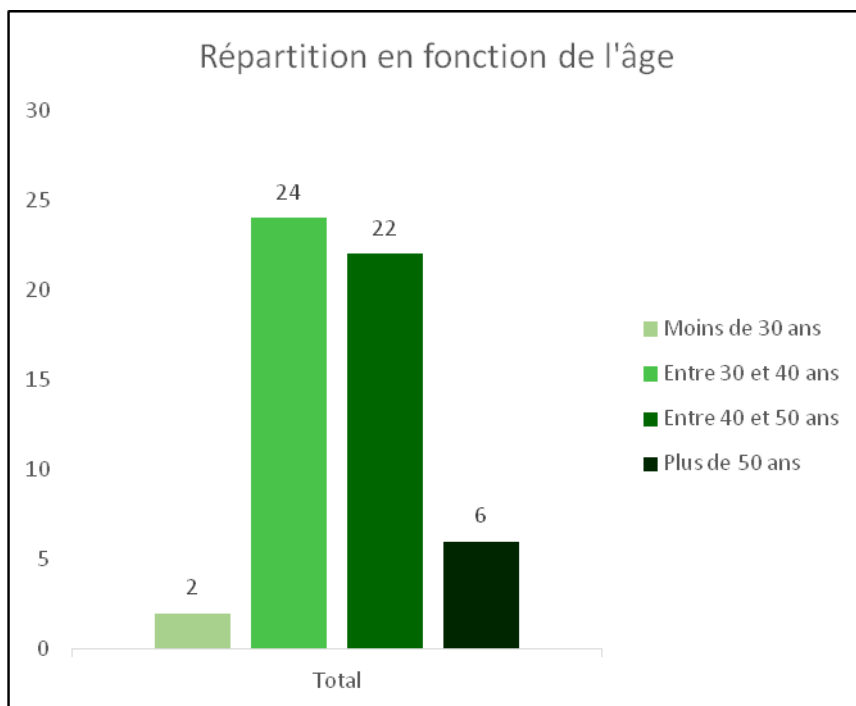


Figure 53. Graphique de la répartition en fonction de l'âge des cliniciens

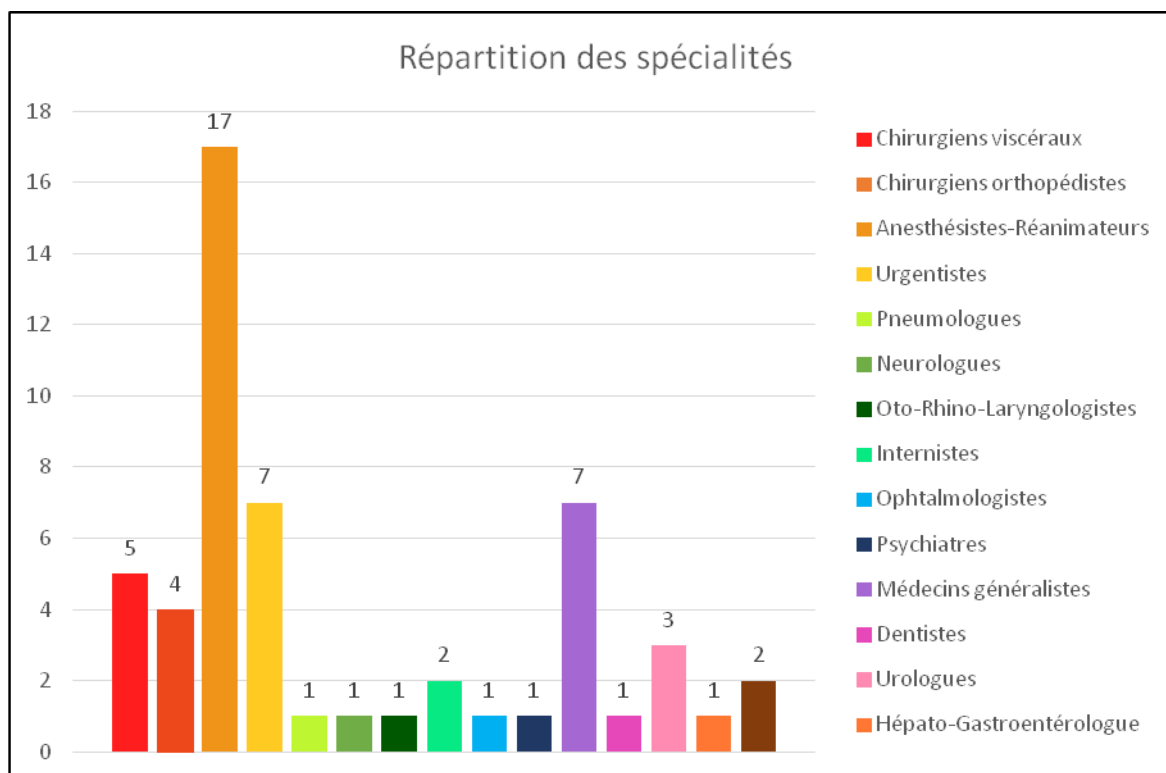


Figure 54. Graphique de la répartition des spécialités

En ce qui concerne leurs OPEX, 23 sont partis en Afghanistan dont 10 au niveau du rôle 2 et 13 à l'HMC. Douze sont allés en République de Centrafrique dont 5 au niveau du rôle 1 et 8

au rôle 2. Seuls 2 d'entre eux ont été déployés au sein du Centre de Traitement des Soignants en Guinée-Conakry, 25 dans l'HMC de Djibouti, 1 au Liban, 2 ont exercés au sein d'un MCV. 17 ont été envoyés au Mali, dont 15 au niveau du rôle 2 et 2 dans le rôle 1. 5 cliniciens ont embarqué à bord d'un BPC ou du porte-avions Charles De Gaulle. Enfin, 3 ont été au Niger, 1 au Kosovo, 1 en république de Côte d'Ivoire, 1 en Libye, 3 en Jordanie et 18 au Tchad. Les cliniciens qui ont répondu ont effectué en moyenne deux OPEX chacun.

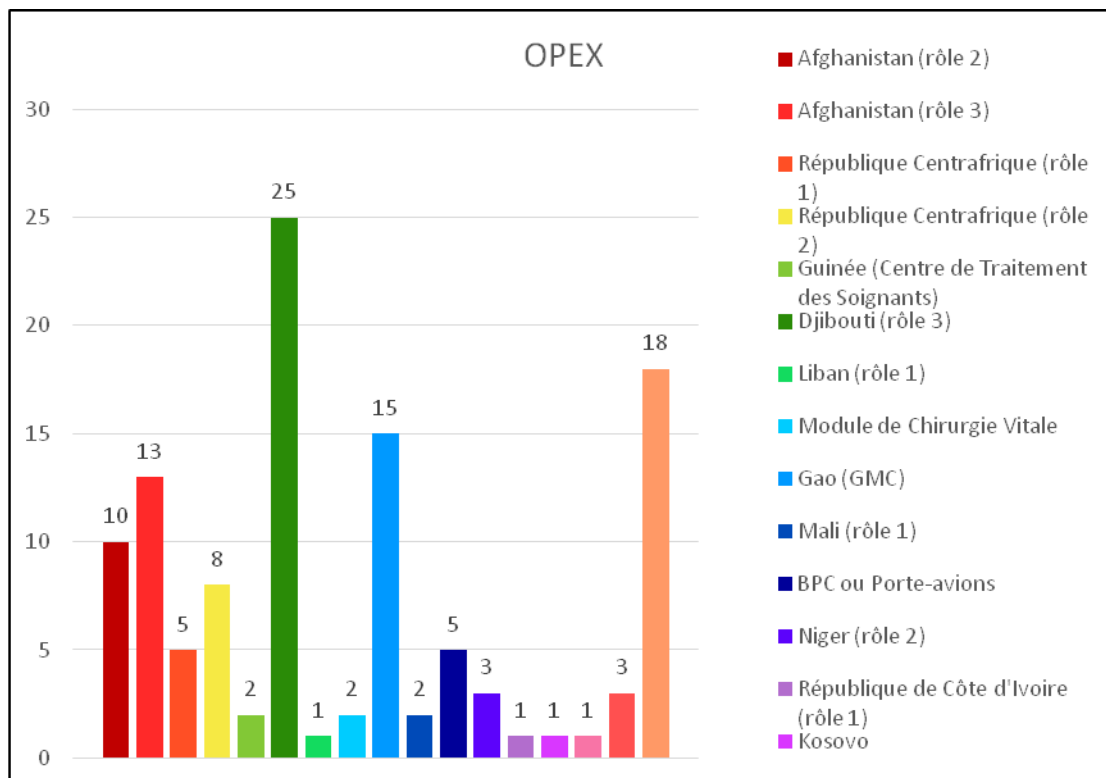


Figure 55. Graphique de la répartition des OPEX faites par les techniciens

- Réponses aux questions

- En ce qui concerne le panel de tests proposé par le laboratoire :

Trente-neuf (72%) cliniciens demandent régulièrement des analyses biologiques lorsqu'ils sont sur le terrain, tandis que 15 (28%) n'en demandent presque jamais. Selon 31 (58%) cliniciens, le panel de test proposé par le laboratoire de campagne est adapté à leur exercice professionnel alors que 19 (35%) pensent qu'il manque de variété et 4 (7%) n'ont pas répondu.

- L'appareil de gaz du sang Epoc® :

Dix-sept (31%) ont déjà manipulé des appareils de gaz du sang de type Epoc® (contre 37 (69%) qui ne s'en sont jamais servi) et parmi ceux-ci, 14 (82%) trouvent que l'Epoc® est adapté aux conditions opérationnelles, et 3 (18%) pensent qu'il n'est pas adapté.

- Concernant les résultats des analyses biologiques :

Les résultats des analyses biologiques semblent fiables à 43 cliniciens (80%), non fiables à 5 (9%) et 6 (11%) n'ont pas répondu à la question. Pour 49 (91%) cliniciens, le temps de transmission des résultats biologiques est correct, tandis qu'un clinicien (2%) le trouve inadapté à leurs besoins et 4 (7%) n'ont pas répondu à la question. Les modalités de transmissions des résultats sont satisfaisantes pour 32 (59%), insatisfaisantes pour 5 (9%) et 17 (32%) n'ont pas répondu à la question.

