

Proposition d'une méthode organisationnelle pour la surveillance de la propagation des maladies chroniques et épidémiques : Application au système de santé de la RDC

Jean-Claude Tshilenge Mfumu

▶ **To cite this version:**

Jean-Claude Tshilenge Mfumu. Proposition d'une méthode organisationnelle pour la surveillance de la propagation des maladies chroniques et épidémiques : Application au système de santé de la RDC. Ordinateur et société [cs.CY]. Université Grenoble Alpes [2020-..], 2020. Français. ⟨NNT : 2020GRALM029⟩. ⟨tel-03013692⟩

HAL Id: tel-03013692

https://theses.hal.science/tel-03013692v1

Submitted on 19 Nov 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

Spécialité : Informatique
Arrêté ministériel : 25 mai 2016

Présentée par

Jean Claude TSHILENGE MFUMU

Thèse dirigée par **Christine VERDIER**, Pr, UGA
et codirigée par **Annabelle MERCIER**, MCF, UGA
préparée au sein **du Laboratoire d'Informatique de Grenoble**
dans **l'École Doctorale Mathématiques, Sciences et technologies de l'information, Informatique**

MÉTHODE ET MODÈLES POUR LA SURVEILLANCE DE LA PROPAGATION DES MALADIES CHRONIQUES ET PANDÉMIQUES : APPLICATION AU SYSTÈME DE SANTÉ DE LA RDC

METHOD AND MODELS FOR THE MONITORING OF THE PROPAGATION OF CHRONIC AND PANDEMIC DISEASES: APPLICATION TO DRC'S HEALTH CARE SYSTEM

Thèse soutenue publiquement le 09 juillet 2020
devant le jury composé de :

Monsieur Rémi BASTIDE,
Professeur à l'Université Champollion, rapporteur
Monsieur Camille SALINESI,
Professeur à l'Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, rapporteur
Monsieur Youssef AMGHAR,
Professeur à l'INSA de Lyon, Examinateur
Madame Danielle ZIEBELIN,
Professeure à l'Université Grenoble Alpes, Présidente
Madame Christine VERDIER,
Professeure à l'Université Grenoble Alpes, Directrice de thèse
Madame Annabelle MERCIER,
Maître de conférences à l'Université Grenoble Alpes, Co-encadrante de thèse

L'UGA n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses : ces opinions devront être considérées comme propres à leurs auteurs.

Mots clés : épidémiologie, système d'information sanitaire, modèles, propagation maladie

Keywords: epidemiology, health informatic system, models, disease outbreak

Cette thèse a été préparée au

Laboratoire LIG
Bâtiment IMAG
700 avenue Centrale
Domaine Universitaire de Saint-Martin-d'Hères
CS 40700
38401 Saint-Martin-d'Hères
France

☎ (33)(0)4 57 42 14 00
(33)(0)4 57 42 14 00
Site https://www.liglab.fr//



À ma Directrice bien-aimée ! mille mercis pour ta rigueur, ta patience et ton empathie sans lesquelles je déchocherais !

À ma co-Encadrante bien-co-aimée aussi ! n'eût été tes encouragements et tes conseils bien avisés ...

A Lucie, ma tendre épouse,
à Hyacinthe, mon fils,
à Claudia et Tryphène, mes filles !
les mots sont faibles pour vous remercier d'avoir volontiers accepté de partager votre Responsable avec la science pendant de nombreuses années !

Je dédie également ce travail
à tous ceux qui le méritent

Science sans conscience n'est que ruine de l'âme.

François Rabelais

I can resist everything, except temptation!

Oscar Wilde

Il est plus facile de désintégrer un atome qu'un préjugé.

Albert Einstein

On ne doit pas juger du mérite d'un homme par ses grandes qualités, mais par l'usage qu'il en sait faire.

Jean de la Bruyère

Proposition d'une Méthode Organisationnelle pour la Surveillance de la Propagation des Maladies Chroniques et Épidémiques :
Application au Système de Santé de la RDC

Résumé

La surveillance de la propagation des maladies épidémiques constitue une préoccupation majeure dans le domaine de la Santé Publique des populations. Au XVIIme siècle voit le jour une discipline scientifique appelée ***épidémiologie*** qui se définit comme étant *l'étude de la distribution des problèmes de santé et de leurs déterminants dans les populations humaines et application de cette étude à la prévention des problèmes de santé.* On distingue deux modes de surveillance : active et passive. En surveillance active, l'enquêteur va chercher l'information auprès des participants, est pratiquée lors des grandes enquêtes transversales qui passent par l'échantillonnage de la population. En mode passif, la surveillance se fait sur base des informations que les formations sanitaires remontent vers les agences sanitaires.
En République Démocratique du Congo, les autorités sanitaires ont adopté et adapté en 2011 une stratégie de surveillance intégrée des maladies et de la riposte proposée par l'Organisation Mondiale de la Santé en faveur des pays aux ressources très limitées. La mise en oeuvre de cette stratégie manquait un cadre organisationnel que nous proposons à travers notre travail de recherche.
Nous proposons une méthode d'innovation organisationnelle dénommée CHICKEN dont la mise en oeuvre vise à contribuer aux problématiques soulevées par les professionnels de la pyramide sanitaire de la RDC à savoir : (i) améliorer la qualité de données sanitaires par la mise en place des modèles des processus réutilisables par les personnels de santé pour savoir bien identifier et confirmer des cas d'une pathologie ; (ii) mettre en place des outils d'analyses pour détecter les facteurs déterminants des épidémies selon leur périodicité dans le temps et dans l'espace tout en assurant des rappels automatiques aux formations sanitaires en manque de données ; et (iii) faciliter la coopération des acteurs pour améliorer ou optimiser l'anticipation des propagations des maladies épidémiques.

Mots clés : épidémiologie, système d'information sanitaire, modèles, propagation maladie

Laboratoire LIG
Bâtiment IMAG – 700 avenue Centrale – Domaine Universitaire de Saint-Martin-d'Hères – CS 40700 – 38401 Saint-Martin-d'Hères – France

Proposal of an Organizational Method to Monitor Epidemic and Chronic Diseases' propagation:
Application to DRC's Health Care System

Abstract

Monitoring the spread of epidemic diseases is a major concern in the area of public health. In 17th century, a scientific discipline called ***epidemiology*** was born. It is defined as *the study of the distribution of health problems and their determinants in human populations and the application of this study to the prevention of health problems.* There are two modes of surveillance: active and passive. In active surveillance, the investigator will seek information from participants, is practiced during large cross-sectional surveys which involve sampling the population. In passive mode, surveillance is carried out on the basis of information that the health facilities send back to the health agencies.
In the Democratic Republic of Congo, the health authorities adopted and adapted in 2011 an IDSR (Integrated Disease Surveillance and Response) strategy proposed by the World Health Organization in favor of the low-income and middle-income countries. The implementation of this strategy failed due to the lack of an organizational framework that we would propose through our research work.
We propose an organizational innovation method called CHICKEN whose process and object models contribute to the problems raised by health professionals in the health pyramid of the DRC namely to : (i) improve the quality of health data by setting up process models that can be reused by health workers to properly identify and confirm the suspected cases of a pathology; (ii) set up analysis tools to detect the determinants of epidemics according to their periodicity in time and space while ensuring automatic reminders to health units in lack of data; and (iii) facilitate the cooperation between actors that can improve or optimize the anticipation of the spread of epidemic diseases.

Keywords: epidemiology, health informatic system, models, disease outbreak

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Théophile Mbemba, Professeur à l'Université de Kinshasa et Ministre honoraire de l'Enseignement Supérieur et Universitaire de la République Démocratique du Congo, qui malgré le contexte économique difficile du pays m'a offert une bourse d'étude pour préparer ma thèse en France

Je tiens à remercier Madame Christine Verdier, Professeure à l'Université Grenoble Alpes, qui m'a encadré tout au long de cette thèse et qui m'a fait partager ses brillantes intuitions. Qu'elle soit aussi remerciée pour sa rigueur teintée de gentillesse, son empathie, sa résiliance et pour les nombreux encouragements qu'elle m'a prodigués.

Je remercie Madame Annabelle Mercier et Monsieur Michel Occello,respectivement Maître de Conférence et Professeur à l'UGA et Rechercheurs au Laboratoire LCIS. Cette thèse est le fruit d'une collaboration de plus de trois années avec elle.

J'adresse tous mes remerciements à Monsieur Rémi BASTIDE, Professeur à l'IRIT, ainsi qu'à Monsieur Camille SALINESI, Professeur à l'Université de Paris Panthéon, de l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'être rapporteurs de cette thèse.

J'exprime ma gratitude à Madame Danielle ZIEBELIN, Professeure à l'Université Grenoble Alpes et à Monsieur Youssef AMGHAR, Professeur à l'INSA de Lyon, qui ont bien voulu être examinateurs.

Je tiens aussi à remercier Monsieur Eric Gaussier, Directeur de Laboratoire LIG, qui m'a accueilli pendant quatre ans au sein de son laboratoire. C'est grâce aux membres de l'axe SIGMA, en particulier Monsieur Mario Cortés Cornax, Maître de Conférence à l'UGA, que j'ai pu concilier avec bonheur recherche théorique et appliquée pendant cette thèse.

Merci aussi à Monsieur Matthias MOSSOKO, responsable de la base de données des maladies épidémiques à la Direction de Suivi des Epidémies au Ministère de la Santé en RDC, qui m'a apporté le document stratégique ayant fortement inspiré cette thèse et m'a fourni les données nationales du choléra et de la rougeole de dix années.

Je tiens à remercier tous les fonctionnaires de la Division Provinciale de la Santé de Kinshasa, qui ont répondu avec calme et patience aux questions de compréhension de leur métier et ont participé à la validation des résultats de notre recherche. Un grand merci aussi à tous les agents et fonctionnaires de la pyramide du système sanitaire de la RDC qui ont participé à la validation de notre recherche.

Enfin, un grand merci très particulier à Madame Suzi NZONGO MASAKA qui était toujours présente pour apporter son appui logistique indispensable.

Avertissement

Les données sanitaires que nous avions utilisées dans cette thèse constituent la propriéte du Ministère de la Santé Publique de la République Démocratique du Congo.

Acronymes

A | B | C | D | E | F | H | I | K | M | N | O | P | R | S | U | Z

A

AS Aire de Santé. 4

B

BCZS Bureau Central de Coordination de la Zone de Santé. 6–9, 82, 86, 91, 98, 100, 101, 106, 108, 115, 117, 119, 121, 127, 128, 136, 137, 139, 140, 143, 147, 148, 150–152, 155–157, 159–162, 168, 170, 175, 177, 183, 187, 189, 195, 196, 203
BIS Bureau d'Information Sanitaire. 7

C

CGUS Comité de Gestion des Urgences Sanitaires. 97, 98, 147, 148
CS Centre de Santé. xxxvi, 4, 5, 7, 203, 205, 207, 246, 247

D

DGLM Direction Générale de Lutte contre la Maladie. xxxv, 5, 82, 107, 108, 117, 140, 143, 147, 151, 152, 156, 159, 178, 242
DHIS District Health Information Software. 106
DOCK Design based on Organization, Competences and Knowledge. xxx, 51, 53, 55, 274
DPS Division Provinciale de la Santé. xxxv, xli, 5, 7, 9, 82, 86, 88, 91, 95, 110, 117, 119, 121, 127, 137, 140, 143, 147, 148, 151, 152, 156, 157, 159, 162, 168, 170, 175, 178, 187, 196, 203, 233, 242, 243

E

ECZS Equipe Cadre de Zone de Santé. 5, 204, 205, 207
EDS Early Detection System. 41
ERR Equipe de Riposte Rapide. 98, 101, 147, 150–153, 156, 203, 204, 207

F

FOSA formations Sanitaires. xxxviii, xxxix, xli, 6–8, 86, 91, 106–108, 110–113, 115, 117, 120, 121, 126–128, 137, 139–141, 143, 159, 168, 170, 182, 187, 189, 194, 195, 234, 243–246

H

HGR Hôpital Général de Référence. 4, 5, 7
HIE Health Information Exchange. 105
HL7 Health Level 7. 41

I

IFM Ingénierie de familles de Méthodes. 45
IMS Ingénierie de Méthode Situationnelle. 45

K

KROM Knowledge Reuse Organisational Model. 51, 53, 55

M

MASH MultiAgent Software/Hardware simulator. 177
MBA Modèle à Base d'Agent. 44
MNT maladies non transmissibles. 61

N

NBS NEDDSS Base System. 42
NEDSS National Electronic Disease Surveillance System. 42

O

OHSBM Oral Health Surveys Basic Methods. 61, 62
OMS Organisation Mondiale de la Santé. xxxv, 9, 10, 32, 33, 46, 82, 94, 95

P

PHDC Public Health Document Container. 42

R

RDC République Démocratique du Congo. 3–6, 34, 46, 51, 139, 151, 153, 155, 158, 168, 175, 181, 183, 185, 187, 232, 234, 241
RECO Relais Communautaires. 6, 8, 141, 159
RODS Real-time Outbreak and Disease Surveillance. 41

S

SEIR Susceptible, Exposed, Infected and Recovered. 21, 22
SIG Systèmes d'Information Géographique. xxx, 35, 274

SIMR Surveillance intégrée des maladies et de riposte. 33, 34, 145, 199
SIR Susceptible Infected and Recovered. 20, 21
SIRS Susceptible, Infected, Recovered and Susceptible. 22
SIS Susceptible, Infected and Susceptible. 21
SMA Système multi-agents. 25, 44, 51, 201
SVM Short Voice Messaging. 40

U

USSD Unstructured Supplementary Service Data. 175, 183, 185

Z

ZS Zones de Santé. xxxv, xli, 4, 97–100, 158, 159, 203, 207, 233, 234, 243–246

Avant-propos

Cette thèse s'inscrit dans le cadre des propositions des solutions informatiques qui doivent accompagner les professionnels de santé de la République Démocratique du Congo dans l'exercice quotidien de leur métier. Elle s'est fortement inspirée de la stratégie de lutte contre la propagation des maladies épidémiques adoptée par la RDC en 2011 à travers un manuel de référence appelé "Guide Technique pour la surveillance intégrée de la maladie et riposte". Une nouvelle version dudit guide pour l'année 2019 est en cours de validation.