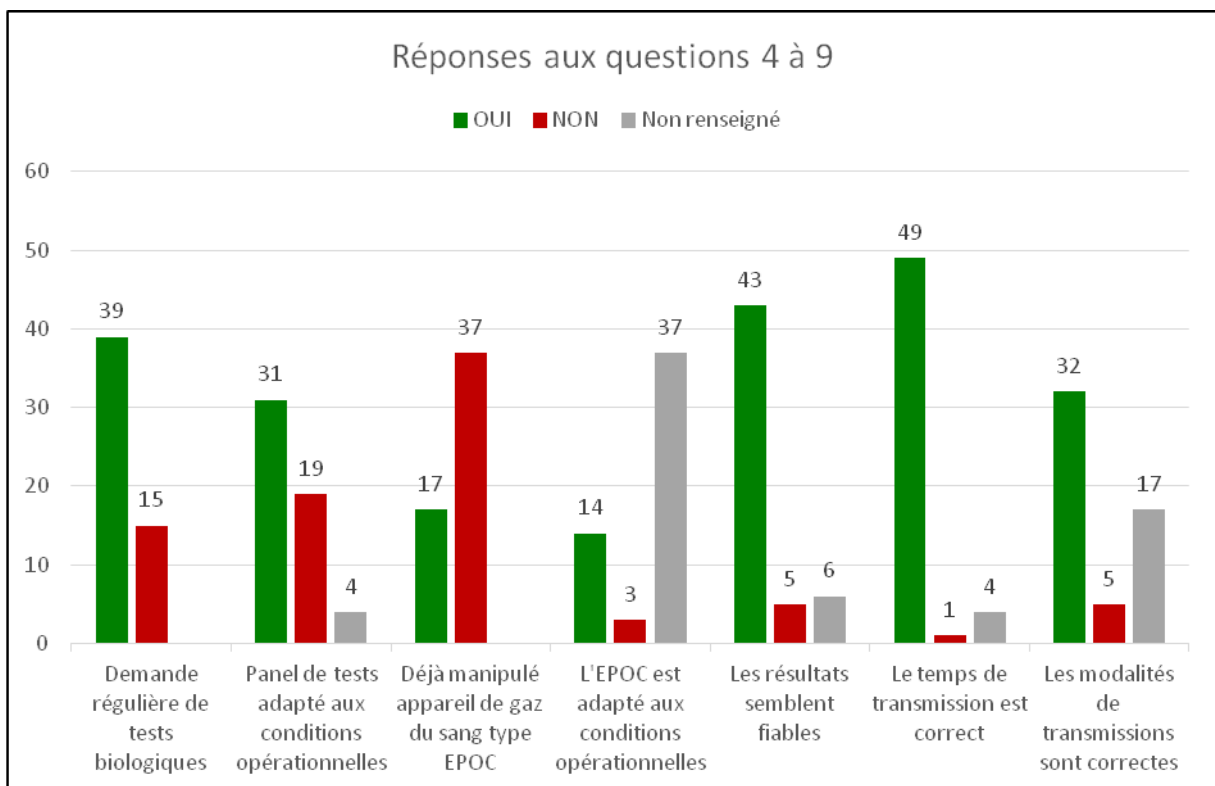


Figure 56. Graphique traduisant les réponses aux questions 4 à 9

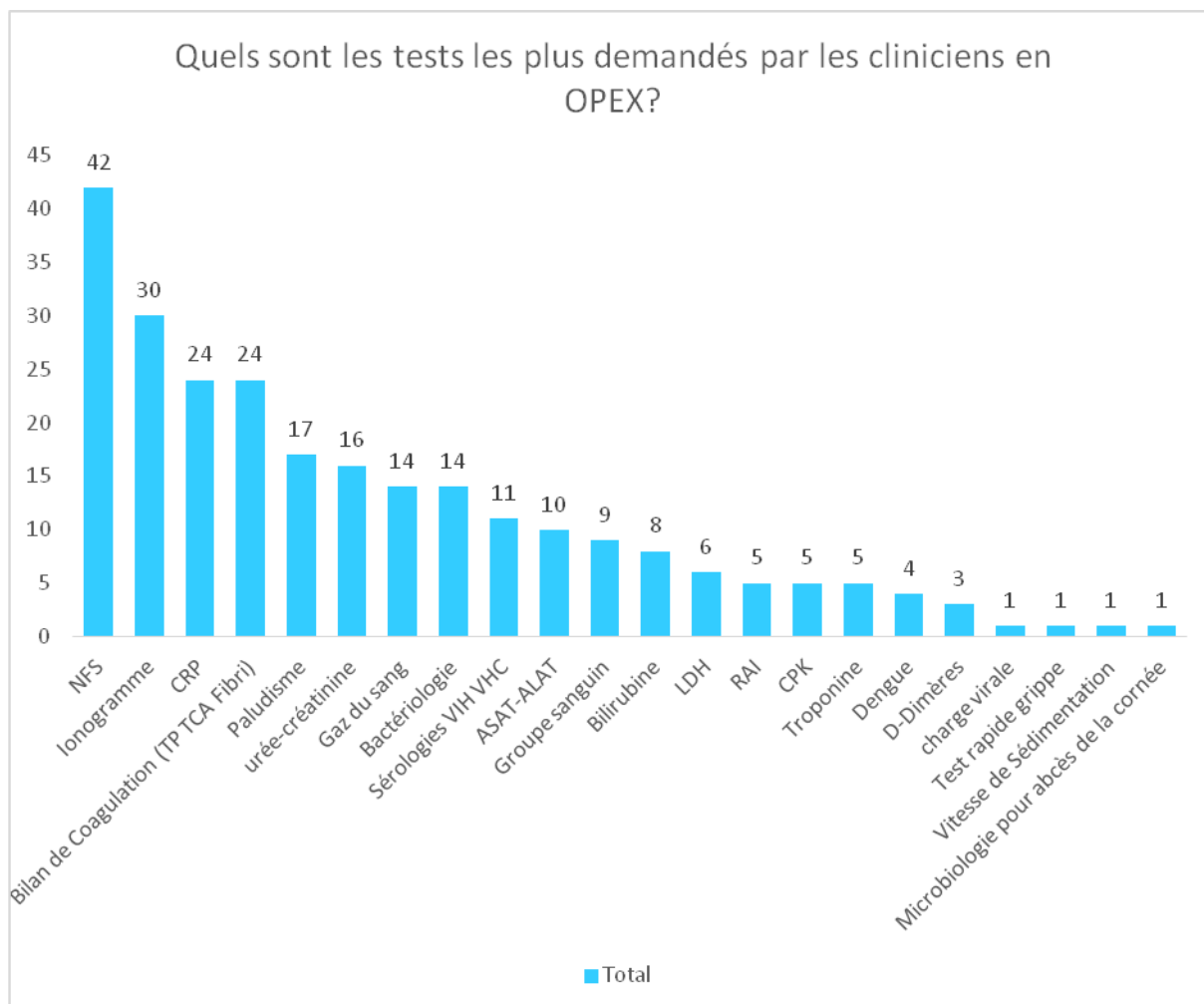


Figure 57. Graphique représentant les tests les plus demandés par les cliniciens en OPEX.

- Point de vue des cliniciens sur la présence d'un biologiste :

En opération extérieure, 8 (15%) cliniciens pensent qu'un biologiste pourrait être utile, contre 29 (54%) qui pensent le contraire ; 12 (22%) ont répondu que cela n'était nécessaire qu'au sein d'un GMC ou d'un rôle 3, un (2%) pense que cela est utile uniquement pour les missions extraordinaires telles que la mission Tamarin et 4 (7%) n'ont pas répondu à la question.

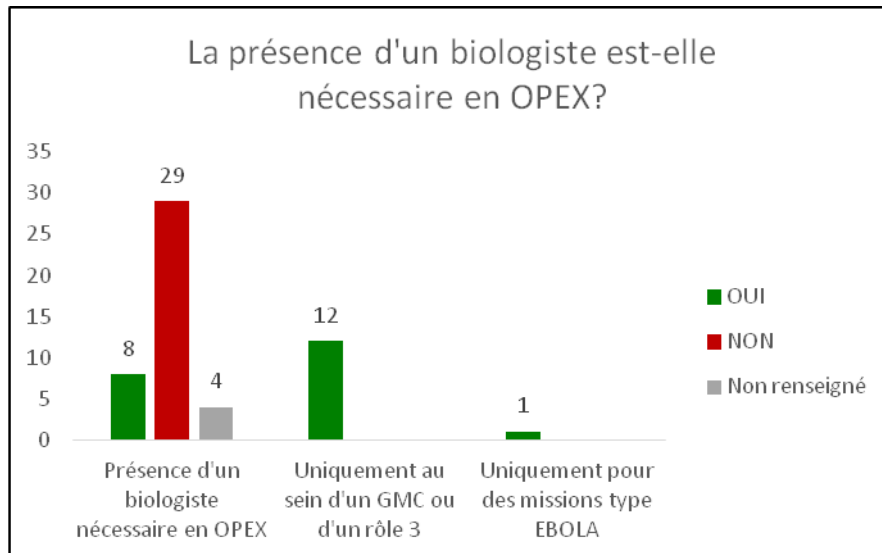


Figure 58. Graphique traduisant la nécessité d'un biologiste en OPEX selon les cliniciens

- Point de vue des cliniciens sur l'évolution de la biologie médicale entre plusieurs OPEX :

Vingt-et-un (39%) n'ont pas vu d'évolution, 5 (9%) ont vu une évolution défavorable, 10 (19%) une évolution favorable et 18 (33%) n'ont pas répondu ou n'étaient pas concernés (ceux qui n'ont effectué qu'une seule OPEX).

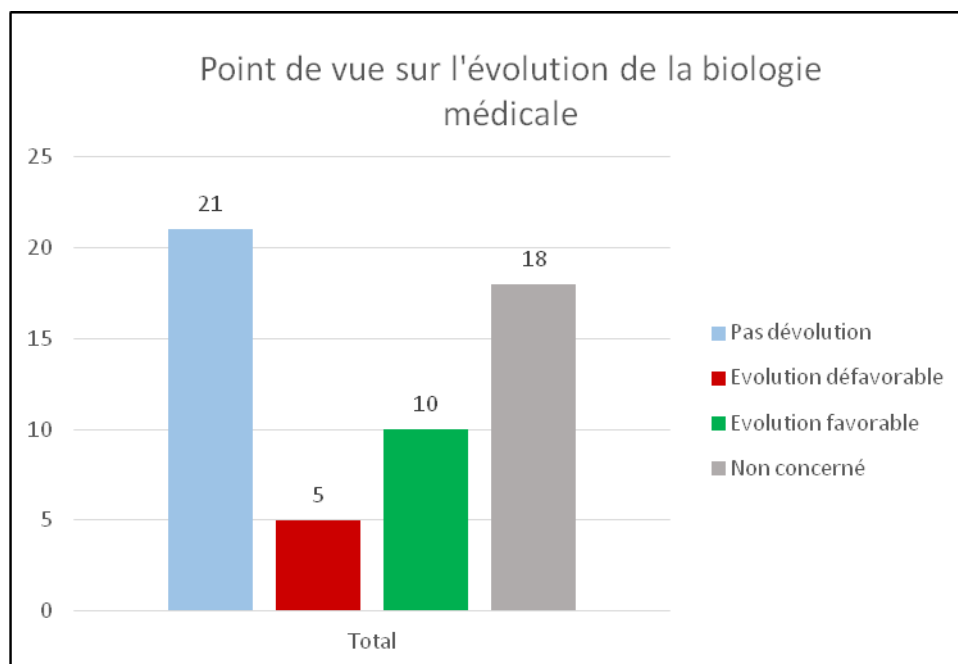


Figure 59. Graphique traduisant le point de vue des cliniciens sur l'évolution de la biologie médicale en OPEX

- Satisfaction globale :

Au niveau de leur satisfaction, 2 cliniciens (4%) ont été insatisfaits (la capacité d'examens proposée par le laboratoire de campagne leur a semblé insuffisante comparée aux besoins auxquels elles ont dû faire face, notamment en ce qui concerne la biologie d'urgence), 36 (67%) ont été satisfaits, 14 (25%) très satisfaits par la prestation du laboratoire de campagne et de son/ses technicien(s) et 2 (4%) n'ont pas répondu à la question.

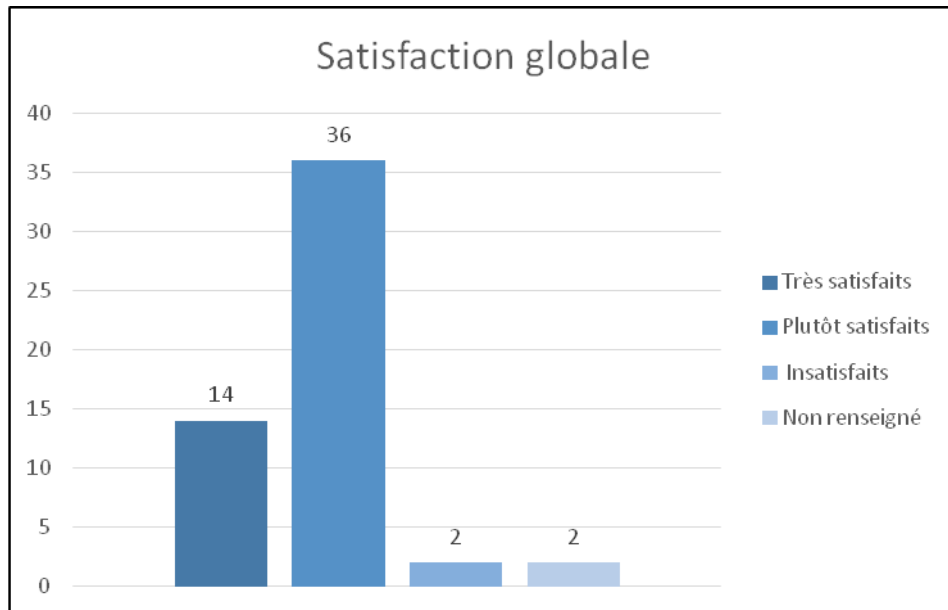


Figure 60. Graphique reflétant la satisfaction globale des cliniciens

#### IV. Limites

Pour une bonne interprétation des résultats, il est à noter que nous avons éprouvé des difficultés pour recueillir les résultats. En effet, il a été complexe d'obtenir les questionnaires auprès des cliniciens et des techniciens de laboratoires, et beaucoup de participants n'ont pas répondu à certaines questions.

Nous devons également mettre en évidence le nombre élevé de praticiens qui sont partis à Djibouti, ce qui peut modifier les résultats puisque la structure mise en place à Djibouti est une structure hospitalière moins opérationnelle que les autres OPEX.



Nous aurions également pu envoyer nos questionnaires aux IDE embarqués à bord des SNLE, mais il s'agit d'une structure particulière avec des équipements limités en biologie médicale (peu utilisés en pratique) et il aurait peut-être été difficile d'obtenir des réponses.

## V. Discussion et perspectives

Ainsi, nous avons pu voir que, même si une réelle évolution n'a pas été notée, globalement les techniciens de laboratoires et les cliniciens sont plutôt satisfaits du laboratoire de campagne déployé en OPEX. Néanmoins, certains dysfonctionnements ont pu être mis en évidence dans cette étude.

### 1. Formation

En ce qui concerne la formation des techniciens de laboratoire aux OPEX, celle-ci est jugée assez souvent insuffisante (notamment pour les jeunes engagés qui ne connaissent pas bien le matériel et en particulier en microbiologie) ou trop éloignée dans le temps du départ en OPEX. Le nombre d'OPEX effectuées n'a pas d'influence sur la satisfaction des techniciens de laboratoire en ce qui concerne leur formation. Les deux principaux inconvénients retrouvés sont : qu'il n'existe pas de formation type et qu'il faut se déplacer jusqu'à l'HIA Bégin pour recevoir cette formation. Celle-ci est d'autant plus importante que le technicien sur place est régulièrement sollicité par les cliniciens pour l'analyse des résultats (particulièrement en bactériologie et en parasitologie). Certains d'entre eux ont eu des difficultés à répondre aux interrogations des cliniciens.

Ainsi, nous pouvons proposer comme amélioration des pratiques, une formation type pour tous les techniciens de laboratoires partant en OPEX, à renouveler régulièrement en fonction des OPEX, comprenant certaines notions de microbiologie ainsi que sur le groupage sanguin. La mise en place de fiches techniques, notamment sur l'identification des bactéries et des parasites (types planches hématologiques ou photos) serait également un outil intéressant pour aider les techniciens sur le terrain, de même que l'accès facile à internet.

## 2. Panel de tests

En ce qui concerne la dotation du laboratoire de campagne, le point positif est qu'elle comprend des appareils de biologie délocalisée, pour la plupart adaptés aux conditions opérationnelles, et faciles d'utilisation et de maintenance. De plus, en majorité, les analyseurs semblent adaptés aux délais de transmission demandés par les cliniciens. Dans le tableau n°3, nous présentons les recommandations de la Société Française de Biologie Clinique sur les délais de transmissions des résultats des analyses biologiques.

Domaine	Examen	Délai
Hématologie	Hémoglobine	10-20 minutes
	Recherche de Schizocytes	< 60 minutes
	Numération / Hémogramme	10-60 minutes selon le contexte clinique
Hémostase	TP / TCA / Fibrinogène / D-Dimères	20-60 minutes
Immuno-Hématologie	Groupage sanguin	< 30 minutes
	Test direct à l'antiglobuline	< 120 minutes
	Facteur V	< 120 minutes
Biochimie	Gaz du sang	10-30 minutes selon le contexte clinique
	Bilan plasmatique et/ ou sérique	45-60 minutes selon contexte clinique
	Marqueur cardiaque (Troponine)	< 60 minutes
Biochimie	Bêta hCG	< 60 minutes
Microbiologie	Recherche du paludisme sur lame et tests unitaire antigénique	< 4 heures pour un résultat partiel
	Hémoculture pour suspicion de pyélonéphrite	
Sérologie	VIH dans le cadre d'un Accident d'Exposition au Sang	< 4 heures

Tableau n°3 : Liste complémentaire des examens réalisables en urgence en fonction du contexte clinique (95).

La plupart des analyseurs du laboratoire de campagne permettent de rendre les résultats biologiques dans les délais indiqués dans ce tableau.

Néanmoins, certains analyseurs sont inadaptés à un afflux massif de blessé (Reflotron®, bilans de coagulation, sérologies en cas de don de sang total). D'autres, en particulier les appareils de biochimie, ne supportent pas la chaleur (Epoc®, Piccolo® et I-Stat), ou ne sont pas fiables selon les techniciens de laboratoire qui ont répondu à notre enquête (ABX MICROS 60®, gazométrie sur ionogramme, CRP latex « poly labo » TDR du VIH, du VHC et du paludisme, méthode qualitative pour la détection des D-dimères, calcul du TP et du TCA).

En outre, certains tests manquent pour répondre aux besoins des médecins (dans les rôles 1 et 2 : bilan de coagulation ; dans les GMC et HMC : panel d'antibiogrammes insuffisant comparé aux antibiotiques en dotation, milieux de culture pour le Bacille de Koch et thromboélastogramme ; pour l'ensemble des dotations : les tests QBC® pour la détection du *Plasmodium falciparum* enlevés de la dotation alors qu'ils semblent indispensables, coffrets d'identification pour la dengue et les arboviroses... Il est apparu qu'un laboratoire de rôle 2 isolé comme à Gao ainsi que les rôles 1 sont insuffisamment dotés en tests pour couvrir l'ensemble des besoins de la structure déployée.

Pour pallier à cela, en ce qui concerne les analyses microbiologiques, une solution à envisager serait d'envoyer un biologiste médical dès l'ouverture du théâtre ou d'effectuer une analyse des « risques » avant le début de la mission sur des données bibliographiques et épidémiologiques. Cela permettrait d'établir les besoins en dotation du laboratoire de campagne en fonction des pathologies qui sévissent dans cette région. Nous pouvons également évoquer le fonctionnement du service de santé allemand qui déploie directement un laboratoire spécialisé en microbiologie sur le terrain (relié à un centre de référence par « télé-microbiologie ») en plus du laboratoire de campagne.

En outre, comme nous l'avons dit précédemment, lorsque la capacité diagnostique du laboratoire de campagne est dépassée, des échantillons sont envoyés dans des laboratoires de référence en France. Or, nous avons pu remarquer l'existence d'un vide juridique en ce qui concerne l'envoi de ces échantillons (aucun moyen officiel pour l'envoi hormis le triple emballage, pas de contenant ou d'enveloppe spécialisés, problème de la chaîne du froid...) ainsi que des difficultés de transmission des résultats au laboratoire de campagne.

Enfin, étant donné que la maintenance sur place est effectuée par le TMS, elle est très personnel-dépendant. S'il y a une panne majeure, il ne suffit pas : il faut le remplacement de l'analyseur, qui, parfois, est échangé avec un appareil en, encore plus mauvais état.

Avec les avancées technologiques, nous pouvons espérer voir dans les années qui viennent l'apparition de nouvelles techniques de dosages biologiques, plus performantes et plus rapides. Certains scientifiques travaillent également sur des techniques déjà existantes, mais qui pourrait être utilisées dans un autre champ d'application. Nous pouvons citer comme exemple les recherches effectuées aux États-Unis sur les bandelettes urinaires qui pourraient constituer une aide au diagnostic des hémorragies sub-arachnoïdiennes. En effet, dans le cas où ces bandelettes urinaires montrent l'absence d'hématurie, il est possible d'exclure le risque d'hémorragie intracrânienne et donc de limiter le nombre de MEDEVAC superflues (96).