La solution organisationnelle et technique proposée dans ce document a été co-construite avec les acteurs du secteur intervenant dans les trois niveaux de la pyramide sanitaire à savoir : national, intermédiaire et périphérique. La concrétisation de la solution informatique proposée nécessite l'appui des partenaires techniques et financiers du secteur. Des efforts considérables ont été signalés au niveau national par la collecte de fonds pour financer dans un premier temps la surveillance électronique.

Table des matières

Résumé **xvii**

Remerciements **xix**

Avertissement **xxi**

Acronymes **xxiii**

Avant-propos **xxvii**

Table des matières **xxix**

Liste des tableaux **xxxv**

Table des figures **xxxvii**

I Introduction générale et Etat de l'Art **1**

1 Introduction Générale **3**
1.1 Contexte 3
1.1.1 Le système de santé en RDC 4
1.1.2 Le suivi des épidémies en RDC 5
1.1.3 Fournisseurs des données de santé 7
1.1.4 Liste des maladies sous surveillance 9
1.2 Problématique 12
1.2.1 Qualité des données de santé 12
1.2.2 Evolution, alerte et riposte des épidémies 12
1.2.3 Collaboration entre les structures de même organisation . 13
1.3 Contributions de la thèse 15
1.3.1 Présentation générale de la méthode 15
1.3.2 Les principaux outils 15

2 Etat de l'art **17**
2.1 Les approches de la modélisation en épidémiologie 17
2.1.1 Introduction 17

2.1.2 Principe de la modélisation mathématique en épidémiologie 18
2.2 Les modèles mathématiques d'épidémie simple 19
2.3 Les modèles compartimentaux déterministes 21
2.4 Modèles compartimentaux stochastiques 23
2.5 Les modèles mathématiques d'épidémie complexes 25
2.5.1 Les modèles à base d'agent / individus-centrés 25
2.5.2 Les modèles de réseau 26
2.5.3 Modèles à base des structures de contact 27
2.5.4 Modèles de métapopulation 28
2.6 Les stratégies de surveillance des épidémies 29
2.6.1 Introduction 29
2.6.2 Les systèmes de surveillance d'épidémies 29
Des systèmes à l'échelle mondiale 29
Système à l'échelle nationale 34
2.6.3 Les systèmes de surveillance spatiale 34
Systèmes d'Information Géographique (SIG) comme outil de suivi et de gestion des épidémies 35
2.6.4 Autres stratégies de lutte contre les épidémies 36
Surveillance active ou passive 36
Surveillance en réseau 37
2.6.5 Outils de Surveillance 37
Solutions basées sur les dispositifs mobiles 37
Solution basée sur le web 40
2.7 Les méthodes Organisationnelles 42
2.8 Les méthodes organisationnelles ayant inspiré CHICKEN 44
2.8.1 Méthode AdInnov 46
Les phases de la méthode ADInnov 47
Modèle de processus de la méthode ADinnov 48
Méta-modèle de l'écosystème 49
Les apports de la Méthode ADInnov pour la méthode Chicken 50
2.8.2 Méthode Design based on Organization, Competences and Knowledge (DOCK) 51
Vue d'ensemble de la méthode DOCK 53
Description des étapes de la méthode DOCK 55
2.8.3 Méthode DIAMOND 56
2.9 Méthodes de surveillance de la Santé Publique 59
2.9.1 L'approche STEPwise de l'OMS pour la surveillance des facteurs de risque des maladies chroniques 59
2.9.2 Oral Health Surveys Basic Methods 61
2.9.3 Etude comparative 63
2.10 Position de notre approche 64

II Méthode CHICKEN 67

3 Méthode CHICKEN 69
3.1 Introduction . . . 69
3.2 Description de la méthode CHICKEN . . . 69
3.2.1 Approche et objectifs de la méthode . . . 69
3.2.2 Langage basé sur BPMN . . . 70
3.2.3 Présentation sommaire des phases de la méthode . . . 71
Décrire la maladie à surveiller . . . 73
Surveiller les données sanitaires des maladies . . . 75
Riposter contre la maladie . . . 77
3.3 Description des étapes de la méthode CHICKEN . . . 78
3.3.1 Phase 1 : Décrire la maladie à surveiller . . . 78
Etape 1.1 : Définir la maladie . . . 78
Etape 1.2 : Décrire la confirmation de la maladie . . . 82
Etape 1.3 : Décrire la prise en charge des malades . . . 87
Etape 1.4 : Définir les mesures préventives de la maladie . 92
Etape 1.5 : Se préparer à la riposte . . . 97
3.3.2 Phase 2 : Surveiller les données sanitaires de la maladie . . 103
Etape 2.1 : Définir le format et le contenu des données d'échange 105
Etape 2.2 : Collecter les données sanitaires . . . 110
Etape 2.3 : Rappeler et/ou remonter les données sanitaires 115
Etape 2.4 : Analyser les données sanitaires . . . 122
Etape 2.5 : Gérer l'investigation . . . 131
Etape 2.6 : Gérer les alertes . . . 137
3.3.3 Phase 3 : Riposter contre la maladie . . . 144
Etape 3.1 : Préparer la riposte . . . 145
Etape 3.2 : Organiser la riposte . . . 149
Etape 3.3 : Evaluer la riposte . . . 153
Etape 3.4 : Retro-informer les acteurs . . . 157
3.4 Les Méta-Modèles de la méthode CHICKEN . . . 162
3.4.1 Méta-Modèle fonctionnel . . . 163
3.4.2 Méta-Modèle métier . . . 165
3.4.3 Méta-Modèle par phase . . . 168
3.5 Les outils de la méthode CHICKEN . . . 175
3.5.1 Outil de simulation . . . 175
Collecte de données . . . 178
Méthode . . . 179
Résultats . . . 180
3.5.2 Applications mobiles . . . 183
Description du fonctionnement de l'application mobile . . 184
Resultats . . . 185
3.5.3 Application web de la remontée des données de surveillance des épidémies . . . 186

4 Mise en Oeuvre et Validation **191**
4.1 Mise en oeuvre de la méthode : Exemple fil rouge 192
4.2 Validation de la méthode CHICKEN 198
4.2.1 Validation par des experts des méthodes 198
4.2.2 Validation par des services utilisateurs 199
4.2.3 Validation par la simulation 201
Réponse à la collecte de données et aux épidémies 202

III Conclusion et Perspectives **211**

5 Conclusion et Perspectives **213**
5.1 Conclusion 213
5.2 Perspectives 216

Bibliographie **217**

A Structures sanitaires de la RDC **231**

B Eléménts graphiques BPMN **235**

C Entretiens avec les acteurs du système de santé de la RD Congo **241**
C.1 Questionnaire sur la pratique de la surveillance des épidémies . 241
C.2 Présentation des structures contactées et leurs recommandations 242
C.2.1 Niveau National 242
Direction Générale de Lutte contre la Maladie - DGLM . . 242
C.2.2 Niveau Provincial 242
Division Provinciale de la Santé - DPS 242
C.2.3 Niveau Périphérique 242
Zone de Santé - ZS 242
Centre de Santé - CS 242

D Fournitures et équipements pour la riposte aux épidémies **249**

E Formulaires et fiches de notification **251**

F Modèle de rapport et bulletin épidémiologique **257**

G Comment réaliser un graphique manuellement **261**

H Enquête de validation de la méthode CHICKEN **263**

I Simulation de la riposte contre le choléra de la DPS Kinshasa en 2017 **267**

Glossaire **269**

Index **271**

Table des matières **273**

Liste des tableaux

Tableau 1.1 Liste des maladies prioritaires de la RDC. 10

Tableau 2.1 Quelques étapes dans l'histoire de la surveillance [Astagneau P. et Ancelle T., 2011]. 30
Tableau 2.2 Comparaison des types de surveillance à partir d'exemples de systèmes en France[Astagneau P. et Ancelle T., 2011]. 37
Tableau 2.3 Les apports de la méthode Adinnov à la méthode CHICKEN 51
Tableau 2.4 Les concepts empruntés de la Méthode DIAMOND . . . 59
Tableau 2.5 Critères comparatifs des méthodes de surveillance des maladies. 64

Tableau 3.1 Classement de différentes maladies par type 74
Tableau 3.2 Types de prévention définis par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). 94
Tableau 3.3 Principales fournitures et équipements à stocker pour la riposte aux épidémies. 101
Tableau 3.4 Seuil des quelques maladies sous surveillance. 123

Tableau 4.1 Différentes versions de la méthode CHICKEN. 198
Tableau 4.2 Quelques réponses des enquêtés sur la méthode CHICKEN. 200
Tableau 4.3 Trace de simulation de la riposte contre le choléra dans MASH.. 210

Tableau C.1 Questionnaire utilisé lors des entretiens avec les structures sanitaires 241
Tableau C.2 Résultats des entretiens avec la Direction Générale de Lutte contre la Maladie (DGLM) 242
Tableau C.3 Résultats des entretiens avec la Division Provinciale de la Santé (DPS) Kinshasa 243
Tableau C.4 Résultats des entretiens avec la Zones de Santé (ZS) Bandalungwa 243
Tableau C.5 Résultats des entretiens avec la ZS Gombe 244
Tableau C.6 Résultats des entretiens avec la ZS Limete 245
Tableau C.7 Résultats des entretiens avec la ZS Lingwala 246

Tableau C.8 Résultats des entretiens avec le Centre de Santé (CS) Tshiswaka 246
Tableau C.9 Résultats des entretiens avec le CS Mira 247

Tableau D.1 Equipements de Protection Individuelle 249
Tableau D.2 Check-list des fournitures de laboratoire nécessaires aux investigations 250

Tableau F.1 Modèle du rapport d'une investigation d'une épidémie 258

Tableau G.1 Instruction pour réaliser un graphique manuellement . 261

Tableau H.1 Analyse de l'enquête auprès des acteurs du système de santé de la RD Congo 263
Tableau H.2 Analyse de l'enquête auprès des acteurs du système de santé de la RD Congo - Suite 264

Table des figures

Figure 1.1 Structure hiérarchique simplifiée du système de santé en RDC. 4
Figure 1.2 Transmission des données de surveillance sanitaire. . . . 6
Figure 1.3 Structures produisant des données sanitaires dans chaque zone de santé. 9

Figure 2.1 Représentation de l'évolution d'une maladie chez un individu. 19
Figure 2.2 Schéma de transmission du modèle SIR. 20
Figure 2.3 Schéma de transmission du modèle SEIR. 22
Figure 2.4 Carte de 3 789 emplacements dans un modèle de métapopulation et l'exemple de courbes épidémiques typiques avec les paramètres de la pandémie de grippe H1N1 de Hong Kong en 2009 (R0 faible = 1 : 5) 27
Figure 2.5 Vue schématique de la surveillance basée sur les indicateurs et les événements - EuroSurveillance. 31
Figure 2.6 Composants fonctionnels d'ESSENCE II [Lombardo J. et al., 2003 32
Figure 2.7 les trois phases de la méthode (moyens mis en œuvre). . . 47
Figure 2.8 les trois phases de la méthode (résultats obtenus). 48
Figure 2.9 Vue générale de la méthode ADInnov 49
Figure 2.10 Méta-modèle de l'écosystème et première instanciation. . 50
Figure 2.11 La boucle dynamique de réutilisation des connaissances. 52
Figure 2.12 Les concepts du méta modèle KROM. 53
Figure 2.13 Méthode de conception du système multi-agent, DOCK. . 54
Figure 2.14 Itération niveau société/niveau individu. 57
Figure 2.15 Fondements scientifiques pertinents. 65
Figure 2.16 Fondements de la méthode CHICKEN. 66

Figure 3.1 Vue générale de la méthode CHICKEN. 72
Figure 3.2 Les étapes de la méthode CHCKEN rattachées aux phases. 73
Figure 3.3 Description de la pathologie. 75
Figure 3.4 Surveillance des données de la maladie. 76
Figure 3.5 Riposte contre la pathologie. 77
Figure 3.6 Les étapes de la description de la maladie. 78

Figure 3.7 Définition standard et simplifiée de la maladie. 79
Figure 3.8 Séquence de saisie et enregistrement de la définition de la maladie. 81
Figure 3.9 Les activités se rapportant à la définition de la maladie. . 83
Figure 3.10 Signes, symptômes et protocoles de confirmation de la maladie. 84
Figure 3.11 Séquences de saisie des signes et protocoles de confirmation de la maladie. 87
Figure 3.12 Activités se rapportant à la confirmation de la maladie. . 88
Figure 3.13 Description standard et locale de la prise en charge des malades. 89
Figure 3.14 Séquences de saisie de prise en charge standard et locale. 91
Figure 3.15 Activités se rapportant à la description de la prise en charge des malades. 93
Figure 3.16 Description standard et locale des mesures préventives. . 95
Figure 3.17 Séquences de saisie des mesures préventives standards et locales. 96
Figure 3.18 Les activités se rapportant à la description des mesures préventives. 97
Figure 3.19 La préparation d'une zone de santé à l'organisation de la riposte. 98
Figure 3.20 Séquences des éléments de préparation à la riposte. . . . 100
Figure 3.21 Activités se rapportant à la préparation à la riposte d'une épidémie. 102
Figure 3.22 Les étapes de la surveillance de la maladie. 105
Figure 3.23 Définition du format et contenu d'échange des acteurs de la santé. 106
Figure 3.24 Format SMS de transmission des données de la maladie. . 107
Figure 3.25 Séquences de saisie du format et formulaires d'échange des données. 108
Figure 3.26 Les activités se rapportant au format et formulaires de transmission des données sanitaires. 109
Figure 3.27 Collecte des données des patients dans une formation sanitaire. 111
Figure 3.28 Séquences de collecte des données des patients dans les formations sanitaires. 112
Figure 3.29 Activités liées à la collecte des données sanitaires des populations dans les formations Sanitaires (FOSA). 113
Figure 3.30 Remontée des données agrégées des provinces vers le niveau national. 116
Figure 3.31 Remontée des données agrégées des zones de santé vers le niveau provincial. 116
Figure 3.32 Correction des données sanitaires erronées. 118