### 3. Le ravitaillement

Premièrement, nous avons pu voir une grande insatisfaction des techniciens de laboratoire en ce qui concerne l'approvisionnement en réactifs. En effet, même si des efforts ont été fournis par les établissements de ravitaillement et la DAPSA, ceux-ci n'ont pas été suffisants pour limiter les erreurs de conservation (réactifs sensibles à la chaleur envoyés dans des containers classiques), de commande (quantité) ou des dates de péremption trop courtes (une à deux semaines pour les utiliser sur le terrain), ce qui rend non seulement les analyses difficiles mais également le contrôle qualité. Ces délais d'approvisionnement sont la conséquence de stocks insuffisants au sein des ERSA. Ces derniers doivent donc commander au fournisseur avant d'effectuer le ravitaillement, augmentant les délais de livraison. Une solution à envisager serait d'optimiser les stocks au sein des ERSA ou éventuellement d'utiliser les réserves des hôpitaux.

De plus, la commande est souvent délicate à effectuer (logiciel de commande inadapté, commande régulièrement bloquée par la DAPSA, pas de suivi possible), les délais de réception sont très longs (les réactifs arrivent pour le successeur) et certains réactifs sont

difficiles à obtenir (hémostase, Piccolo®, cassette pour l'Epoc®, test pour le paludisme et milieux pour l'analyse de l'eau...).

Nous avons pu mettre en évidence que les techniciens de laboratoires éprouvent des difficultés pour effectuer les commandes de réactifs. Il serait donc certainement utile de mettre en place un logiciel de commande commun pour tous les laboratoires de campagne déployés, comprenant des tableaux de commandes plus simples que ceux en vigueur actuellement. Cela contribuerait à l'amélioration du système de commande, et favoriserait la mise en place d'un suivi.

#### 4. Démarche Qualité

En ce qui concerne le contrôle qualité, lorsque des procédures et modes opératoires sont disponibles sur place, ils sont la plupart du temps incomplets, mais le contrôle qualité est tout de même effectué sur place de manière correcte (sauf pour le suivi métrologique des enceintes et des pipettes thermo-statées qui est approximatif). La transmission des résultats se fait de manière téléphonique, ce qui peut être la source d'erreurs d'identitovigilance, de retranscription et de traçabilité. Enfin, la fiabilité des résultats est difficilement appréciable pour les cliniciens. Pour remédier à cela, un logiciel informatique pour relier les données cliniques et paracliniques serait utile. L'opération d'armement infostructure santé (ISSAN) prévoit d'élaborer un dossier patient informatisé en OPEX, qui pourrait inclure un module biologie, permettant d'effectuer une traçabilité des résultats biologiques des patients. Ce dossier informatisé participerait à l'amélioration de la démarche qualité du laboratoire de campagne, néanmoins, il ne sera pas mis en place avant 2020.

#### 5. Présence d'un biologiste

La majorité des techniciens de laboratoire pensent que la présence d'un pharmacien ou d'un médecin biologiste sur place n'est pas nécessaire. Néanmoins, il serait bénéfique qu'un biologiste soit envoyé pendant, par exemple, quinze jours tous les six mois pour effectuer un contrôle des activités du laboratoire. Il serait, en plus, nécessaire de nommer un biologiste

réfèrent en France, que le technicien puisse contacter par internet ou par téléphone. Selon les cliniciens, il serait avisé qu'un biologiste soit affecté aux laboratoires des GMC et des rôles 3, notamment pour la microbiologie et pour la gestion de la transfusion de sang total ; et il paraît indispensable d'envoyer un biologiste au sein de dispositifs tels qu'un laboratoire de Sécurité Biologique 3, comme ce fût le cas en Guinée-Conakry avec l'épidémie du virus Ebola.

## 6. La nouvelle organisation de la biologie médicale va-t-elle pouvoir répondre aux besoins ?

En effet le groupe de travail sur l'équipement des laboratoires déployés en opération extérieure et dans la marine nationale de septembre 2015 a proposé un certain nombre de propositions pour pallier aux dysfonctionnements du LC05 (40).

- **Formation**

Premièrement, même si les laboratoires de campagne ne sont pas soumis à l'accréditation, il a été décidé que la formation des techniciens envoyés en OPEX devrait répondre aux exigences du COFRAC afin d'améliorer les pratiques sur le terrain (40).

En effet, il a été proposé de créer une grille de formation et d'habilitation standard (sous la forme d'un passeport numérique de biologie), qui serait distribuée au sein des HIA de plateforme (Paris, Marseille et Toulon), et les techniciens de laboratoires devraient être formés au sein d'un ou deux centres de formation pour les OPEX dans les HIA possédant les analyseurs déployés. Ce carnet de formation comprendra à la fois une formation continue tout au long de l'année ainsi qu'une formation ponctuelle, avant le départ en OPEX (97).

En ce qui concerne les techniciens de laboratoires hors HIA (par exemple ceux travaillant à l'IRBA), leur formation sera également renforcée (40).

- **Panels de tests**

Comme nous l'avons développé précédemment, au sein du LC17 deux niveaux d'équipements ont été définis en fonction de la structure de soin déployée. Ce système de niveaux permet une meilleure adaptabilité du laboratoire de campagne, notamment par le fait qu'il puisse être réévalué à tout moment de la mission en fonction des besoins du laboratoire (40).

En outre, la dotation du laboratoire de campagne a été réactualisée, comprenant des analyseurs de biologie délocalisée plus modernes, compacts et plus performants. Celle-ci comporte également un plus large panel de tests. Nous pouvons citer comme exemple les TDR pour les arboviroses qui ne sont actuellement pas envoyés dans les laboratoires des rôles 2 alors qu'ils y sont nécessaires, et qui sont prévus dans le niveau 1 de sérologie (la mise en place sera progressive). De plus, si l'activité augmente au cours de la mission, il est désormais possible de doubler les dotations (40). Nous pouvons observer dans le tableau n°4 les évolutions entre les dotations du LC05 et du LC17 et leurs différents niveaux.

Domaines	Dotation LC 05		Dotation LC 17	
	ACA	GMC	Niveau 1	Niveau 2
Hématologie	Dosage de l'hémoglobine rapide		Dosage de l'hémoglobine rapide	Dosage de l'hémoglobine rapide
		Numération Formule Sanguine et Plaquettes	Numération Leucocytes et Formule approchée	Numération Formule Sanguine et Plaquettes
				Analyse cytologique (microscope)
Hémostase		TP, TCA, Fibrinogène, Facteur V	TP, TQ, INR	TP, TCA, Fibrinogène, Facteur V
		D-Dimères		D-Dimères quantitatifs
				Thromboélastogramme (à envisager)
Imuno-hématologie	Groupage sanguins (réactifs liquides)	Groupage sanguin (Carte Gel + Plaque Beth Vincent)	Groupage sanguin (réactifs liquides)	Groupage sanguin (Carte Gel + Plaque Beth Vincent)

Domaines	Dotation LC 05		Dotation LC 17	
Biochimie	Glycémie sur bandelettes	Glycémie sur bandelettes	Glycémie sur bandelettes	Glycémie sur bandelettes
	Gaz du sang	Gaz du sang	Gaz du sang	Gaz du sang
	Ionogramme	Electrolytes Glucose, Urée, Créatinine, Amylase Troponine, CRP	Electrolytes Glucose, Urée, Créatinine, Lactates Marqueurs cardiaques	Electrolytes Glucose, Urée, Créatinine, Lactates, Amylase Marqueurs cardiaques (CK, Troponine)
		Bilan hépatique		Bilan hépatique (ASAT, ALAT)
				Bilan rénal (Urée, Créatinine)
		Protéines sériques		Protéines, Albumine
	Bandelettes urinaires	Bandelettes urinaires	Bandelettes urinaires	Bandelettes urinaires Toxiques urinaires
Sérologie Et TDR	βHCG	βHCG	βHCG VIH	βHCG TPHA, VDRL VIH
	VHC	TPHA, VDRL VHC	VHC, agHBs, VHE Paludisme	VHA, VHB, VHC, VHE EBV
	VIH	VIH	Tétanos	Paludisme Tétanos
	Paludisme	Paludisme	Grippe Pneumocoque	Grippe Pneumocoque
	Tétanos	Tétanos	Légionelles Streptocoque	Légionelles Streptocoque
		Bilharziose	Amibiase Dengue Chikungunya	Amibiase Dengue Chikungunya
Microbiologie		Examen direct Gram	Examen direct Gram	Examen direct Gram Mycobactéries
		Cultures bactériennes		Cultures bactériennes
		Antibiogrammes		Antibiogrammes
			Système QBC® (Paludisme)	
Biologie Moléculaire				Kits syndromiques (diarrhées, infections respiratoires) A envisager
Autres		Analyse de l'eau		

Tableau n°4 : Comparaison entre les dotations LC05 et LC17 du laboratoire de campagne



Même si elle n'a pas encore été mise en place au sein des OPEX actuelles, nous pouvons espérer que cette dotation plus complète, répartie en deux niveaux, permettra au laboratoire de campagne de mieux répondre aux besoins des cliniciens.

- **Démarche qualité**

Pour l'instant, le contrôle qualité appliqué dans les laboratoires de campagne n'est pas standardisé. Il a donc été décidé de rédiger des procédures et des modes opératoires ; ainsi que de mettre en place des cahiers de suivi de maintenance des analyseurs qui seraient les mêmes pour tous les laboratoires déployés. Un abonnement à des contrôles qualités externes est également envisagé lorsque les délais d'acheminement le permettraient (40).

De plus, concernant l'informatisation du laboratoire de campagne et la transmission des résultats, il est prévu pour le niveau 2 de mettre en place soit un logiciel permettant de se connecter aux analyseurs, de gérer les résultats des patients, leurs antériorités, les contrôles qualité ; soit de créer une base sous Access (testée au laboratoire du CTS pour l'épidémie d'Ebola) qui permet une saisie manuelle des résultats (40).

Enfin, pour pallier au manque de suivi de température des enceintes thermo-statées, il a été proposé d'intégrer à la dotation du laboratoire de campagne des sondes de température avec lecteur à connecter sur un ordinateur (40).

- **Présence d'un biologiste**

Au sujet de la présence d'un biologiste référent, le projet du LC17 envisage de relier chaque laboratoire de campagne à une équipe de biologistes en France afin d'améliorer la gestion des contrôles qualité et la communication lors d'avis d'expertise demandés par les techniciens de laboratoire déployés. Ces derniers auront ainsi la possibilité d'envoyer des données biologiques via un système de transmission sécurisé aux biologistes référents sur le territoire national. Ce principe existe déjà pour l'imagerie avec la transmission d'images puisqu'il n'y a pas de radiologue en OPEX (97).

La rédaction d'un marché d'acheminement des prélèvements provenant des OPEX est également prévu afin de mieux sécuriser l'envoi d'échantillons biologiques vers les centres de référence (40).

Enfin, la création d'un RETEX spécifique, la mise en place d'audits ponctuels auprès des cliniciens au retour d'OPEX et l'extraction de l'activité biologique de chaque OPEX ont été proposées afin de superviser l'activité du laboratoire de campagne (40).

Globalement, nous pouvons dire que la dotation du laboratoire de campagne LC17 (et toutes les mesures qui sont prises quant à l'organisation de la biologie médicale en OPEX) va permettre de pallier à un grand nombre des dysfonctionnements que nous avons mis en évidence dans notre étude. Ces améliorations concernent la formation des techniciens de laboratoire, la variété des tests disponibles sur le théâtre, le contrôle qualité ou encore la supervision du laboratoire par une équipe de biologistes. Elles tendent à conduire à un laboratoire de campagne autonome, modulable et projetable en l'absence d'infrastructure sur place (97).

Néanmoins, certains points restent encore à améliorer. Par exemple, au sujet du ravitaillement des réactifs, le groupe de travail n'a pas proposé de simplification du logiciel de commande, ou encore la DAPSA n'a pas envisagé de revoir la gestion des produits sensibles à la température. Nous pouvons également citer l'absence de capacité d'effectuer de la biologie moléculaire. En effet, pour l'instant aucun appareil de biologie moléculaire (PCR) ne remplit les critères de choix (robustesse, fonctionnement à des températures élevées, coût important...) pour équiper le laboratoire de campagne, ce qui représente une de ses limites.

# Conclusions

## CONCLUSIONS

THESE SOUTENUE PAR : MENIER Lucie

Concept relativement récent, le laboratoire de campagne a pour mission de soutenir les équipes médicales déployées sur le théâtre d'opération. Il s'intègre donc parfaitement dans la doctrine du SSA et participe à la prise en charge du blessé de guerre, comme à la prise en charge de pathologies relevant des soins courants ou encore de l'aide médicale à la population.

Présents également à bord des bâtiments de la Marine Nationale et des aéronefs de l'Armée de l'air, les équipements de biologie médicale sont indispensables au cours de missions de longue durée ainsi que pour la surveillance des blessés nécessitant une MEDEVAC.

Ces équipements sont la plupart du temps utilisés par le technicien de laboratoire qui est envoyé au sein du laboratoire de campagne, mais certains cliniciens peuvent également en être responsables, notamment dans les structures médicales et chirurgicales de l'extrême avant, qui ne disposent pas de laboratoire de campagne.

Etant donné les contraintes opérationnelles, le laboratoire de campagne répond à une réglementation spécifique et n'est pas soumis à l'accréditation par le COFRAC. Malgré cela, le technicien de laboratoire doit mettre en place une démarche qualité.

Même si le degré de satisfaction globale est élevé, notre enquête auprès des cliniciens et des techniciens nous a permis de dégager un certain nombre d'améliorations à apporter au laboratoire de campagne. Elles ont été, en grande partie, prises en compte par le récent groupe de travail mis en place par la Direction Centrale du Service de Santé des Armées. Il s'agira de la troisième version du laboratoire de campagne depuis sa création. Cette dotation est donc en perpétuelle évolution afin de répondre au mieux aux besoins opérationnels et aux évolutions technologiques.

Enfin, nous avons pu voir que le SSA est capable de déployer un laboratoire de sécurité biologique de niveau 3 afin de répondre à une crise sanitaire majeure.


**Le Président de la thèse,**

Nom : *M. Vinciguerra*

Signature :



Vu et permis d'imprimer, Lyon, le **25 JUIL. 2016**  
Vu, la Directrice de l'Institut des Sciences Pharmaceutiques et  
Biologiques, Faculté de Pharmacie

Pour le Président de l'Université Claude Bernard Lyon 1,  
P/La Directrice et par délégation  
La directrice adjointe  
**Pr. Stéphanie BRIANCON**  
  
**Professeure C. VINCIGUERRA**

# Annexes

## Annexe 1 : Panel de tests obligatoire

### I. Au sein d'un rôle 1

Nom du test (paramètre mesuré)	Unité	Type d'échantillon	Facultatif ou Nécessaire
<b><u>Hématologie</u></b>			
Leucocytes (GB)	10 <sup>9</sup> /L	Sang	Facultatif
Hémoglobine (Hb)	mmol/L	Sang	Nécessaire
Hématocrite (Ht)	L/L	Sang	Facultatif
<b><u>Biochimie</u></b>			
Sodium	mmol/L	Sang	Facultatif
Potassium	mmol/L	Sang	Facultatif
Densité	g/dL	Urine	Facultatif
pH		Urine	Facultatif
Leucocytes		Urine	Facultatif
Nitrites		Urine	Facultatif
Protéines	mg/dL	Urine	Facultatif
Glucose	mg/dL	Urine	Facultatif

Nom du test (paramètre mesuré)	Unité	Type d'échantillon	Facultatif ou Nécessaire
Cétones		Urine	Facultatif
Urobilinogène		Urine	Facultatif
Bilirubine	ng/dL	Urine	Facultatif
Hématurie		Urine	Facultatif
Sédimentation		Urine	Facultatif

## II. Au sein d'un rôle 2

Nom du test (paramètre mesuré)	Unité	Type d'échantillon	Facultatif ou Nécessaire
<b><u>Hématologie</u></b>			
Leucocytes (GB) (automatisée)	$10^9/L$	Sang	Nécessaire
Erythrocytes (GR) (automatisée)	$10^{12}/L$	sang	Nécessaire
Hémoglobine (Hb)	mmol/L	Sang	Nécessaire
Hématocrite (Ht)	L/L	Sang	Nécessaire
Volume Globulaire Moyen (VGM)	fL	Sang	Nécessaire



Nom du test (paramètre mesuré)	Unité	Type d'échantillon	Facultatif ou Nécessaire
Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (TCMH)	pg	Sang	Nécessaire
Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (CCMH)	g/dL	Sang	Nécessaire
Indice de Distribution des globules Rouges (IDR)		Sang	Nécessaire
Plaquettes (Pq)	10 <sup>9</sup> /L	Sang	Nécessaire
Formule leucocytaire : Polynucléaires éosinophiles, basophiles et neutrophiles, lymphocytes, monocytes (automatisée)	%	Sang	Nécessaire
Frottis sanguin		Sang	Nécessaire
<b>Biochimie</b>			
Sodium	mmol/L	Sang	Nécessaire
Potassium	mmol/L	Sang	Nécessaire
Chlorures	mmol/L	Sang	Nécessaire
Calcium ionisé	mmol/L	Sang	Nécessaire

Nom du test (paramètre mesuré)	Unité	Type d'échantillon	Facultatif ou Nécessaire
Urée	mmol/L	Sang	Nécessaire
Créatinine	mmol/L	Sang	Nécessaire
Gamma GT	U/L	Sang	Optionnel
ASAT	U/L	Sang	Optionnel
ASAT	U/L	Sang	Optionnel
Phosphatases	U/L	Sang	Optionnel
Bilirubine Totale	μmol/L	Sang	Optionnel
CRP	mg/L	Sang	Optionnel
Amylase	U/L	Sang	Optionnel
Glucose	mmol/L	Sang	nécessaire
Lactates	mmol/L	Sang	nécessaire
Temps de Céphaline avec Activateur (TCA)	Secondes	Plasma	Optionnel
Taux de Prothrombine (TP)	Secondes	Plasma	Optionnel
INR		Plasma	Optionnel

Nom du test (paramètre mesuré)	Unité	Type d'échantillon	Facultatif ou Nécessaire
pH		Sang	Optionnel
PCO <sub>2</sub>	kPa	Sang	Optionnel
PO <sub>2</sub>	kPa	Sang	Optionnel
HCO <sub>3</sub>	mmol/L	Sang	Optionnel
Excès de bases	mmol/L	Sang	Optionnel
Saturation en O <sub>2</sub>	%	Sang	Optionnel
Trou anionique	mmol/L	Sang	Optionnel
Créatinine Kinase totale	U/L	Sang	Optionnel
Créatine Kinase-MB	Pos/Neg	Sang	Nécessaire
Troponine I (cTnI)	Pos/Neg	Sang	Nécessaire
Groupe sanguin ABO, Rh		Sang	Nécessaire
Crossmatch		Sang	Optionnel
Microbiologie (bactériologie, parasitologie limitée, antigène détection rapide)			Optionnel
Densité	g/dL	Urine	Nécessaire

<b>Nom du test (paramètre mesuré)</b>	<b>Unité</b>	<b>Type d'échantillon</b>	<b>Facultatif ou Nécessaire</b>
<b>pH urinaire</b>		Urine	Nécessaire
<b>Leucocytes</b>		Urine	Nécessaire
<b>Nitrites</b>		Urine	Nécessaire
<b>Protéines</b>	mg/dL	Urine	Nécessaire
<b>Glucose</b>	mg/dL	Urine	Nécessaire
<b>Cétones</b>		Urine	Nécessaire
<b>Urobilinogène</b>		Urine	Nécessaire
<b>Bilirubine</b>	ng/dL	Urine	Nécessaire
<b>Hématurie</b>		Urine	Nécessaire
<b>Recherche de cristaux</b>		Urine	Nécessaire
<b>Test de grossesse</b>		Urine	Nécessaire

### III. Au sein d'un rôle 3

Nom du test (paramètre mesuré)	Unité	Type d'échantillon	Facultatif ou Nécessaire
<b><u>Hématologie</u></b>			
Leucocytes (GB) (automatisée)	10 <sup>9</sup> /L	Sang	Nécessaire
Erythrocytes (GR) (automatisée)	10 <sup>12</sup> /L	sang	Nécessaire
Hémoglobine (Hb)	mmol/L	Sang	Nécessaire
Hématocrite (Ht)	L/L	Sang	Nécessaire
Volume Globulaire Moyen (VGM)	fL	Sang	Nécessaire
Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (TCMH)	pg	Sang	Nécessaire
Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (CCMH)	g/dL	Sang	Nécessaire
Indice de Distribution des globules Rouges (IDR)		Sang	Nécessaire
Plaquettes (Pq)	10 <sup>9</sup> /L	Sang	Nécessaire

<b>Volume Plaquettaire Moyen</b>	fL	Sang	Nécessaire
<b>Formule leucocytaire : Polynucléaires éosinophiles, basophiles et neutrophiles, lymphocytes, monocytes (automatisée)</b>	%	Sang	Nécessaire
<b>Frottis sanguin</b>		Sang	Nécessaire
<b><u>Biochimie</u></b>			
<b>Sodium</b>	mmol/L	Sang	Nécessaire
<b>Potassium</b>	mmol/L	Sang	Nécessaire
<b>Chlorures</b>	mmol/L	Sang	Nécessaire
<b>Calcium ionisé</b>	mmol/L	Sang	Nécessaire
<b>Urée</b>	mmol/L	Sang	Nécessaire
<b>Créatinine</b>	mmol/L	Sang	Nécessaire
<b>Gamma GT</b>	U/L	Sang	Nécessaire
<b>ASAT</b>	U/L	Sang	Nécessaire
<b>ASAT</b>	U/L	Sang	Nécessaire
<b>Phosphatases</b>	U/L	Sang	Nécessaire
<b>Bilirubine Totale</b>	μmol/L	Sang	Nécessaire