Figure 3.33 Séquences de transmission des données des maladies à notification immédiate. 118
Figure 3.34 Remontée des données des maladies selon leur périodicité. 119
Figure 3.35 Rappel des structures n'ayant pas rapporté les données sanitaires périodiques. 120
Figure 3.36 Séquence de correction des données incohérentes. 120
Figure 3.37 Activités se rapportant aux maladies à notification immédiate. 121
Figure 3.38 Rapportage des données sanitaires par périodicité, rappel ou demande de correction. 122
Figure 3.39 "Histoire naturelle" de l'épidémie de Grippe en France de 2006 à 2010 (source InVS). 124
Figure 3.40 Impact d'une intervention : Vaccin hépatite A–Etats Unis (Source :National Notifiable Disease Surveillance System). 125
Figure 3.41 Impact d'une intervention : modélisation Rougeole au Niger. 125
Figure 3.42 Analyse des données au niveau de FOSA. 126
Figure 3.43 Analyse des données au niveau de Structures hiérarchiques. 127
Figure 3.44 Séquences d'analyse des données sanitaires. 128
Figure 3.45 Activités liées à l'analyse des données sanitaires. 129
Figure 3.46 Cartographie des cas de choléra. 130
Figure 3.47 Organisation de l'investigation d'une épidémie ou évènement de santé publique. 132
Figure 3.48 Conduite de l'investigation d'une épidémie ou évènement de santé publique. 134
Figure 3.49 Analyse des échantillons de l'équipe d'investigation d'une épidémie ou évènement de santé publique. 135
Figure 3.50 Réception des résultats de l'analyse des échantillons au Laboratoire. 136
Figure 3.51 Investigation d'une épidémie dans des aires de santé. . . 136
Figure 3.52 Les activités liées à l'investigation d'une épidémie dans des aires de santé. 138
Figure 3.53 Transmission des alertes nationales aux DPS. 140
Figure 3.54 Transmission des alertes provinciales aux BCZS. 141
Figure 3.55 Transmission des alertes de BCZS aux FOSA. 142
Figure 3.56 Transmission des alertes de santé aux FOSA des organisations communes. 142
Figure 3.57 Séquences de transmission des alertes sanitaires à travers les structures de santé. 143
Figure 3.58 Activités liées à la transmission des alertes sanitaires du niveau hiérarchique au niveau périphérique. 144
Figure 3.59 Les étapes de la riposte contre la maladie. 145
Figure 3.60 Préparation de la riposte contre la maladie. 145
Figure 3.61 Séquences des actions de préparation de la riposte. 147

Figure 3.62 Activités liées à la préparation de la riposte contre la maladie. 148
Figure 3.63 Organisation de la riposte contre la maladie. 149
Figure 3.64 Traitement des rapports de la riposte. 151
Figure 3.65 Relance des rapports de la riposte manquants. 152
Figure 3.66 Séquence des activités d'organisation de la riposte contre une épidémie. 153
Figure 3.67 Activités se rapportant à l'organisation de la riposte contre une épidémie. 154
Figure 3.68 Evaluation de la riposte. 155
Figure 3.69 Séquence des actions pour produire les rapports de riposte contre une épidémie ou évènement sanitaire. 157
Figure 3.70 Activités se rapportant à l'évaluation de la riposte contre une épidémie. 158
Figure 3.71 Rétro-information de la riposte. 160
Figure 3.72 Séquence des activités de la rétro-information de la riposte. 161
Figure 3.73 Activités liées à la rétro-information des rapports de la riposte. 161
Figure 3.74 Méta-Modèle Fonctionnel de la méthode CHICKEN . . . 163
Figure 3.75 Instanciation partielle du Méta-Modèle Fonctionnel de la méthode CHICKEN 164
Figure 3.76 Méta-Modèle de la description de la maladie. 165
Figure 3.77 Méta-Modèle de la Surveillance de la maladie. 166
Figure 3.78 Méta-Modèle de la Riposte contre la maladie. 167
Figure 3.79 Méta-Modèle de la Structure Organisationnelle du système de Santé. 169
Figure 3.80 Instanciation du Méta-Modèle de la description de la maladie. 170
Figure 3.81 Instanciation du Méta-Modèle de la Surveillance de la maladie. 171
Figure 3.82 Instanciation du Méta-Modèle de la Riposte contre de la maladie. 172
Figure 3.83 Instanciation Méta-Modèle de la Structure Organisationnelle du système de Santé. 173
Figure 3.84 Instanciation de l'interaction entre les phases de la méthode. 174
Figure 3.85 Cas suspects de Choléra dans la Ville-Province de Kinshasa en 2017 178
Figure 3.86 Cas suspects de Choléra par Zone de Santé de Kinshasa en 2017 179
Figure 3.87 Cas suspects d'épidémie de choléra signalés en 2017 par les zones de santé de Kinshasa.. 180
Figure 3.88 Simulation de la riposte contre le choléra au nord de la Ville-Province de Kinshasa en 2017. Les captures 1 à 4 du scénario montrent l'évolution des alertes des centres de santé en bleu. . . 182

Figure 3.89 Architecture technique de l'application mobile. 184
Figure 3.90 Application pour SmartPhone et simulateur de messages USSD. 186
Figure 3.91 Transmission Données FOSA au BCZS. 187
Figure 3.92 Structure des tables de gestion des épidémies. 188
Figure 3.93 Interface web de saisie des données de FOSA. 189

Figure 4.1 Vue d'ensemble des phases et étapes de la méthode CHICKEN. 191
Figure 4.2 Saisie de la définition d'une pathologie. 192
Figure 4.3 Saisie de la confirmation des cas d'une pathologie. 193
Figure 4.4 Saisie des données sanitaires d'une formation sanitaire. . 194
Figure 4.5 Contrôle de la qualité des données sanitaires d'une zone de santé. 195
Figure 4.6 Analyse des données sanitaires d'une province. 196
Figure 4.7 Evaluation de la riposte contre une épidémie. 197
Figure 4.8 Cycle de la riposte contre une épidémie. 202
Figure 4.9 Méthodologie pour l'analyse et la représentation d'un système complexe. 203
Figure 4.10 Equipe de Réponse Rapide enquête sur une épidémie. . . 204
Figure 4.11 Protocole d'intéraction entre agents avec un accusé de réception. 206
Figure 4.12 Diagramme de séquences d'investigation d'une épidémie. 208
Figure 4.13 Simulation de l'organisation de la riposte à Befale et Boende. 209

Figure A.1 Les 518 Zones de santé de la RDC. 232
Figure A.2 Le niveau intermédiaire DPS coordonne les activités des ZS. 233
Figure A.3 La ZS coordonne les activités des FOSA. 234

Figure B.1 BPMN - les éléments graphiques pour les actions. 235
Figure B.2 BPMN - les éléments graphiques pour le déroulement des actions. 236
Figure B.3 BPMN - les éléments graphiques pour la temporalité. . . 237
Figure B.4 BPMN - les éléments graphiques pour les ressouces. . . . 238
Figure B.5 BPMN - les éléments graphiques pour la décomposition/regroupement. 238
Figure B.6 BPMN - les éléments graphiques additionnels. 239

Figure E.1 Formulaire de notification immédiate au cas par cas. . . . 252
Figure E.2 Fiche de notification hebdomadaire. 253
Figure E.3 Fiche de notification Mensuelle. 254
Figure E.4 Formulaire de notification des cas par le Laboratoire. . . 255

Figure F.1 Modèle de bulletin épidémiologique. 259

Figure H.1 Questionnaire d'enquête. 265

Figure H.2 Questionnaire d'enquête - Suite. 266

Figure I.1 Calendrier de rapportage des données du choléra de la DPS Kinshasa en 2017. 267
Figure I.2 Trace de la simulation de la riposte contre le choléra en 2017. 268

Première partie

Introduction générale et Etat de l'Art

I have not failed. I've just found
10.000 ways that won't work.

Thomas A. Edison

Chapitre 1

Introduction Générale

Ce premier chapitre présente le contexte de notre travail de thèse. Nous soulignons les difficultés rencontrées par la plupart des formations sanitaires pour rapporter les données de santé de qualité en temps opportun dans le but de faciliter la prise de décision idoine conduisant à limiter la propagation des maladies épidémiques ou à contrôler l'évolution des maladies pandémiques et chroniques. Nous présentons aussi la problématique abordée ainsi que les contributions de cette étude dans le choix de la méthode et des outils adaptés au contexte des pays moins nantis en infrastructures communicationnelles.

1.1 Contexte

En République Démocratique du Congo (RDC), les responsables de la santé publique sont soumis à une obligation de surveiller la survenue des maladies à fort potentiel épidémique car leur résurgence devient de plus en plus inquiétante. La Direction de Lutte contre la Maladie [1] a pour mission de coordonner l'ensemble des actions sanitaires pour éradiquer les maladies résurgentes comme la polio et écourter la courbe de propagation des maladies épidémiques telles que le choléra et la rougeole. Elle publie périodiquement les bulletins épidémiologiques.

Malgré le déploiement à travers l'étendue nationale d'un vaste réseau de communication des structures d'encadrement des formations sanitaires, à ce jour, peu de systèmes informatiques sont proposés pour faciliter la collecte des données de santé, assurer leur analyse et prendre des mesures de riposte efficace.

Le fonctionnement du système de santé de la République Démocratique du

1. renomée Direction de Surveillance des Epidémies en 2019

Congo (RDC) ainsi que l'organisation du suivi des épidémies sont des points que nous présentons dans notre contextualisation.

1.1.1 Le système de santé en RDC

Ce pays de plus de 2,3 millions de km² est divisé en 25 provinces en dehors de Kinshasa la capitale considérée comme ville-province. Les provinces sont découpées en territoires qui, à leur tour, sont subdivisés en secteurs.

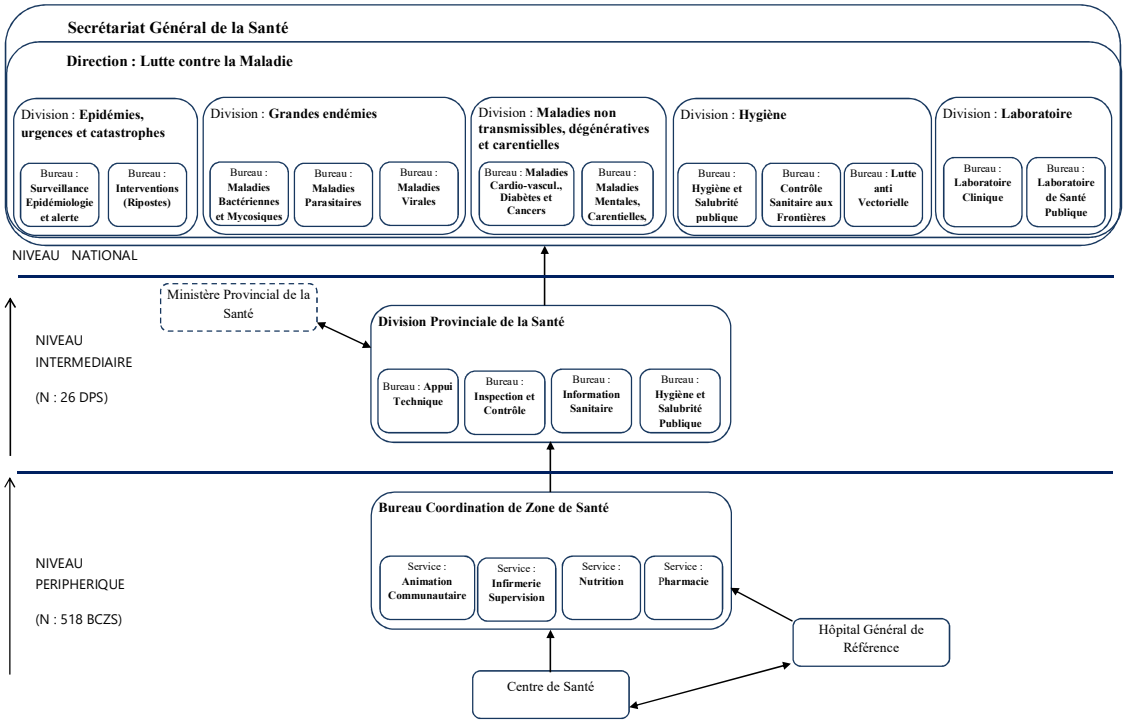


FIGURE 1.1 – Structure hiérarchique simplifiée du système de santé en RDC.