<b>CRP</b>	mg/L	Sang	Nécessaire
<b>Vitesse de Sédimentation</b>	mm/hr	Sang	Nécessaire
<b>Amylase</b>	U/L	Sang	Nécessaire
<b>Glucose</b>	mmol/L	Sang	Nécessaire
<b>Lactates</b>	mmol/L	Sang	Nécessaire
<b>Temps de Céphaline avec Activateur (TCA)</b>	Secondes	Plasma	Nécessaire
<b>Taux de Prothrombine (TP)</b>	Secondes	Plasma	Nécessaire
<b>INR</b>		Plasma	Nécessaire
<b>D-Dimères</b>	µg/mL	Sang	Nécessaire
<b>pH</b>		Sang	Nécessaire
<b>PCO<sub>2</sub></b>	kPa	Sang	Nécessaire
<b>PO<sub>2</sub></b>	kPa	Sang	Nécessaire
<b>HCO<sub>3</sub></b>	mmol/L	Sang	Nécessaire
<b>Excès de bases</b>	mmol/L	Sang	Nécessaire
<b>Saturation en O<sub>2</sub></b>	%	Sang	Nécessaire
<b>Trou anionique</b>	mmol/L	Sang	Nécessaire

Nom du test (paramètre mesuré)	Unité	Type d'échantillon	Facultatif ou Nécessaire
Créatinine Kinase totale	U/L	Sang	Nécessaire
Créatine Kinase-MB	Pos/Neg	Sang	Nécessaire
Troponine I (cTnI)	Pos/Neg	Sang	Nécessaire
Groupe sanguin ABO, Rh		Sang	Nécessaire
Crossmatch		Sang	Nécessaire
Test de Grossesse		Sang	Nécessaire
Microbiologie (bactériologie, parasitologie limitée, antigène détection rapide)			Optionnel
Densité	g/dL	Urine	Nécessaire
pH urinaire		Urine	Nécessaire
Leucocytes		Urine	Nécessaire
Nitrites		Urine	Nécessaire
Protéines	mg/dL	Urine	Nécessaire
Glucose	mg/dL	Urine	Nécessaire
Cétones		Urine	Nécessaire



<b>Nom du test (paramètre mesuré)</b>	<b>Unité</b>	<b>Type d'échantillon</b>	<b>Facultatif ou Nécessaire</b>
<b>Urobilinogène</b>		Urine	Nécessaire
<b>Bilirubine</b>	ng/dL	Urine	Nécessaire
<b>Hématurie</b>		Urine	Nécessaire
<b>Recherche de cristaux</b>		Urine	Nécessaire
<b>Test de grossesse</b>		Urine	Nécessaire

## Annexe 2 : Questionnaires

### I. Destiné aux techniciens de laboratoire

#### LA BIOLOGIE MEDICALE EN OPEX

##### *Questionnaire anonyme*

Merci de bien vouloir répondre à ce questionnaire dont les objectifs sont de recueillir votre degré de satisfaction et de mettre en évidence les pistes d'amélioration de la biologie médicale en OPEX.

Ce questionnaire est destiné aux techniciens de laboratoire partis en OPEX au moins une fois durant les 5 dernières années.

L'analyse globale des réponses fera l'objet de la partie expérimentale d'une thèse de pharmacie.

Aspirant Pharmacien Menier (ESA, 5ème année)

#### **Données générales (entourer la réponse)**

**Vous êtes ?**

une femme

un homme

**Vous avez ?** <30 ans    entre 30 et 40 ans    entre 40 et 50 ans    50 ans

**1. Exercez-vous dans un laboratoire hospitalier ?**

Si réponse négative précisez :

**2. Précisez vos séjours en OPEX durant les 5 dernières années (théâtre, durée, poste) :**

-

-

-

-

-

**Ce questionnaire concerne la dernière OPEX que vous avez effectuée**

**3. Votre formation technique avant le départ en OPEX était-elle suffisante ?**

Si réponse négative précisez :

**4. Le panel des tests proposés vous semble-t-il adapté aux situations cliniques rencontrées ?**

Si réponse négative précisez :

**5. Selon vous, les équipements analytiques disponibles en OPEX sont :**

- Adaptés au délai de transmission des résultats demandés par les cliniciens.

Si réponse négative précisez :

- Adaptés aux conditions climatiques rencontrées.

Si réponse négative précisez :

- Robustes et fiables.

Si réponse négative précisez :

- Simples d'utilisation et de maintenance (nettoyage, calibrage, entretien...).

Si réponse négative précisez :

- La qualité du service de maintenance curative (réparation en cas de panne...) assuré par le technicien biomédical en OPEX vous semble-t-elle satisfaisante ?

Si réponse négative précisez :

**6. L'approvisionnement en réactifs et consommables de laboratoire :**

- La réalisation d'une commande vous semble-t-elle simple ?

Si réponse négative précisez :

- Les délais d'approvisionnement vous semblent-ils corrects ?

Si réponse négative précisez :

- Y a-t-il une bonne communication entre vous et l'UDPS ?

Si réponse négative précisez :

- Avez-vous rencontré des problèmes à la réception d'une commande ? (non-respect de la chaîne du froid, erreur de référence, produit endommagé...)

Si réponse négative précisez :

- Avez-vous des difficultés à vous procurer certains réactifs ?

Si réponse positive précisez quels réactifs :

## **7. Conditions de travail :**

- Les locaux sont-ils adaptés ?

Si réponse négative précisez :

- Les conditions de stockage des réactifs et consommables sont-elles adaptées ?

Si réponse négative précisez :

- L'élimination des DASRI (déchets d'activités de soins à risques infectieux) est-elle simple ?

Si réponse négative précisez :

- Etiez-vous le seul technicien de laboratoire affecté sur le site ?
- Votre charge de travail était-elle importante ? Comment avez-vous ressenti votre rythme, vos horaires de travail ?

### **8. Démarche qualité :**

- Existe-t-il des procédures et des modes opératoires ?
- Existe-t-il un contrôle de qualité (CQ) pour tous les tests ?
- A quelle fréquence est passé le CQ, quand il existe ?
- Les résultats des contrôles de qualité sont-ils archivés ; si oui comment ?
- Le suivi métrologique des pipettes et des enceintes thermo-statées est-il réalisé ; si oui comment ?
- Quelles sont les modalités de transmission des résultats au prescripteur ?
- Les résultats de patients sont-ils archivés ; si oui comment ?
- Les prescripteurs vous sollicitent-ils pour l'interprétation des résultats ?  
Si réponse positive précisez :
- Avez-vous déjà éprouvé des difficultés pour rendre et/ou interpréter un résultat (frottis sanguin, paludisme, examen bactériologique ...) et demandé conseil à un biologiste en métropole ?

Si réponse positive précisez :

**9. Pensez-vous que la présence d'un pharmacien ou d'un médecin biologiste en OPEX soit nécessaire ?**

**10. Si vous avez effectué plusieurs missions durant les 5 dernières années avez-vous noté une évolution ?**

NON

Favorable

Défavorable

**11. Niveau de satisfaction globale par rapport aux conditions générales de travail :**

Très insatisfait

Insatisfait

Plutôt satisfait

Très satisfait

**12. Remarques particulières à développer :**

## II. Destiné aux cliniciens

### LA BIOLOGIE MEDICALE EN OPEX

#### Questionnaire anonyme

Merci de bien vouloir répondre à ce questionnaire dont les objectifs sont de recueillir votre degré de satisfaction et de mettre en évidence les pistes d'amélioration de la biologie médicale en OPEX.

Ce questionnaire est destiné aux médecins et chirurgiens partis en OPEX au moins une fois durant les 5 dernières années. L'analyse globale des réponses fera l'objet de la partie expérimentale d'une thèse de pharmacie.

Aspirant Pharmacien Menier (ESA, 5ème année)

Données générales (entourer la réponse) :

Vous êtes ?                      une femme                      un homme

Vous avez ? <30 ans      entre 30 et 40 ans      entre 40 et 50 ans      >50 ans

**1. Exercez-vous au sein des forces (CMA) ou en milieu hospitalier (HIA) ?**

**2. Précisez votre spécialité :**

**3. Précisez vos séjours en OPEX pendant les 5 dernières années (théâtre, durée, poste):**



-  
-  
-  
-

**Ce questionnaire concerne la dernière OPEX que vous avez effectuée**

**4. Sur le théâtre d'opération, demandez-vous souvent des examens de biologie ?**

Si oui, lesquels demandez-vous le plus souvent :

**5. Le panel des tests proposés vous semble-t-il adapté à votre exercice professionnel ?**

Si non, précisez les tests superflus et les tests manquants :

**6. Avez-vous manipulé vous-même des équipements de laboratoire type analyseur des gaz du sang ?**

Si oui, sont-ils adaptés aux conditions opérationnelles ?

**7. La fiabilité des résultats vous semble-t-elle correcte ?**

Si non, dites quels tests ne vous semblent pas fiables (obtention de faux positifs ou de faux négatifs souvent...) :

**8. Le temps de transmission des résultats est-il correct ?**

Si non, pour quels examens ce délai n'est-il pas satisfaisant ?