Pour faciliter l'encadrement des structures sanitaires, son système de santé est découpé en trois niveaux [2] à savoir : central appelé aussi national, intermédiaire et périphérique. Le niveau le plus proche de la population est le périphérique composé de 518 Zones de Santé(ZS) qui coordonnent les actions des formations sanitaires. Une ZS est subdivisée en Aire de Santé (AS) (voir l'annexe A page 231). C'est au niveau des aires de santé que sont rattachés les centres de santé (CS) qui proposent un Paquet Minimum d'Activités [3] à la population. Un Hôpital Général

2. Recueil des normes de la zone de santé, Ministère de la Santé Publique de la RDC, 2006.
3. PMA comprend essentiellement des activités curatives, préventives, promotionnelles et d'appui.

de Référence (HGR) assure le Paquet Complémentaire d'Activités [4] de santé de toute la zone de santé.

Le niveau national définit les politiques, les stratégies et mobilise les ressources du secteur. Il fait appliquer les stratégies et politiques au périphérique à travers le niveau intermédiaire, appelé DPS, qui coordonne les activités des soins de santé primaires et d'appui technique aux zones de santé dans une province. Du point de vue administratif, la hiérarchie se décline comme suit : le Secrétariat Général de la Santé, structure administrative la plus élevée, gère plusieurs directions. Chaque direction est subdivisée en Divisions, la division en Bureaux et ces derniers en cellules. Dans notre figure, nous n'avons représenté que les structures très liées à notre contexte de recherche à savoir : la gestion des maladies épidémiques et pandémiques, donc la Direction Générale de lutte contre la maladie (DGLM).

La figure 1.1 page précédente représente notre analyse de l'organisation du système de santé de la RDC. On retrouve une vision hiérarchique découpée en trois niveaux. Le Bureau de Coordination de la Zone de santé(BCZS) supervise plusieurs CS et un HGR à travers un organe technique appelé Equipe Cadre de Zone de Santé (ECZS). La Division Provinciale de la Santé (DPS) du niveau intermédiaire fournit une assistance technique à l'ECZS. La Direction de lutte contre la maladie (DLM) du niveau central fait appliquer les politiques nationales du secteur aux 26 DPS. Le ministère provincial ayant la santé dans ses attributions joue le rôle d'autorité politique.

Dans cette structure du système sanitaire, les données de santé circulent du niveau périphérique vers le national en respectant la hiérarchie du CS à DGLM. Toutefois, il sied de noter que c'est le niveau national qui fournit la liste des maladies sous surveillance au niveau périphérique (flux non représenté dans la figure 1.1 page ci-contre.

1.1.2 Le suivi des épidémies en RDC

Certaines maladies contagieuses récurrentes se sont largement propagées dans les populations des pays subsahariens au cours des dix dernières années en raison de l'inefficacité des structures de santé à anticiper les épidémies. Dans un pays pauvre en infrastructures comme la RDC, avec un personnel de santé qualifié et des laboratoires insuffisants, il sera difficile de répondre très rapidement à un

4. PCA comprend des activités préventives, curatives et promotionnelles qui sont organisées dans le cadre des services de médecine interne, de chirurgie, de gynécologie et obstétrique et de pédiatrie.

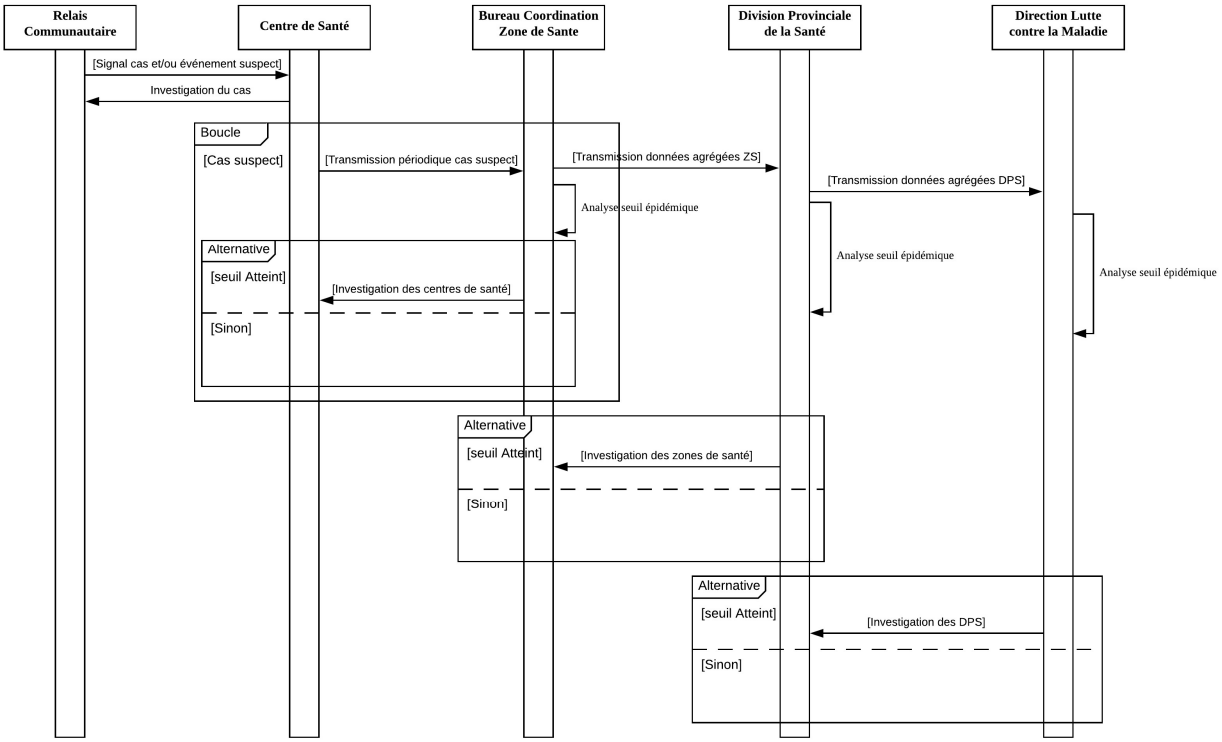


FIGURE 1.2 – Transmission des données de surveillance sanitaire.

cas d'épidémie qui survient dans ses zones rurales en l'absence d'un bon système d'information organisationnel.

L'accès aux soins de santé constitue une préoccupation majeure des pays du Sud. La RDC occupe le rang des pays pauvres selon son Indice de Développement Humain [PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DÉVELOPPEMENT, 2018]. Malgré ses millions d'hectare de surface arable, ce vaste pays d'Afrique Centrale éprouve de sérieuses difficultés pour améliorer les conditions de vie de sa population notamment dans le domaine de soins de santé de base. L'espérance de vie à la naissance est de 50 et 53 ans respectivement pour les hommes et les femmes [ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2014].

Chaque Bureau Central de Coordination de la Zone de Santé (BCZS) collecte les données sanitaires de toutes les FOSA [5] sous sa supervision et des populations à travers leurs délégués organisées dans des structures appelées Relais Communautaires (RECO). Les données sanitaires agrégées sont transmises à la DPS pour la consolidation, les analyses et la prise des décisions. Lorsque le seuil épidémique

5. FOSA est un terme générique qui comprend aussi bien les centres de santé, les pôles de santé, les centres de santé de référence et les Hôpitaux à tous les niveaux. Bref, toute structure des soins de santé aux populations.

de la maladie sous surveillance est atteint, le BCZS peut solliciter l'appui de la DPS pour l'envoi d'une équipe d'investigation pour la confirmation ou pas de la maladie soupçonnée.

Chaque DPS a un Bureau d'Information Sanitaire (BIS) qui remonte périodiquement les données sanitaires des BCZS au niveau national. Le BIS organise hebdomadairement des réunions avec les BCZS pour statuer sur les cas suspects à rapporter au niveau national. La DPS vérifie la complétude des données de tous ses BCZS et les transmet au niveau national à travers la Direction de lutte contre la maladie. Le niveau national reçoit également de la part des laboratoires les rapports des analyses des échantillons prélevés par les équipes d'investigation. Il peut contacter des partenaires pour obtenir un soutien financier et technique afin d'organiser une réponse à une épidémie de grande ampleur.

Si le niveau national obtient le soutien financier et technique des partenaires, il donne les instructions de riposte à la DPS qui collaborera avec le BCZS concerné. Ce dernier fait appliquer les mesures de riposte proposées à sa zone de santé. Plusieurs zones de santé peuvent être concernées par la riposte en cas de la propagation de la maladie depuis l'apparition du premier cas.

Les interactions entre les structures produisant des données sanitaires des maladies sous surveillance épidémique sont représentées sommairement dans le diagramme de séquence de la figure 1.2 page précédente.

1.1.3 Fournisseurs des données de santé

Il existe des structures sanitaires désignées pour la transmission des données de santé. Toutefois, il serait complet de signaler aussi la présence de nombreux organismes qui peuvent par moment être considérés comme fournisseurs de données sanitaires.

Dans la structure hiérarchique du système de santé en RDC, les fournisseurs des données sanitaires interviennent tous au niveau périphérique. Les moyens proposés pour remonter les données et/ou événements sanitaires à la hiérarchie sont les suivants [Ministère de la Santé, RDC, 2011] :

— Les FOSA comprennent aussi bien les CS et les HGR qui notifient les cas suspects des maladies sous surveillance à partir des résultats des analyses des échantillons, des signes cliniques ou des symptômes que présentent les malades en consultation. Ces structures produisent des données de santé de la population plus ou moins fiables ;

— Les RECO sont constitués des représentants des populations choisis selon plusieurs critères à savoir administratif (les chefs des quartiers), religieux, notabilité, etc. Ils jouent le rôle de rapportage des cas et/ou événements inhabituels aux FOSA ou au BCZS. Ils sont formés pour connaître les signes inhabituels et symptômes des cas à partir de la définition simplifiée des maladies ou des affections ;

— Un pharmacien peut signaler au RECO ou FOSA une forte augmentation des achats d'un médicament ou d'un schéma de traitement assez récurrent. Cette automédication peut faire l'objet des investigations au sein de la population pour en chercher la vraie cause ;

— Les autorités scolaires peuvent alerter les structures sanitaires d'un taux inhabituel d'absences d'élèves dues aux signes et symptômes bizarres dont elles sont témoins ;

— Le personnel de santé en tournée d'investigation ou d'inspection doit rapporter des cas découverts mais non signalés ;

— Les registres médicaux tenus par les FOSA peuvent renseigner sur les nouvelles pathologies de la population. Leur consultation périodique pourrait déclencher des nouvelles investigations ;

— Les médias (radio, télévision ou journaux) relaient souvent des évènements inhabituels dans l'environnement humain nécessitant parfois des enquêtes plus poussées pour en connaître l'explication ;

— Les registres d'état civil peuvent éveiller l'intérêt des autorités sanitaires s'ils indiquent une augmentation du taux de décès maternels.

L'ensemble d'acteurs et documents fournissant des renseignements sur l'état de santé de la population est schématisé dans la figure 1.3 page ci-contre.

Les formations sanitaires rapportent les données de santé à travers les fiches de notification de cas selon la périodicité – instantanée, hebdomadaire, mensuelle ou trimestrielle - de rapportage de chaque maladie. Elles peuvent recourir à la notification verbale par appel téléphonique dans le cas d'une maladie à fort potentiel épidémique. C'est cette dernière notification qui est couramment utilisée par les autres fournisseurs des données.

L'accès aux soins de santé de base n'est pas à la portée de toutes les bourses. Les populations consultent les structures sanitaires en cas d'extrême urgence. Ce constat est plus observé dans les milieux ruraux où les maigres ressources des

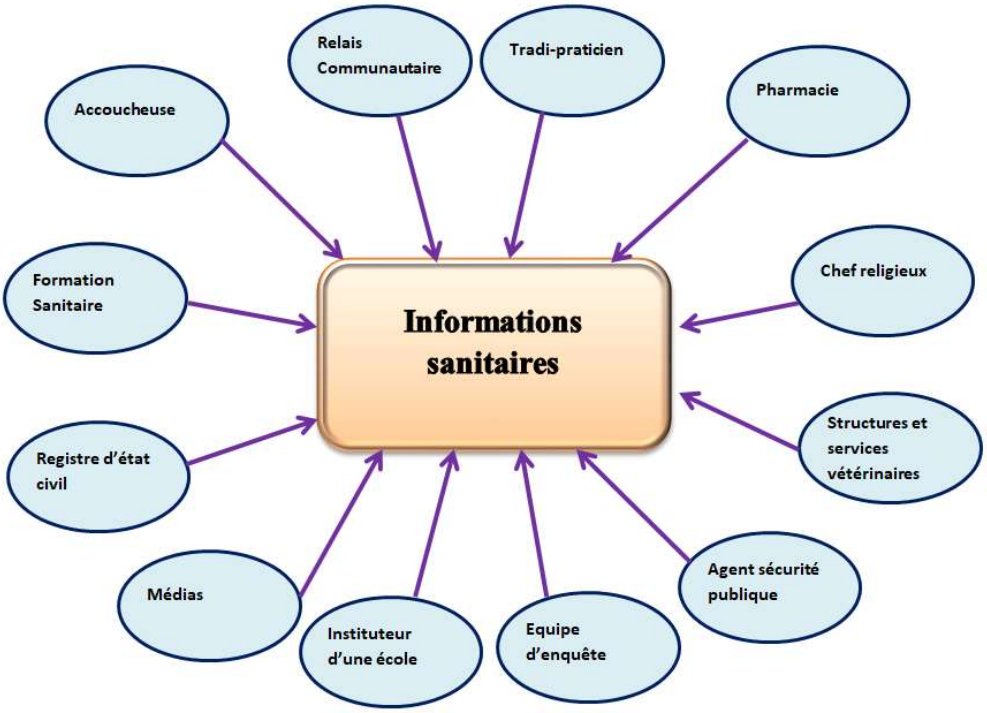


FIGURE 1.3 – Structures produisant des données sanitaires dans chaque zone de santé.

paysans ne les autorisent pas à consulter souvent les services médicaux. C'est souvent au cours des campagnes de soins gratuits que les personnels de santé apportent leur soutien aux malades et en profitent pour remonter les données sanitaires des cas suspects constatés.

L'utilisation des fiches de notification de cas apportent tout de même des renseignements utiles pour connaître la santé de la population au niveau périphérique. Elles sont exploitées par le BCZS pour remonter les données agrégées à la DPS. Le seul bémol est la non saisie de ces informations sur un support électronique. Un travail de retraitement de ces fiches au BCZS réclame du temps et constitue une source d'erreurs lors de la saisie des données de synthèse collectées dans Epi Info [6] , logiciel de statistiques du domaine public destiné à l'épidémiologie .

1.1.4 Liste des maladies sous surveillance

A l'instar des pays membre de l' OMS, la RDC bénéficie du soutien technique et financier des partenaires pour répondre aux épidémies dans les conditions stipulées dans le Règlement Sanitaire International. Tous les cas de ces quatre

6. https ://fr.wikipedia.org/wiki/Epi_Info

maladies doivent être automatiquement notifiés à l'OMS : variole, poliomyélite due au poliovirus de type sauvage, syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) et cas de grippe humaine causée par un nouveau sous-type. Sur la liste en constante évolution des maladies fournies par le Règlement Sanitaire International, chaque pays est libre d'ajouter d'autres maladies qui constituent un problème de santé publique. Le tableau 1.1 présente la liste des maladies prioritaires du pays selon *guide technique pour la surveillance intégrée de la maladie et riposte* [Ministère de la Santé, RDC, 2011][7].

Tableau 1.1 – Liste des maladies prioritaires de la RDC.

Maladies à notification hebdomadaire	Maladies à notification mensuelle	Maladies à notification trimestrielle
1. Choléra	1.Filariose lymphatique	1. Lèpre
2. Diarrhée sanglante (Shigella)	2. Onchocercose	2. Tuberculose
3. Fièvres hémorragiques	3. Diabète	3. Sida (nouveaux cas)
4. Fièvre jaune	4. Diarrhée avec déshydratation sévère	
5. Fièvre typhoïde	5. Ulcère de BUruli	
6. Infections respiratoires aiguës (IRA)	6. Drépanocytose	
7. Méningite à méningocoque	7. Hypertension	
8. Peste	8. Carie dentaire	
9. Rougeole	9. Schictosomiase	
10. Monkeypox	10. Géo helminthiase	
11. Coqueluche	11. Trypanosomiase	
12. Tétanos néonatal	12. Pneumonie grave chez les enfants	
13. Rage	13. Traumatismes (accidents de la circulation)	
14. PFA	14. Hépatite virale	
15. Paludisme	15. Infections Sexuellement Transmissibles	
16. Dracunculose	16. Malnutrition chez les moins de 5 ans	
17. Décès Maternel	17. Kenzo	
	Maladies ou événements de portée internationale	
	Evénement sanitaire de portée internationale ou nationale (maladie infectieuse, zoonose, infection alimentaire, contamination chilique, radioactive ou maladie d'origine inconnue), Grippe humaine due à une nouvelle souche, Syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS), variole	

Malgré les efforts continus pour améliorer la surveillance des maladies et les réponses pour contrer celles-ci, de nombreux pays sont confrontés à de grandes difficultés pour identifier, diagnostiquer et notifier correctement les maladies infectieuses en raison de l'éloignement des communautés, de l'insuffisance des infrastructures de transport et de communication et du manque de personnel de santé qualifié et d'installations de laboratoire pour garantir l'exactitude du diagnostic.

Le choléra en constitue un cas d'école. L'OMS a mis en place des mécanismes pour son élimination en 2030 en ciblant des zones de santé où la transmission persiste et est facilitée par les conditions environnementales, culturelles ou socio-économiques appelées zones sanctuaires (« hotspots »). Des fortes augmentations

7. http ://www.luttecontrelamaladie.org/doc/Maladies Prioritaires SIMR 2011.pdf, consulté le 15/02/18 15 :15

en nombre de cas suspects observés depuis 2008 proviennent majoritairement de 26 zones de santé identifiées comme sanctuaires du choléra. D'une manière générale, un système de surveillance est utile s'il répond à l'une des huit questions suivantes [Dabis F. et Desenclos J.-C., 2017] :

— permet-il d'identifier les cas afin de mettre en place rapidement des moyens de prévention adaptés ?

— permet-il de détecter des changements de tendances ou des épisodes épidémiques ?

— fournit-il des estimations chiffrées et fiables de morbidité et de mortalité ?

— identifie-t-il des facteurs de risque de survenue de la maladie ?

— contribue-t-il à améliorer le contrôle et la prévention de la maladie ?

— sert-il à mesurer l'impact des mesures de prévention ou de contrôle ?

— les données produites permettent-elles de générer des hypothèses ou des questions pour la recherche ?

— les données produites permettent-elles d'améliorer les pratiques professionnelles, sociales ou environnementales ?

Le guide technique pour la surveillance intégrée est le seul document officiel qui décrit les objectifs que doit poursuivre le système de surveillance épidémiologique pour limiter ou freiner la progression d'une épidémie ou d'une maladie chronique sachant qu'on ne pourra jamais stopper de manière définitive leur nouvelle apparition ou la résurgence dues aux facteurs multidimensionnels qui entourent leur survenance.

Etant donné que ces systèmes de surveillance sont considérés comme des outils d'aide à la décision dans le domaine de la prévention et du contrôle des maladies épidémiologiques, [Fatima Zohra Younsi, 2016] souligne les lacunes dont souffrent ces systèmes sur les aspects analytiques ainsi que leur limite de traiter plusieurs actions à la fois, comme : le suivi, la prévention et l'alerte. Pour maîtriser et surveiller la dynamique d'infections ainsi que sa capacité d'évoluer et « d'émerger», elle propose l'analyse dans une dimension spatiotemporelle. De notre point de vue, la qualité de données fournies pour l'analyse, la coordination des interventions des acteurs du secteur sanitaire pour contrer la propagation des maladies ainsi que le partage de bonnes pratiques sont d'une grande utilité dans l'amélioration de la surveillance. Nous présentons ces trois aspects dans la problématique.

1.2 Problématique

1.2.1 Qualité des données de santé

La production des données de santé fiables rend aisé les efforts des structures et autorités sanitaires dans la prise des décisions appropriées pour prévenir, soigner ou endiguer la propagation des maladies chroniques, épidémiques et endémiques. Dans le cas de pathologies à fort potentiel épidémique comme le choléra, la rougeole ou la fièvre hémorragique à virus Ebola, la dimension temps de production desdites données ainsi que leur qualité sont également indispensables pour une action immédiate et salvatrice.

Les structures sanitaires de la RDC remontent les données caractérisées par l'inexactitude, la non complétude, l'inopportunité et la non fiabilité. En effet, certaines zones de santé éprouvent d'énormes difficultés à rapporter périodiquement les données de santé de leurs formations sanitaires pendant que d'autres produisent les données de complaisance voire dépassées. L'absence d'un format consensuel de fiches de notification des cas, du processus d'identification et de confirmation de la pathologie et du mode de communication des informations sanitaires laisse le choix à chaque acteur d'agir selon sa convenance.

Etant donné que plusieurs maladies peuvent avoir des mêmes signes et symptômes, une définition claire et discriminante peut dissiper toute confusion de diagnostic exact des cas anormaux rapportés au sein d'une population.

Pour améliorer la qualité de données sanitaires, nous avons mis en place des modèles des processus réutilisables par les personnels de santé pour savoir bien identifier et confirmer des cas d'une pathologie.

1.2.2 Evolution, alerte et riposte des épidémies

L'environnement, les habitudes alimentaires et d'autres facteurs tels que l'exposition peuvent justifier la résurgence ou l'augmentation rapide du taux d'incidence d'une maladie en un lieu et à un moment donné. C'est ainsi que les structures de santé de chaque pays disposent d'une liste dynamique des maladies récurrentes dont elles suivent l'évolution dans leur population . La réapparition des pathologies longtemps éradiquées comme la poliomyélite oblige les autorités sanitaires d'actualiser périodiquement cette liste. Cette action signifie communiquer à tous

les acteurs de santé une nouvelle description de la pathologie pour bien identifier et confirmer ses cas suspects.

La conjonction des actions appropriées de riposte par les autorités sanitaires ainsi que les alertes au bon moment par les structures sanitaires peuvent contribuer à l'éradication de certaines maladies infectieuses ou pandémiques. Le paludisme a été éradiqué en Tunisie grâce aux efforts des autorités et des populations tel que le confirme l'article de [Chahed M. K. et al., 2001].

Pour chaque pathologie il existe deux types de seuil : d'alerte et épidémique. Le seuil épidémique nécessite une investigation sur terrain tandis que celui de riposte confirme l'affection ou la pathologie et donne lieu à une riposte immédiate. Le rapportage non systématique des cas suspects par les formations sanitaires retarde la prise de décision. En l'absence d'un processus de rappel automatique des structures n'ayant pas fourni les données sanitaires selon la périodicité de la maladie, certains acteurs n'accomplissent pas cette exigence sanitaire.

Les données lacunaires des maladies à fort potentiel épidémique telles que le choléra et la rougeole sont consultables auprès des services publics et des Programmes spécialisés de la RDC. Mais les données se rapportant aux maladies chroniques et pandémiques sont difficiles à constituer en série temporelle pour justifier une étude sérieuse permettant de prévoir leur réapparition saisonnière.

De ce fait, la méthode organisationnelle mise en place fournit des outils d'analyses aux acteurs du secteur pour détecter les facteurs déterminants des épidémies selon leur périodicité de rapportage des cas tout en gérant leur cohérence dans le temps et dans l'espace. Le rappel automatique des formations sanitaires en manque de données permet d'améliorer tant soi peu leur complétude.

1.2.3 Collaboration entre les structures de même organisation

La forte dépendance hiérarchique des niveaux périphérique, intermédiaire et national du système de santé de la RDC offre peu de possibilité aux acteurs de même niveau d'organiser un échange de données de santé pouvant conduire à une rapide organisation de riposte. Chaque acteur d'un niveau n'interagit qu'avec sa hiérarchie directe et non avec ses homologues.

La mise en place des organisations telles que : *appartenir à une même aire de santé ; être contigu à ; relier par une rivière* ; etc. facilitera une collaboration des

acteurs desdites organisations pour conjointement organiser la riposte entre les zones de santé, partager des ressources matérielles et financières, écourter le délai de réponse et améliorer la prise en charge des pathologies.

Pour améliorer la collaboration entre acteurs, nous proposons l'utilisation des fragments des méthodes collaboratives axées sur la coopération des acteurs pour améliorer ou optimiser l'anticipation des propagations épidémiques.

1.3 Contributions de la thèse

Les contributions de la présente thèse peuvent être résumées en une méthode et trois principaux outils.

1.3.1 Présentation générale de la méthode

CHICKEN est une méthode d'organisation basée sur une agrégation de fragments de méthodes, d'outils et de modèles issus de domaines multidisciplinaires et utiles pour mieux connaître les cas de pandémie et d'épidémie. La méthode permet de collecter, d'organiser et de partager des données de santé de la population entre les différentes parties prenantes du système national de santé sans tenir compte de sa structure administrative hiérarchique et fastidieuse. Ainsi, la méthode offre aux professionnels de la santé la possibilité de partager leurs compétences et leurs données avec d'autres prestataires de santé situés en zones rurales afin d'obtenir les informations directement auprès des populations, de les vérifier et de mieux préparer les ripostes pour anticiper la propagation de la maladie. La méthode décrit les étapes à suivre et les outils que les formations sanitaires doivent utiliser pour surveiller la propagation de la maladie. La méthode est divisée en trois phases : (i) Décrire de la pathologie à surveiller : décrit la maladie à suivre ; (ii) Surveiller les données de santé : décrit les outils utilisés dans la notific ation des données de santé et les alertes de population et (iii) Riposter contre la pathologie : décrit les étapes pour organiser la riposte et partager l'expérience avec d'autres établissements de santé.

1.3.2 Les principaux outils

Primo, un outil de partage des définitions scientifiques et simplifiées des maladies. En effet, l'***amélioration de la qualité de diagnostic des maladies sous surveillance*** est indispensable pour en contrer la propagation. En outre, la similitude des signes et symptômes des différentes maladies prête à confusion dans le rapportage des données de santé des populations. L'absence des corps métiers de qualité en milieux ruraux fait que les cas suspects signalés au niveau périphérique ont plus de chance de ne pas correspondre aux pathologies ou affections soupçonnées. Dans des rares cas où plusieurs maladies apparaissent simultanément, il y a risque que la répartition des cas suspects par pathologie ne soit pas représentative de la réalité sur terrain. C'est pour pallier ces insuffisances que nous proposons

des outils de partage des définitions claires et simplifiées des maladies sous forme audio et SMS de manière à accompagner tout professionnel de santé quel que soit son milieu d'intervention. L'identification des maladies s'accompagne des instructions simples sur la confirmation de cas, sa prise en charge ainsi que les mesures préventives. Nous prévoyons aussi des définitions simples à communiquer aux populations lors des investigations ou de la riposte.