**9. Les modalités de transmission des résultats sont-elles satisfaisantes ?**

Si non, expliquez quelles modalités vous utilisez actuellement (téléphone, compte-rendu papier, fax...) et quels en sont les points négatifs :

**10. Pensez-vous que la présence d'un médecin ou d'un pharmacien biologiste est nécessaire en OPEX ?**

Si oui, précisez :

**11. Si vous avez effectué plusieurs missions durant les 5 dernières années avez-vous noté une évolution ?**

Non

Défavorable

Favorable

**12. Niveau de satisfaction globale :**

Très insatisfait

Insatisfait

Plutôt satisfait

Très satisfait

**13. Remarques particulières à développer :**

# Références bibliographiques

1. OPEX [Internet]. [cité 16 oct 2015]. Disponible sur: <http://www.defense.gouv.fr/jeunes/opex>
2. Hernandez E, Cavallo JD, Burnat P, et al. Laboratoires de terrain du service de santé des armées. *Médecine et armées*. Février 2005;33(1):67-74.
3. Duschesne G. Evolution de la réanimation dans les armées. A propos du conflit algérien. *Médecine et armées*. Février 2008;36(1):51-4.
4. Chevalier B, Pierre Cl. Importance d'un laboratoire de campagne en situation d'exception. *Médecine et armées*. 2001;29(6):561-5.
5. Vlaminck J, Darré E, Laurent G. Soutien sanitaire des opérations extérieures. Evolutions récentes. *Médecine et armées*. février 2005;33(1):5-10.
6. Lial JP, Jault P, Louis FJ. Mission sanitaire au Gabon du 5 septembre 1999 au 13 février 2000. *Médecine et armées*. nov 2001;29(6):567-72.
7. Michel R, Demoncheaux JP, Créach Ma, et al. Prevention of infectious diseases during military deployments : a review of the French armed forces strategy. *Travel Med Infect Dis*. 2014;12(4):330-340.
8. Doctrine du soutien médical aux engagements opérationnels. N°176/DEF/CICDE/NP du 31 juillet 2014.
9. Le Modèle SSA 2020. N°500154/DEF/DCSSA/PS du 4 janvier 2016.
10. Rapport d'information de l'assemblée nationale n° 2470 relatif à la prise en charge des blessés. Décembre 2014.
11. Asencio Y, Prunet B, Ramiara P, et al. Le choc hémorragique en médecine de l'avant. *Annales Françaises de Médecine d'Urgence*. 2011. p. 961-974.
12. Daban JL, Falzone E, Boutonnet M, et al. Blessés au combat, 10 minutes en platine, une heure en or. *Soins*. 2014 Sept;788:14-15.
13. Balandraud P, Puidupin M, Escarment J. Une nouvelle unité médicale opérationnelle pour l'armée française : le Module de Chirurgie Vitale (MCV). e-mémoire de l'Académie Nationale de Chirurgie. 2010;10(3):69-71.
14. Onzième journée nationale suisse sur la stérilisation. Mise en condition des DMR sur les récents théâtres d'opérations militaires. 6 Juin 2013. Pierrat JA. Guerre et...stérilisation.

15. [Mali] Hôpital du désert [Internet]. [cité 21 oct 2015]. Disponible sur: <http://www.defense.gouv.fr/terre/actu-terre/archives/mali-hopital-du-desert>
16. Les SSR, c'est quoi ? | FHP-SSR [Internet]. [cité 21 oct 2015]. Disponible sur: <http://www.fhp-ssr.fr/les-ssr-c-est-quoi>
17. Czerniak E, Causse Le Dorze P, Hersan O, et al. L'évacuation médicalisée par voie aérienne. *Soins*. 2014;59(788):19-21.
18. Ponsard M-L. Le ravitaillement médical en opérations extérieures. Cours de cinquième année de pharmacie; Ecole de Santé des Armées.
19. Ponsard ML, Adam A, Conte B. Opération « Serval »: l'unité de distribution en produits de santé, soutien des unités médicales opérationnelles. *Médecine et armées*. oct 2015;43(4):362-7.
20. Daban JL, Kerleguer A, Clavier B, et al. Transfusion de sang frais total en temps de guerre : expérience du groupement médicochirurgical Warehouse durant la période 2006-2009. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*. 2012 ;31:850-856.
21. Ceppa F, Mérens A, Martinaud C, et al. Principaux examens de biologie médicale dans le cadre de la prise en charge du blessé de guerre. In : Mérat S. *Le blessé de Guerre*. Paris : Arnette; 2014. p. 471-479.
22. Pasquier P, De Rudnicki S, Donat N, et al. Type et épidémiologie des blessures de guerre, à propos de deux conflits actuels: Irak et Afghanistan. In: *Annales françaises d'anesthésie et de réanimation* [Internet]. Elsevier; 2011 [cité 26 oct 2015]. p. 819–827. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0750765811002401>
23. Michel R, Richecoeur L, Jacquemin S, et al. Opération « Serval »: le point de vue de la santé publique. *Médecine et armées*. oct 2015;39(4):368-74.
24. De Laval F, Schwartzbrod PE, Sagui E, et al. Réalité de l'activité médicale en Rôle 1: exemple du Liban. *Médecine et armées*. oct 2011;39(4):317-20.
25. Barbier O, Malgras B, Soula M, et al. Retour d'expérience du déploiement initial de la 14<sup>e</sup> antenne chirurgicale parachutiste en République Centrafricaine-Opération « Sangaris » mandat I-décembre 2013. *Médecine et armées*. oct 2015;43(4):386-91.
26. Samy J, Lemarie D, Chinelatto M. Médicalisation de l'avant en Afghanistan : à propos de 22 blessés au combat par agent pénétrant pris en charge durant « Pamir XXIII » au sein de la Task Force « ALTOR ». *Médecine et armées*. oct 2011;39(4):293-302.

27. Gras D. Médecin des éléments français au Tchad à Faya Largeau. *Médecine et armées*. juin 2008;36(3):223-8.
28. Pohl JB, Thomas-Pohl M, Godart P. Opération « Daman » : expérience de soutien médical dans un environnement multinational (ONU) en 2010. *Médecine et armées*. oct 2011;39(4):359-66.
29. Malgras B, Barbier O, Petit L, et al. Surgical challenges in a new theater of modern warfare: The French role 2 in Gao, Mali. *Injury*. janv 2016;47(1):99-103.
30. Thepaut A. Le pharmacien militaire et le soutien transfusionnel sur les théâtres d'opérations extérieures. [Thèse de Doctorat d'Université, Pharmacie]. Lyon : Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques. 2012.
31. Gunepin FX, Andro C, Moyno JC, et al. Damage control orthopédique en chirurgie de guerre : quelles différences avec les pratiques civiles ? *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. juin 2010;96(4):60-5.
32. Puidupin M, Wey P-F, Rouault M, et al. Structures médico-chirurgicales de l'avant. In: *Le blessé de guerre*. Paris: Arnette.; 2014. p. 151-63.
33. Sixième symposium international « Biologie d'urgence et gaz du sang ». Juin 2015. Renard C, Martinaud C, Delacour H. *Biologie médicale en théâtre d'opération*.
34. Rapp C, Mérens A, Cavallo JD. Antibio prophylaxie des plaies de guerre. In : Mérat S. *Le blessé de guerre*. Paris : Arnette; 2014. p.375-388.
35. Binder P, Delolme H. Dangers, menaces et risques; des leçons du passé vers une posture de défense pour l'avenir. *Comptes Rendus Biologies*. 2002;325(8):887-896.
36. Scheid P, Zöller L. La télémicrobiologie dans l'armée allemande. Un nouveau module de télé-médecine pour apport dans le domaine des maladies infectieuses lors des missions extérieures. *Médecine et armées*. juin 2008;36(3):195-202.
37. Mérat S, Gnaho A, Pelletier C, et al. Particularités de la réanimation en Opex. In : Mérat S. *Le blessé de guerre*. Paris : Arnette; 2014. p. 365-373.
38. Site de la Marine Nationale [Internet]. Disponible sur: <http://www.defense.gouv.fr/marine/equipements/batiments-de-combat/bpc-type-mistral/mistral-l-9013>
39. Legrand C. Médecins, infirmiers. *Les métiers de la Marine. Métiers de passion*. 2007.

40. Garnotel E, Renard C, Foissaud V, et al. Equipement des laboratoires déployés en opérations extérieures et dans la Marine nationale. 2015 sept.
41. Mistral (L 9013) [Internet]. [cité 21 oct 2015]. Disponible sur: <http://www.defense.gouv.fr/marine/equipements/batiments-de-combat/bpc-type-mistral/mistral-l-9013>
42. Société Française d'Anesthésie et de réanimation. Le Congrès. Infirmier(e)s anesthésistes diplômé(e)s d'état. 2012. Flandrin J. Pratique IAD hors du commun. L'IADE à bord d'un sous-marin nucléaire lanceur d'engins.
43. Lafferrerie C, Labarthe F, Castagnet X, et al. Le Service de santé des forces sous-marines. Etat des lieux, bilan et perspectives. Médecine et armées. juin 2011;39(3):199-204.
44. Delmond E, David T, Elie B, et al. Transfusion sanguine à bord d'un SNLE. Un contexte opérationnel original. Médecine et armées. février 2008;36(1):43-50.
45. Bohand S, Gagna G, Michel X, et al. Prise en charge du blessé de guerre en ambiance NR. In : Mérat S. Le blessé de guerre. Paris : Arnette; 2014. p. 429-442.
46. Delaune D, Bigaillon C, Bousquet A, et al. Prise en charge du blessé de guerre en ambiance B (biologique). In : Mérat S. Le blessé de guerre. Paris : Arnette; 2014. p.457-470.
47. Janvier F, Foissaud V, Delaune D, et al. Deployment of the French Military Field Laboratory dedicated to Ebola Virus infected patients in Guinea, January-July 2015. The journal of Infectious diseases. 2015 Nov.
48. Delacour H, Nespoulous O, Renard C, et al. Prise en charge des intoxications chimiques aiguës dans les structures de rôle 1 et 2. In : Mérat S. Le blessé de guerre. Paris : Arnette; 2014. p. 415-428.
49. Jalady A-M, Dorandeu F. Intérêt du dosage des cholinestérases dans le cadre des intoxications aux organophosphorés. In: Annales françaises d'anesthésie et de réanimation [Internet]. Elsevier; 2013 [cité 15 mars 2016]. p. 856–862. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0750765813011490>
50. Cocker J, Jones K, Bos PM. Biological monitoring guidance values for chemical incidents. Toxicol Lett. 2014;231(3):324–327.
51. Taton Ph, Daube S, Wey PF, et al. Modernisation du lot « MEDEVAC » du Service de Santé des Armées. Médecine et armées. oct 2015;43(4):413-6.

52. Rubio F, Couvert M, Chanprier G, et al. Des Balkans vers Villacoublay : rétrospectives des évacuations sanitaires aériennes. *Médecine et armées*. nov 2001;29(6):573-80.
53. Chaufer M, Bombert C, Prunet B, et al. Missions d'évacuation en CASA médicalisé au cours du premier mois de l'opération « Serval » au Mali. *Médecine et armées*. oct 2015;43(4):330-9.
54. Cotte J, Lacroix G, D'Aranda E, et al. Coagulopathie traumatique en évacuation sanitaire de longue durée : apport du Coagucheck XS pro. *Médecine et armées*. juin 2014;42(3):276.
55. Grasser L, De Rudnicki S, Coste S, et al. Evacuation médicale aérienne stratégique individuelle et collective : réponses logistiques et médicales. In : Mérat S. *Le blessé de guerre*. Paris : Arnette; 2014. p.503-515.
56. Boutonnet M, Cauet A, Bay C. L'unité médicale de transit : renaissance dans le cadre de l'opération « Serval ». *Médecine et armées*. oct 2015;43(4):341-4.
57. Ebola : bilan des actions de l'armée française : [Internet]. [cité 9 nov 2015]. Disponible sur: <http://www.defense.gouv.fr/operations/autres-operations/lutte-contre-ebola/ebola-bilan-des-actions-de-l-armee-francaise>
58. Janvier F, Gorbach S, Queval L, et al. Difficulties of interpretation of Zaire Ebola Virus PCR results and implication in the field. *Journal of Clinical Virology*. juin 2015;67:36-7.
59. Delaune D, Janvier F, Foissaud V, et al. Le laboratoire du centre de traitement des soignants. *Médecine et armées*. avril 2016;44(2):173-80.
60. Ebola : Premier laboratoire « P3 » déployé en Guinée [Internet]. [cité 9 nov 2015]. Disponible sur: <http://www.defense.gouv.fr/operations/autres-operations/lutte-contre-ebola/ebola-premier-laboratoire-p3-deploye-en-guinee>
61. Mansuy JM, Chowell D, Castillo-Chavez C. Mobile laboratories for Ebola and other pathogens. *The Lancet Infectious Diseases*. oct 2015;15(10):1135.
62. Cohen E. Le « Bastion Way » : retour sur l'expérience d'un médecin urgentiste français déployé par l'armée française dans le Service de santé de l'armée britannique à camp bastion, province de l'Helmand dans le sud de l'Afghanistan. Juillet/août 2011. *Journal Européen des Urgences et de Réanimation*. déc 2012;24(4):197-200.
63. NATO standard AJP-4.10. May 2015. Allied Joint Doctrine For Medical support with UK national element.



64. Aldous WK, Co E-M, Hamilton L. Establishing a quality assurance program in the clinical laboratory in the combat zone. *Mil Med.* 2010;175(2):77–79.
65. Borden Institute US army Medical Department Center and school; Office of The Surgeon General United States Army. Emergency war surgery.
66. Prat N, Pidcoke HF, Sailliol A, et al. Évolution de la réanimation transfusionnelle du blessé hémorragique grave au sein des forces militaires américaines. *Transfusion Clinique et Biologique.* mai 2013;20(2):225-30.
67. Oberti M, Funke S. La coopération militaire franco-allemande dans le domaine de la santé. Bilan et perspectives. *Médecine et armées.* juin 2013;41(3):209-16.
68. NATO Standard AMedP-8.5. October 2013. Minimum test requirement for laboratory units of in theatre military medical treatment facilities.
69. Puidupin A, Cazes N, Renard A, et al. L'information médicale opérationnelle. In : Mérat S. *Le blessé de guerre.* Paris : Arnette; 2014. p. 123-136.
70. Coste S, Grasser L, Bisconte L, et al, Mérat S. Contraintes physiologiques du transport aérien pour le patient et le matériel. In: *Le blessé de guerre.* Paris: Arnette; 2014. p. 491-502.
71. Mériot C. L'élimination des déchets de soins à risques infectieux. *Actualités Pharmaceutiques.* 2008;47(478):27–28.
72. Recrutement hôpitaux militaires [Internet]. [cité 8 janv 2016]. Disponible sur: <http://www.defense.gouv.fr/sante/recrutement/professions-paramedicales/recrutement-hopitaux-militaires>
73. Formation militaire initiale des MITHA [Internet]. [cité 23 mars 2016]. Disponible sur: <http://www.ecole-valdegrace.sante.defense.gouv.fr/les-formations/paramedicaux/formation-militaire-initiale-des-mitha>
74. Formation complémentaire des MITHA [Internet]. [cité 23 mars 2016]. Disponible sur: <http://www.ecole-valdegrace.sante.defense.gouv.fr/les-formations/paramedicaux/formation-complementaire-des-mitha>
75. Laboratoire d'Analyses Médicales | HIA Robert Picqué à Bordeaux [Internet]. [cité 8 janv 2016]. Disponible sur: <http://www.robertpicque.fr/specialites/laboratoire-danalyses-medicales>
76. Hermitte I. L'infirmier de bloc opératoire militaire au sein de l'élément chirurgical embarqué. *Inter bloc.* janv 2010;

77. Militaires infirmiers et techniciens des hôpitaux des armées [Internet]. [cité 23 mars 2016]. Disponible sur: <http://www.defense.gouv.fr/sante/recrutement/professions-paramedicales/militaires-infirmiers-et-techniciens-des-hopitaux-des-armees>
78. Aencio Y, Chouvelon M, Gentis T, et al. L'infirmier anesthésiste en zone de combat. 2012 [cité 8 janv 2016]; Disponible sur: [http://sofia.medicalistes.org/spip/IMG/pdf/L\\_IADE\\_en\\_zone\\_de\\_combat.pdf](http://sofia.medicalistes.org/spip/IMG/pdf/L_IADE_en_zone_de_combat.pdf)
79. Françoise G, Denis P, Grasser L. Retour d'expérience : « L'IADE en OPEX (retour de mission d'Afghanistan) ».
80. Plaquette de présentation : « Recrutement Technicien Supérieur Hospitalier Militaire ». Etablissement Central des matériels du Service de Santé des Armées.
81. Meaudre E, Bordes J, Montcriol A, et al. Prise en charge du choc hémorragique du ramassage jusqu'à la structure médicale de l'avant. In : Mérat S. Le blessé de guerre. Paris : Arnette; 2014. p. 191-202.
82. Mérat S, Bordier E, Chazalon P, et al. Triage. In : Mérat S. Le blessé de guerre. Paris : Arnette; 2014. p.165-173.
83. Godier A, Susen S. Biologie au lit du patient et hémorragie peropératoire. Mise Au Point en Anesthésie et Réanimation. 2013. p. 81-91.
84. Esnault P, Cungi PJ, Romanat PE, et al. Transfusion sanguine en opération extérieure. Expérience à l'hôpital médico-chirurgical de Kaboul. In: Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation [Internet]. Elsevier; 2013 [cité 17 nov 2015]. p. 670–675. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0750765813010174>
85. Cordier PY, Nau A, Prat N, et al. Agents vulnérants, effets de protection et principes de balistique lésionnelle. In: Le blessé de guerre. Paris: Arnette; 2014. p. 13-22. (Mérat S).
86. Mérens A, Rapp C, Delaune D, et al. Prevention of combat-related infections: Antimicrobial therapy in battlefield and barrier measures in French military medical treatment facilities. Travel Medicine and Infectious Disease. juill 2014;12(4):318-29.
87. Scherier S. Gynécologie et obstétrique en opérations extérieures. In: Le blessé de guerre. Paris: Arnette; 2014. p. 341-52. (Mérat S).
88. Trendel D, Raynal M, Conessa C. Intérêt de la projection d'un médecin « ORL et chirurgien cervico-facial » : bilan d'une année d'activité en Afghanistan. Médecine et armées. oct 2015;43(4):393-7.

89. Cotte J, Esnault P, D'Aranda E. Mesure du temps de prothrombine (TP) au lit du patient à l'hôpital militaire de Kaboul (HMK) : apport du Coagucheck(r)XSpro. Médecine et armées. juin 2014;42(3):276.
90. La gazométrie avec l'OPTI CCA TS [Internet]. Adhesia. 2013 [cité 4 avr 2016]. Disponible sur: <http://www.sebac-diagnostics.com/nos-technologies/la-gazometrie-avec-lopti-cca-ts/>
91. Product [Internet]. [cité 25 janv 2016]. Disponible sur: <http://www.euromedix.com/fr/nycocard-reader-II>
92. Analyseur CLINITEK Status+ [Internet]. [cité 4 avr 2016]. Disponible sur: <http://www.healthcare.siemens.fr/urinalysis/systems/clinitek-stratus-plus-analyzer/features-benefits>
93. Houzé S, Paris L. Apport des tests de diagnostic rapide en parasitologie : intérêt et limites. Revue Francophone des Laboratoires. 2015;2015(474):29–36.
94. Code de la santé publique - Article L6212-4. Code de la santé publique.
95. Vaubourdolle M, Alvarez JC, Barbé F, et al. Recommandations de la Société Française de Biologie Clinique sur la biologie d'urgence. Annales Françaises de Biologie Clinique. mars 2016;74(2):130-55.
96. LCDR Reeve S, LCDR Johnson J, Marshall R. Urine Test Strips as a Bedside Diagnostic Aid to Rule out Blood In CSF : A Validation. Mil Med. mars 2016;183(3):199-201.
97. Compte Rendu n° 515156/DEF/DCSSA/AA/PAPS du 5 juillet 2016.

L'ISPB - Faculté de Pharmacie de Lyon et l'Université Claude Bernard Lyon 1 n'entendent donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions sont considérées comme propres à leurs auteurs.

L'ISPB - Faculté de Pharmacie de Lyon est engagé dans une démarche de lutte contre le plagiat. De ce fait, une sensibilisation des étudiants et encadrants des thèses a été réalisée avec notamment l'incitation à l'utilisation d'une méthode de recherche de similitudes.



**MENIER Lucie**

**La biologie médicale en conditions opérationnelles.**

Th. D. Pharm., Lyon 1, 2016, 161p.

## **RESUME**

La doctrine du Service de Santé des Armées pour la prise en charge des blessés en opérations s'appuie sur la médicalisation et la chirurgicalisation de l'avant. Ainsi, la biologie médicale est présente sur l'ensemble de la chaîne santé et depuis les années 1950, il existe des laboratoires de campagne. Certains bâtiments de la Marine Nationale ou aéronefs disposent également d'équipements de biologie.

Ce laboratoire est soumis à une réglementation qui lui est propre en raison des conditions particulières d'exercice. Il répond aux besoins des cliniciens pour la prise en charge des blessés de guerre mais aussi des militaires dans le cadre des soins courants. Il peut également être un outil précieux dans un contexte Nucléaire, Radiologique, Biologique et Chimique. Ce sont des techniciens de laboratoire qui sont déployés pour l'armer, à l'exception de situations particulières comme lors de l'épidémie à virus Ebola où des biologistes médicaux ont été envoyés en Guinée-Conakry. D'autres personnels de santé peuvent être amenés à utiliser du matériel de biologie comme les anesthésistes-réanimateurs dans les structures de l'extrême avant.

Nous avons effectué une enquête de satisfaction auprès de cliniciens et de techniciens de laboratoire partis en missions dans les cinq dernières années. Nous avons pu mettre en évidence certains dysfonctionnements et nous proposons certaines évolutions et améliorations qui viennent compléter les travaux déjà réalisés par le groupe de travail mandaté par la Direction Centrale du Service de Santé des Armées.

## **MOTS CLES**

OPEX  
Laboratoire de campagne  
Soutien opérationnel  
Biologie d'urgence

## **JURY**

Mme. VINCIGUERRA Christine, Professeure  
M. RENARD Christophe, Pharmacien en chef  
Mme. CHEMINEL Valérie, Pharmacien en chef  
M. JANVIER Frédéric, Médecin en chef

## **DATE DE SOUTENANCE**

Vendredi 16 septembre 2016