Secundo, le ***rappel automatique aux formations sanitaires n'ayant pas rapporté les données selon la périodicité des maladies et le renforcement de collaboration entre les laboratoires et les acteurs institutionnels*** . Etant donné que l'absence des cas rapportés ne signifie pas zéro cas, les outils que nous proposons relancent périodiquement toutes les formations sanitaires sans données sanitaires pour les maladies sous surveillance. Cette collaboration de proximité entre les acteurs du niveau périphérique permettra d'améliorer la complétude des données ainsi que les analyses qui en résulteront. Etant donné que bon nombre de maladies nécessitent une confirmation par les analyses des prélèvements dans des laboratoires, le manque de communication entre lesdits laboratoires et les zones de santé retarde certaines décisions notamment le déclenchement rapide des alertes des populations concernées et l'organisation de la riposte. L'intégration du laboratoire comme acteur dans le processus de confirmation d'une pathologie ou affection facilite le partage de ses résultats avec les acteurs institutionnels de manière quasi transparente.

Tertio, ***un espace collaboratif de partage des bonnes pratiques de riposte à tous les acteurs du secteur***. La résurgence des maladies éradiquées dans certains espaces du vaste territoire de la RD Congo peut pousser les acteurs de santé à chercher des nouvelles solutions de riposte pendant que des solutions utilisées ailleurs lors des campagnes antérieures avaient prouvé leur efficacité. Il existe peu ou pas de communication directe entre les zones de santé surtout si elles n'appartiennent pas à une même province. Nous proposons la mise en commun des solutions les plus abouties face à certaines maladies avant de les rendre accessibles à tous les acteurs du secteur. Cette solution pourrait être un wiki ou un espace documentaire partagé où l'on peut déposer et transmettre des bonnes pratiques. La solution proposée permettra à la longue de réaliser des économies d'échelle si on comptabilise les efforts, le temps ainsi que les ressources matérielles et financières mises en place pour organiser efficacement une riposte. L'expertise développée dans un coin du pays peut largement profiter aux autres acteurs du secteur de la santé qui rencontreront les mêmes maladies.

Exige beaucoup de toi-même et attends peu des autres. Ainsi beaucoup d'ennuis te seront épargnés.

Confucius

Chapitre 2

Etat de l'art

2.1 Les approches de la modélisation en épidémiologie

2.1.1 Introduction

Un modèle est une description simplifiée d'une réalité, qui donne du sens à cette réalité et permet donc de la comprendre. Mais cette description doit :

— être Simplifiée sinon le modèle serait la réalité elle-même et ne contribuerait en rien à la construction de la connaissance. C'est donc une représentation abstraite. Ce qui signifie que l'approximation - et même l'erreur - sont inhérentes aux modèles ;

— permettre les prévisions des valeurs imprévisibles de certaines variables inaccessibles ou des valeurs générées au moyen de calculs, de dessins ou du fonctionnement d'un processus par simulation ;

— expliquer des phénomènes complexes obtenus par combinaison des phénomènes simples, de principes généraux ou par coordination de mécanismes simples.

Selon Valleron [Valleron A.-J., 2000], les rôles de la modélisation en épidémiologie sont l'aide à la description de données complexes afin de faciliter la diffusion des résultats, la démonstration des lois générales expliquant la diffusion des épidémies, l'estimation des valeurs de paramètres qui ne peuvent être directement mesurés dans une observation ou dans une expérience, la prévision des nombres de cas futurs des certaines maladies et l'optimisation des plans expérimentaux.

Les modèles mathématiques sont utilisés en épidémiologie depuis le XVIIIème siècle. Ces modèles permettent de fournir des réponses aux questions de plus en plus complexes qui peuvent avoir des conséquences fâcheuses dans notre société. Dans ce chapitre, nous présenterons quelques travaux pertinents basés sur les modèles mathématiques pour la compréhension des phénomènes du monde réel. En effet, nous distinguons quatre grands groupes de familles d'approches dans ce domaine : les modèles mathématiques d'épidémie simple, les modèles déterministes, les modèles stochastiques et les modèles complexes.

2.1.2 Principe de la modélisation mathématique en épidémiologie

L'épidémiologie est essentiellement une discipline de la biologie des populations concernée par la santé publique. L'épidémiologie est donc fortement influencée par la théorie mathématique. La raison en est que la plupart des phénomènes observés au niveau de la population sont souvent complexes et il est difficile d'en déduire des caractéristiques au niveau d'un individu isolé. Par exemple, la prévalence d'une maladie dans une population n'est qu'indirectement liée à l'évolution de la maladie chez un individu. Dans ce contexte, l'utilisation de modèles mathématiques vise à mettre au jour les processus de contamination dans une perspective à grande échelle [Choisy M., Gugan J.-F. et Rohani P., 2007].

Face à une population donnée, nous passons maintenant à une description mathématique du ou des mécanismes qui spécifient le mode de propagation de la maladie et comment, le cas échéant, les individus peuvent en sortir guéris de manière temporaire ou permanente. Nous nous limitons principalement à supposer que la maladie est transmise par un mécanisme contagieux (viral ou bactérien) de sorte qu'un contact entre un individu infectieux et un sujet sensible est nécessaire. Après un contact avec un foyer(*cluster* en anglais) (appelé aussi agent pathogène) qui peut être de diverse nature (un individu infecté, un agent vecteur, eau de boisson contaminée, etc.), l'individu exposé devient un sujet susceptible à développer la maladie : une période d'incubation s'ensuit pendant laquelle la maladie est latente chez le sujet susceptible nouvellement infecté. Après cela, le sujet susceptible devient lui-même un infectieux.

Il peut être utile de clarifier certains termes couramment employés dans la théorie des épidémies : ils sont illustrés à la figure 2.1 page ci-contre. Nous supposons qu'il y a un moment où l'individu se contamine : c'est le début d'une période

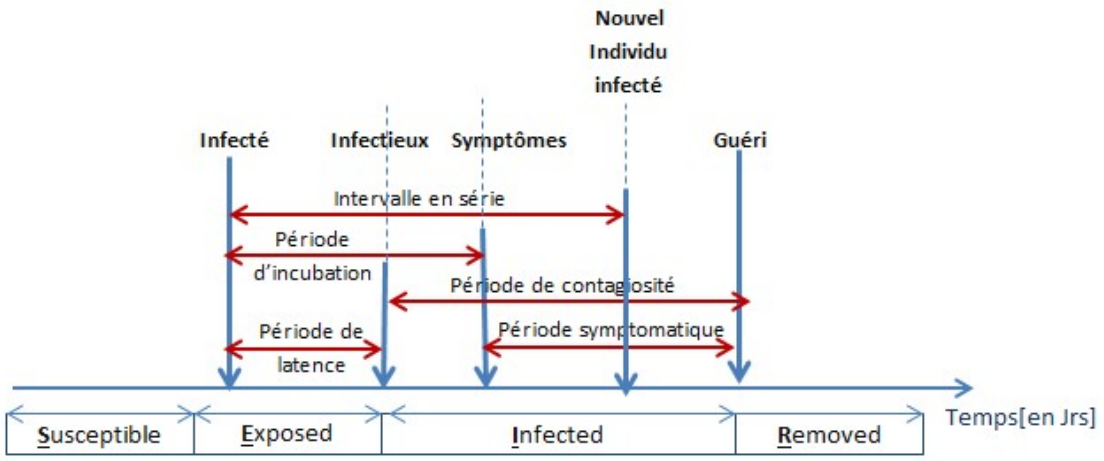


FIGURE 2.1 – Représentation de l'évolution d'une maladie chez un individu.

de latence pendant laquelle cet individu n'est pas contagieux. Il s'ensuit une période infectieuse au cours de laquelle les symptômes apparaîtront ; la période d'incubation est le temps écoulé entre la première infection et l'apparition des symptômes, ce qui est nécessairement supérieur ou égal à la période de latence. L'intervalle en série est le temps écoulé entre la première infection et l'infection d'un deuxième individu ; elle est à nouveau supérieure ou égale à la période de latence, mais peut être inférieure ou supérieure à la période d'incubation. Souvent, l'intervalle en série et la période de latence sont utilisés de manière interchangeable bien que leurs significations soient différentes. L' élément fondamental dans le processus d'infection est l' *intervalle en série* , mais la *période de latence* est souvent utilisée dans la littérature car on suppose qu'une deuxième infection se produira dès que le premier infectant devient infectieux [DALEY D. J. et GANI J., 2001].

2.2 Les modèles mathématiques d'épidémie simple

La progression d'une épidémie dans la population est facilement simulable à travers une modélisation mathématique. En particulier, la première tentative de modélisation et de prévision ou d'explication de modèles, remonte à plus de 100 ans [HAMER W., 1906], bien que ce soit le travail de [KERMACK WILLIAM OGILVY, MCKENDRICK A. G. et WALKER GILBERT THOMAS, 1927] qui a jeté les bases du sujet. Ces premiers modèles, ainsi que de nombreuses révisions et améliorations

ultérieures, reposaient sur le principe selon lequel les individus pouvaient être classés en fonction de leur statut épidémiologique - plus simplement sensibles à l'infection, infectés et donc infectieux, et guéris et donc plus infectieux. (Nous soulignons que cette classification est basée sur la capacité d'un individu à héberger et à transmettre un agent pathogène, et peut être relativement sans rapport avec son statut médical.)

Le modèle dit *Susceptible Infected and Recovered (*SIR*)* est l'un des modèles les plus simples et les plus fondamentaux de tous les modèles épidémiologiques. Il est basé sur le calcul de la proportion de la population dans chacune des trois classes (susceptible, infecté, guéri) et sur la détermination des taux de transition entre ces classes de la figure 2.2. Dans le modèle le plus simple d'une épidémie unique, les naissances et les décès peuvent souvent être ignorés, de sorte que seules deux transitions sont possibles : l'infection (déplacement des individus de la classe susceptible vers la classe infectée) et le rétablissement (déplacement des individus de la classe *Infectée* vers la classe *Guérie*). Il est généralement admis (et corroboré par les données épidémiques) que le taux d'infection par habitant d'un individu susceptible est proportionnel à la prévalence de l'infection dans la population ; par souci de simplicité, on suppose souvent que les individus infectés se rétablissent à un taux constant.

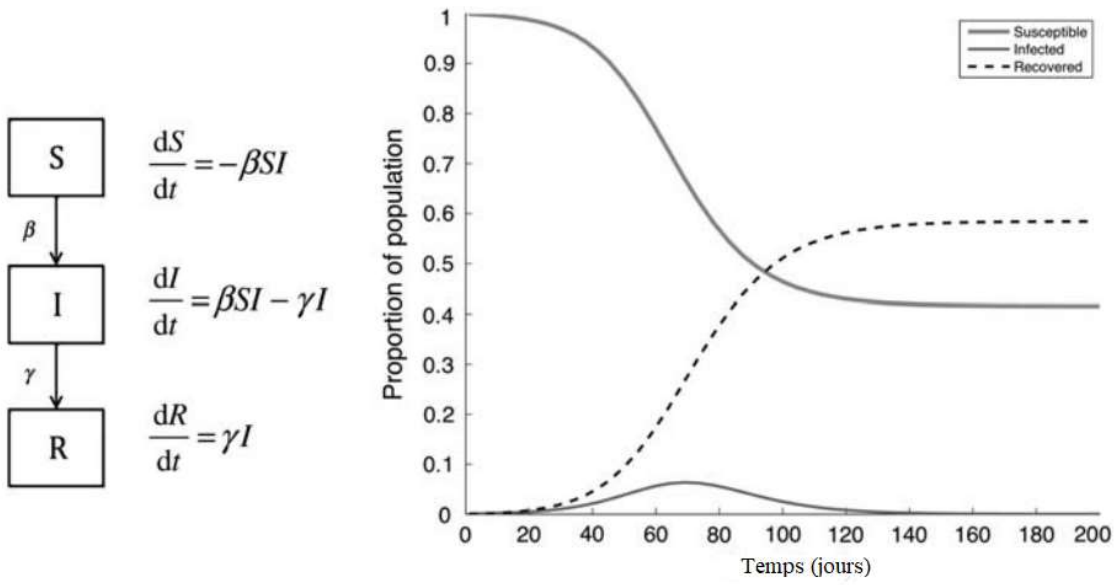


Figure 2.2 – Schéma de transmission du modèle SIR [Keeling M. J. et Danon L., 2009].

De gauche à droite, la figure 2.2 page ci-contre [Keeling M. J. et Danon L., 2009] montre une représentation imagée du flux d'individus entre les classes dans le modèle SIR. Les équations différentielles de base pour le modèle SIR donnent le taux de variation de la proportion dans chaque classe (les valeurs négatives correspondent aux flux sortant d'une classe, tandis que les valeurs positives reflètent les flux entrant dans la classe). Le résultat de la résolution numérique du modèle SIR, montre comment la proportion d'individus susceptibles, infectés et rétablis dans la population devrait évoluer dans le temps.

Une fois que les paramètres de rétablissement et de transmission ont été estimés, le modèle SIR prédit une épidémie qui suit des schémas connus : le nombre de cas augmente initialement de manière exponentielle jusqu'à ce que la proportion de sujets vulnérables dans la population soit suffisamment réduite pour que le taux de croissance ralentisse ; ce processus se poursuit jusqu'à ce que l'épidémie ne puisse plus être maintenue et que le nombre de cas diminue pour aboutir à l'extinction de l'infection. Le modèle simple SIR produit trois prévisions générales qui ont des implications importantes pour la santé publique et sont appuyées par une gamme de modèles plus complexes(cfr étape 3.3.2 page 122 qui montre comment la modélisation permet de prédire la fin d'une épidémie sans une intervention humaine).

Les modèles compartimentaux déterministes et stochastiques figurent dans la gamme de modèles plus complexes que nous présentons dans les lignes qui suivent.

2.3 Les modèles compartimentaux déterministes

Un modèle compartimental [|Filar J. A. et Krawczyk J. B., 2009] est un modèle dans lequel les individus d'une population sont classés en compartiments en fonction de leur statut vis-à-vis de l'infection à l'étude. Ils sont généralement classés par une chaîne de lettres fournissant des informations sur la structure du modèle. Par exemple, le modèle spécifié par les équations de la figure 2.2 page ci-contre est appelé un modèle SIR. Par contre, un modèle compartimenté de transmission d'infection avec un compartiment exposé (ou latent) (contenant explicitement les personnes infectées mais pas encore infectieuses) et une immunité durable s'appellerait modèle *Susceptible, Exposed, Infected and Recovered (*SEIR*)* et les situations dans lesquelles la sensibilité peut revenir après une infection (ou après une immunité) sont appelées modèles *Susceptible, Infected and Susceptible (*SIS*)* ou

Susceptible, Infected, Recovered and Susceptible (SIRS).

Un exemple de modèle SEIR, analogue à celui de la section précédente, est fourni dans la figure 2.3.

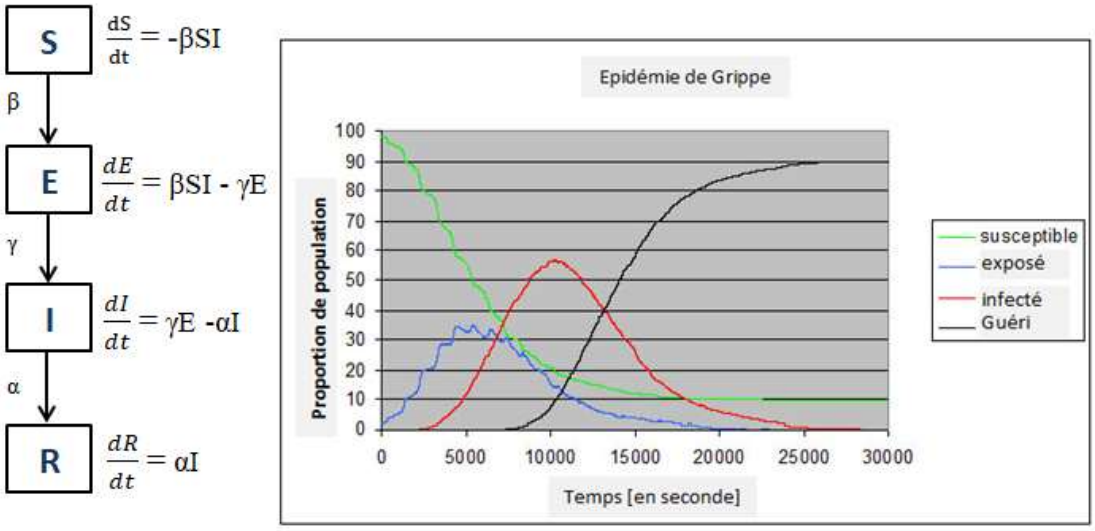


FIGURE 2.3 – Schéma de transmission du modèle SEIR.

Sept compartiments [1] sont couramment utilisés : S , I , E , D , R , M *et* C . Le compartiment S est la situation de départ qui matérialise l'existence initiale des individus n'ayant pas encore été infectés. Lorsqu'un individu du compartiment S est exposé à la maladie, en fonction de son terrain génétique et selon l'échelle de temps considérée dans le modèle, il ne devient pas nécessairement capable de la transmettre immédiatement. Par exemple, si la maladie, comme la tuberculose, nécessite 4 à 12 semaines pour rendre l'individu infectieux (ce qui est appelé une période de latence) et que le modèle représente l'évolution journalière de la population, alors l'individu ne sera pas automatiquement transféré dans le compartiment I (infectieux) mais doit transiter par un compartiment intermédiaire E , pour les individus exposés.

Selon les pathologies, il peut s'avérer utile de distinguer les individus infectés. Si la maladie est causée par des organismes parasites tels les amibes ou les anguillules, alors la concentration de ces organismes peut justifier de diviser la classe I en plusieurs sous-classes représentant plusieurs niveaux de concentration. Dans les cas des maladies virales ou bactériennes, beaucoup de modèles ne divisent pas

1. https ://fr.wikipedia.org/wiki/Mod%C3%A8les_compartimentaux_en_%C3%A9pid%C3%A9miologie [accédé le 28/05/2019]

la classe I : ils considèrent que l'individu est soit infecté soit ne l'est pas. Toutefois, pour certaines maladies virales, il existe un analogue à la concentration en organismes parasitaires : il s'agit de la charge virale, qui exprime la concentration du virus dans un volume donné tel que le sang. Les individus peuvent donc être distingués selon leur charge, puisque celle-ci les rend infectieux à des niveaux différents.

Pour un individu infecté, nous distinguons trois cas de figure possibles :

— Premièrement, l'individu peut décéder, auquel cas il relève du compartiment D.

— Deuxièmement, la maladie peut se terminer d'elle-même, c'est le cas de la rougeole, et conférer à l'individu une immunisation contre la réinfection, et il est assigné à un compartiment R.

— Enfin, l'individu quoi qu'infectieux est isolé de la population par politique de quarantaine, correspond à un compartiment Q.

Séparer les individus morts des individus en quarantaine permet également de prendre en compte que ces derniers peuvent éventuellement guérir et revenir au compartiment S. Parmi les autres compartiments possibles,M représente les individus disposant d'une immunité à la naissance (par voie maternelle), et C représente les individus porteurs de la maladie (carriers) mais qui n'en expriment pas les symptômes.

2.4 Modèles compartimentaux stochastiques

Au début d'une épidémie, la plupart des membres de la population sont sensibles, c'est-à-dire non (encore) infectés, et le nombre d'agents infectieux (membres de la population infectés et susceptibles de transmettre l'infection) est faible. La transmission de l'infection dépend fortement de la structure des contacts entre les membres de la population : une description doit impliquer cette configuration. Étant donné que le nombre d'agents infectieux est faible, une description impliquant une hypothèse d'action devrait être remplacée par un modèle intégrant des effets stochastiques.

Une des approches [Brauer F., 2008] consisterait à envisager un modèle stochastique pour l'apparition d'un foyer de maladie transmissible tant que le nombre d'infectants reste faible, en distinguant un foyer (mineur) limité à ce stade initial

d'une épidémie (majeure) qui se produit si le nombre de sujets infectieux commence à croître à un rythme exponentiel. Une fois qu'une épidémie a commencé un modèle compartimental déterministe peut être utilisé.

L'une des différences [Allen L. J. S., 2008] les plus importantes entre les modèles d'épidémie déterministes et stochastiques réside dans leur dynamique asymptotique. Les solutions finalement stochastiques (chemins d'échantillonnage) convergent vers un état sans maladie, même si la solution déterministe correspondante converge vers un équilibre endémique. Parmi les autres propriétés propres aux modèles d'épidémie stochastiques, citons la probabilité d'épidémie, la distribution de probabilité quasi stationnaire, la distribution de taille finale d'une épidémie et la durée prévue d'une épidémie.

[Funk S. et al., 2018] ont utilisé un modèle semi-mécaniste stochastique de la transmission du virus Ebola pour ajuster les trajectoires simulées du défi de la prévision du virus Ebola et pour produire des prévisions à comparer avec les données réelles. Ils ont conclu que :

1. Le modèle était suffisamment flexible pour prendre en compte les modifications du taux de transmission non prévu lors de l'observation du processus ;

2. Le modèle est utile dans une situation d'épidémie où une combinaison de changements de comportement, de changements biologiques potentiels tels que l'évolution virale et les interventions de diverses organisations nationales et internationales rendent pratiquement impossible l'identification des facteurs clés de la dynamique d'épidémie nécessaire pour informer un patient ;

3. Les trajectoires simulées présentées dans le défi de prévision Ebola ressemblaient aux trajectoires réelles de l'épidémie d'Ebola en Afrique de l'Ouest ;

4. Le modèle permettait un large éventail de scénarios possibles, y compris des épidémies étendues où il n'y avait aucune preuve claire d'un déclin durable ;

5. En raison de son squelette mécanique relativement simple, le modèle convient mieux aux prévisions d'incidence à court terme que les prévisions à long terme.

2.5 Les modèles mathématiques d'épidémie complexes

2.5.1 Les modèles à base d'agent / individus-centrés

Un Système multi-agents (SMA) est un ensemble d'agents situés dans un environnement commun, qui interagissent et tentent d'atteindre un ensemble d'objectifs. Grâce à ces interactions, un comportement global, plus intelligent que la somme de l'intelligence locale des composants du système multi-agents, peut émerger.

Par «*agent*», nous entendons une entité logicielle évoluant dans un environnement qu'elle peut percevoir et dans lequel elle réagit. Il existe deux types principaux d'agents : réactifs et cognitifs. Les agents réactifs ne réagissent qu'aux stimuli de l'environnement. Quant aux agents cognitifs, ils ont une intelligence plus développée : ils gèrent les connaissances et prennent des décisions en fonction de leurs états internes et de leur perception de l'environnement. Ils sont dotés de comportements autonomes et de certains objectifs. L'autonomie est le concept principal de la question des agents : c'est la capacité des agents de contrôler leurs actions et leurs états internes. L'autonomie des agents n'implique aucun contrôle centralisé [Weiss G., 1999]. Lorsqu'un SMA intègre dynamiquement des agents à la volée lors de l'exécution, le système est qualifié ouvert sinon fermé. L'un des avantages du SMA est de modéliser des systèmes pour lesquels une description globale n'est pas possible à un moment donné.

La simulation basée sur l'approche SMA a de nombreuses applications dans le secteur de la santé. Les approches SMA conviennent aux applications où un contrôle complet est difficile, le nombre d'entités élevé ou que la complexité du comportement des entités ne permet pas de représenter l'ensemble du système. C'est le cas lors la surveillance des épidémies parce que plusieurs acteurs interviennent. De manière générale, le modèle de chaque agent entrant en action dans le système est conçu au niveau microscopique (individuel). L'environnement, les interactions des agents et les organisations sociales sont définis au niveau macroscopique (l'ensemble du système).

Dans le domaine de la santé, on distingue quatre types de simulation : clinique, opérationnelle, managériale et éducative. Les simulations managériales et opérationnelles sont étroitement liées. Les deux autres sont les composants essentiels de la gestion des processus de soins de santé. Au cours des deux dernières décennies, des modèles de simulation de soins de santé ont été mis au point.

La coopération dans la technologie des agents peut fournir de meilleurs soins de santé que le système médical traditionnel [Jemal H. et al., 2015]. Un SMA a été utilisé pour surveiller un centre de contact médical générique pour les maladies chroniques, détecter les cas importants et informer le personnel de santé et le personnel administratif par le biais de messages d'alerte, de recommandations et de rapports les incitant à agir [Koutkias V. G., Chouvarda I. et Maglaveras N., 2005]. Les applications SMA développées dans le secteur de la santé peuvent constituer un moyen raisonnable d'atténuer les coûts en raison d'une demande accrue de services [Shakshuki E. et Reid M., 2015].

2.5.2 Les modèles de réseau

La dernière décennie a été marquée par un développement remarquable des modèles réseau d'épidémies complexes [Duan W. et al., 2015]. Les systèmes d'épidémies sont décrits comme des réseaux complexes où les nœuds représentent les individus et les liens les interactions entre les individus. En général, les modèles d'épidémie en réseau complexe sont classés en deux catégories : propagation dynamique et simulations numériques d'épidémies dans des réseaux.

Les modèles de propagation dynamique utilisent la théorie des champs pour analyser les réseaux complexes, puis construire des équations différentielles pour représenter la propagation des épidémies.

Comme dans les modèles à compartiments, les individus sont divisés en différents groupes en fonction de leur état de santé en modèles réseaux complexes de propagation dynamique. L'infectivité des nœuds infectieux est décrite en fonction de la moyenne du degré des nœuds des réseaux homogènes. En raison de l'hétérogénéité des degrés, les nœuds sont à nouveau divisés en plusieurs sous-groupes en fonction du degré de leurs réseaux hétérogènes.

Les simulations numériques d'épidémies dans des réseaux complexes utilisent des modèles d'individus pour représenter les modèles de contact entre individus et la probabilité d'infection sur les liens. La plupart des modèles d'épidémie en réseaux complexes sont axés sur l'impact des topologies de réseau sur la propagation de l'épidémie, tels que les réseaux du petit monde et les réseaux sans échelle. Récemment, de nombreux chercheurs ont porté leur attention sur les épidémies réparties dans des réseaux pondérés et des réseaux adaptatifs.

2.5.3 Modèles à base des structures de contact

Les épidémies sont des phénomènes émergents dépendant des caractéristiques épidémiologiques des agents pathogènes et de l'interaction et du mouvement des personnes. Les systèmes de transport en commun ont fourni de nombreuses informations importantes sur la circulation des personnes, mais il existe également d'autres moyens de transport (par exemple, le vélo et la voiture privée), qui ne sont pas intégrés dans les données de transport en commun. Les mouvements de population et la connectivité exacerbent la transmission épidémique, en décidant du sort de la propagation de l'épidémie et de l'efficacité des mesures de contrôle en santé publique.

En épidémiologie informatique, les données sur le transport en commun sont un indicateur commun des flux de population dans les villes. Dans leur article, [Du Z. et al., 2018] nous présentent le résultat de l'analyse des matrices de contact décrivant le flux de personnes entre les sites de la ville de Changchun en Chine illustré par la figure 2.4. Ils ont comparé les données sur le transport avec des données sans doute plus réalistes sur les mouvements de population obtenues à partir d'emplacements de téléphone mobile. En simulant des épidémies dans plusieurs scénarios (réalistes et hypothétiques), ils ont constaté des écarts en fonction du type de données de mouvements de population qu'ils ont saisies. Dans

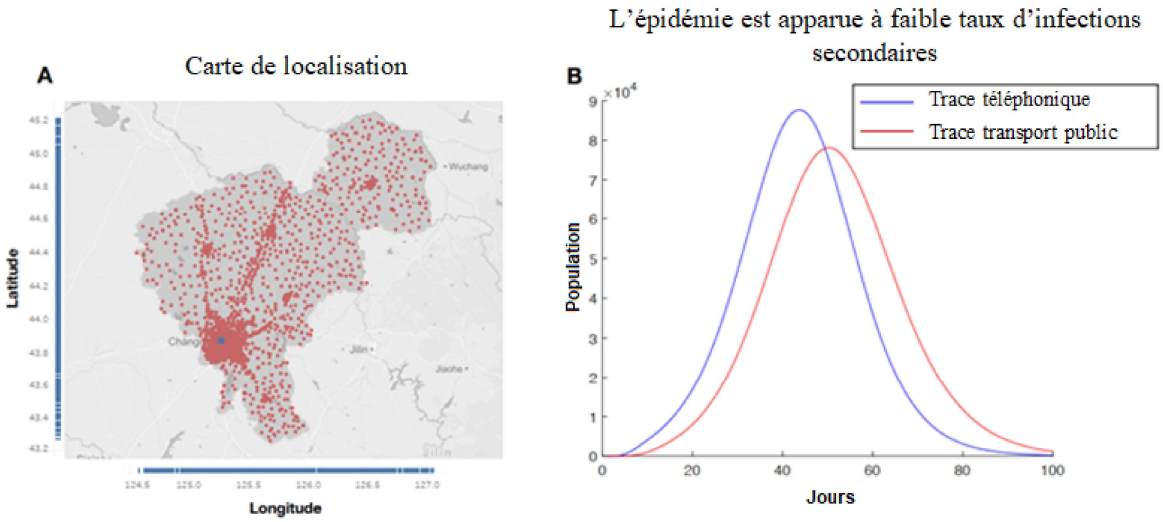


Figure 2.4 – Carte de 3 789 emplacements dans un modèle de métapopulation et l'exemple de courbes épidémiques typiques avec les paramètres de la pandémie de grippe H1N1 de Hong Kong en 2009 (R0 faible = 1 : 5) [Du Z. et al., 2018].

le panneau A, l'axe horizontal (vertical) indique les longitudes (latitudes) des lieux. On a initialisé l'épidémie en infectant l'emplacement le plus peuplé (étoile bleue). Le schéma de déplacement est caractérisé par la distance moyenne parcourue en transport en commun (30 à 40 km) et par la distribution gamma. Dans le panneau B, on montre un exemple de courbe de prévalence. Les simulations basées sur les mouvements de population depuis les téléphones mobiles culminent vers le 40ème jour, tandis que celles du transport en commun au 50ème jour.

2.5.4 Modèles de métapopulation

Les modèles de métapopulation ont été introduits d'abord dans l'écologie [Hanski I. et Hanski P. i. t. D. o. E. S. I., 1999 ; Levins R., 1969], pour des situations où une population peut être divisée en un certain nombre de sous-populations géographiquement séparées. Le terme s'utilise plus largement pour couvrir toute division d'une population en groupes qui influencent la dynamique des maladies infectieuses.

La forme de métapopulation la plus courante [Ball F. et al., 2015] consiste en un certain nombre de sous-populations, chaque sous-population étant supposée être assez large. La structure peut refléter la répartition spatiale des sous-populations dont le taux de contact peut varier en fonction de ladite répartition, bien que les modèles les plus simples aient seulement deux niveaux de mélange. D'un point de vue mathématique, le modèle est identique à celui couramment appelé modèle multi-type [Diekmann O., Heesterbeek H. et Britton T., 2012] et utilise aussi bien les approches déterministes que stochastiques. Cependant, en plus de ne pas souvent avoir la même interprétation spatiale, les modèles multi-types se concentrent souvent sur des foyers uniques de type SIR alors que ces modèles de métapopulation ont toujours été utilisés pour étudier des problèmes tels que l'extinction / persistance locale et globale et la taille critique de la communauté, et impliquent des modèles avec guérison (par exemple SIS, SIRS) ou modèles SIR avec démographie.

Lorsque les sous-populations sont petites, les problèmes mathématiques sont en général beaucoup plus difficiles et, sauf dans le cas de taux de guérison constants - dans lesquels une approche auto-cohérente du genre EDO (Equation différentielle ordinaire) peut être utilisée [House T. et Keeling M. J., 2008] - la grande majorité des problèmes techniques des développements ont été réalisés dans le cadre de la modélisation stochastique, en raison de la nature intrinsèque-

ment stochastique de la propagation parmi de petits ensembles d'individus. Il n'est pas surprenant que la plupart des progrès aient été réalisés avec des modèles ne comportant que deux niveaux de mélange et en particulier le cas des modèles des ménages [Becker N. G. et Dietz K., 1995], dans lesquels il existe un grand nombre de petits groupes ne se chevauchant pas. Parmi toutes les caractéristiques d'une société humaine réaliste pouvant influer sur la propagation de la maladie, le ménage est l'un des plus importants : la plupart des individus vivent dans un ménage ; les contacts avec les membres du ménage sont fréquents, longs et souvent plus étroits qu'avec d'autres ; les personnes malades restent souvent à la maison ; des données sont disponibles sur la structure du ménage, sa composition (en particulier la stratification par âge) et, dans de nombreux cas, l'intensité de la transmission de diverses infections ; les politiques de contrôle visent souvent les ménages ; et le respect des politiques de contrôle (par exemple, la vaccination) est souvent décidé au niveau du ménage.

2.6 Les stratégies de surveillance des épidémies

2.6.1 Introduction

Le concept de surveillance des maladies infectieuses ou non dans le domaine de la santé publique a évolué de manière rapide et significative ces dernières décennies suite à la résurgence de certaines pathologies et à la résistance des microbes aux traitements traditionnels autrefois efficaces. Cette évolution a rapproché les efforts tant du niveau administratif (acteurs politiques, partenaires, etc.) que du niveau opérationnel (médecins, épidémiologistes, cliniciens, etc.). Le paragraphe suivant vise à présenter un bilan des systèmes existants dans le domaine de la surveillance des épidémies en général et des travaux proches de notre problème en particulier. Le tableau 2.1 page suivante présente un bref aperçu de l'historique de la surveillance.

2.6.2 Les systèmes de surveillance d'épidémies

Des systèmes à l'échelle mondiale

Les mouvements de population, les changements de comportement, la production alimentaire et de nombreux autres facteurs liés à la mondialisation et au développement économique sont responsables de l'émergence continue de risques

Tableau 2.1 – Quelques étapes dans l'histoire de la surveillance [Astagneau P. et Ancelle T., 2011].

Année	Auteur	Découverte
-400	Hippocrate de Cos	Rôle de l'environnement sur la santé
1652	J. Graunt	Relevé systématique des décès et de leur cause à Londres
1756	J. Lind	Premier essai thérapeutiquecontrôlé (scorbut) et intervention préventive
1785	G. Baker	Etude descriptive systématique d'une épidémie (colique du cidre)
1829	F. Bretonneau	Lien entre spécificité des maladies contagieuses et nature de leur cause
1829	LR Villerné	Rôle des déterminants sociaux sur la santé
1835	P.C.A. Louis	Père de la méthode numérique et de la "médecine par la preuve"
1837	R. d' Amador	Critique de la méthode numérique au nom de la singularité biologique
1839	W. Farr	Prédiction et modélisation (choléra et élevation de l'habitat à Londres)
1840	J. Gavarnet	Critique technique de la méthode numérique : préconise l'usage des probabilités
1855	J. Snow	Epidémiologie topographique et analytique (choléra à Londres)
1855	F. Nightingale	Surveillance de taux de mortalité aux fins d'intervention et d'évaluation
1859	W. Budd	Démonstration de la nature contagieuse de la fièvre ttyphoïde
1861	L.P Semmelweis	Analyse (cause de la fièvre puerpérale), intervention (lavage des mains), évaluation
1907	W. Fletcher	Lien entre carence alimentaire et maladie chronique (béribéri)
1916	G.V. Black et FS Mac Kay	Lien entre carence en oligo-éléments (fluor) et carie dentaire
1916	J. Goldberger	Lien entre carence vitaminique et maladie chronique (pellargre)
1927	WH Frost	Genèse de l'étude épidémiologique des maladies chroniques
1963	A. Lanmuir	Concept moderne de la surveillance, Création des CDC à Atlanta

infectieux. Des maladies telles que le SRAS ou la grippe aviaire, sans parler de la dissémination volontaire d'agents biologiques, représentent de nouveaux défis pour l'alerte et la riposte aux épidémies en Europe et ailleurs [Paquet C. et al., 2006].

Les technologies modernes, principalement liées au développement d'Internet, modifient rapidement la façon dont nous accédons à l'information sur la santé. Les médias en ligne, les forums scientifiques et la communication électronique directe nous permettent maintenant de raccourcir les mécanismes de compte rendu traditionnels qui traversent les différents niveaux de l'administration de la santé publique.

Afin de surmonter les limites des mécanismes traditionnels de notification des maladies, tels que la notification obligatoire des maladies, pour la détection de menaces auparavant inconnues, de nouvelles approches ont été développées, notamment la surveillance des syndromes, les taux de mortalité, les admissions dans les services de santé ou la prescription de médicaments. Ces nouvelles approches représentent une tentative d'améliorer les performances du système de surveillance traditionnel.

En mai 2006, les États membres de l'Union européenne se sont engagés à respecter les dispositions du Règlement sanitaire international révisé (2005) jugées

pertinentes en ce qui concerne le risque posé par la grippe pandémique humaine et aviaire. Cela donne au *Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (CEPCM)* l'occasion de guider les États membres dans le développement et / ou le renforcement de leur Intelligence Epidémique (IE) nationale, en plus de la tâche du CEPCM de développer un système pour l'Union Européenne. La vue schématique de cette surveillance est représentée dans la figure 2.5.

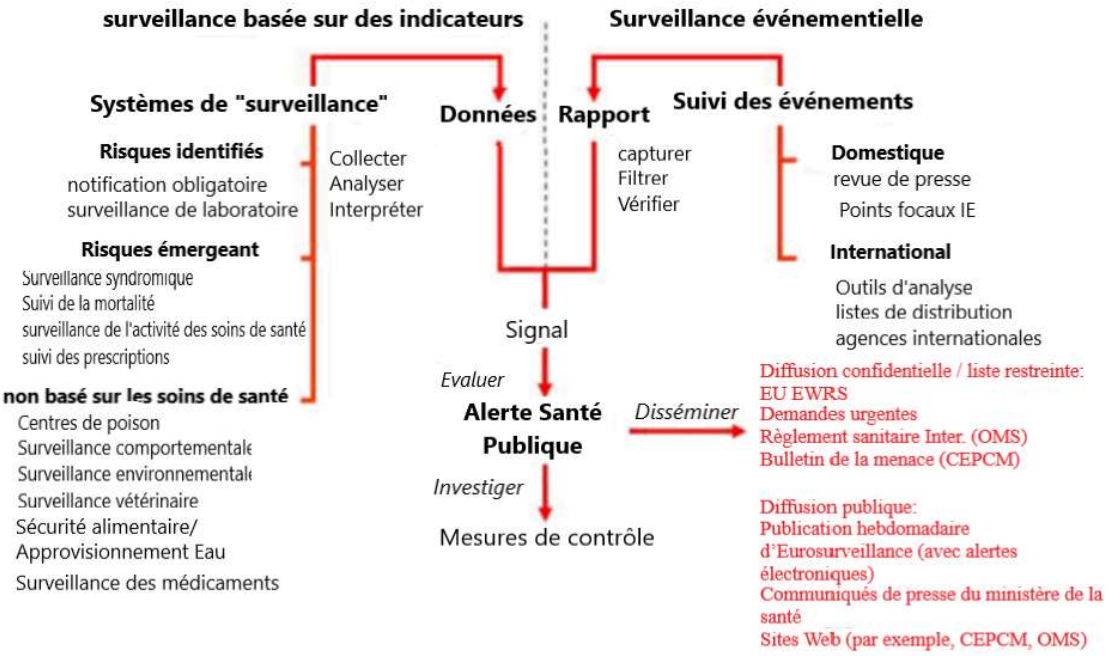


FIGURE 2.5 – Vue schématique de la surveillance basée sur les indicateurs et les événements - EuroSurveillance.

Aux USA, le système de surveillance électronique pour la notification rapide des épidémies dans la communauté, ou Electronic Surveillance System for the Early Notification of Community-Based Epidemics (ESSENCE II) LOMBARDO J. et al., 2003], utilise des informations sur la santé syndromique et non traditionnelle pour donner très tôt l'alerte de conditions de santé anormales dans la région de la capitale nationale. ESSENCE II (voir figure 2.6 page suivante) est le seul système connu à combiner des informations sur les soins de santé militaires et civils pour la surveillance quotidienne des épidémies. ESSENCE II intègre des indicateurs de comportement humain clinique et non clinique afin d'identifier l'anomalie aussi près que possible de l'apparition des symptômes. Les ensembles de données cliniques comprennent les syndromes des salles d'urgence, les codes de facturation des cabinets privés regroupés en syndromes et les syndromes vétérinaires. Les

données non cliniques incluent l'absentéisme, les appels d'urgence aux infirmières, les médicaments sur ordonnance et les médicaments en vente libre. Utiliser correctement les informations marquées par divers degrés d'incertitude est l'un des aspects les plus difficiles de ce programme. Les données (sans identificateur personnel) sont saisies au format électronique, cryptées, archivées et traitées dans des installations sécurisées. Des informations agrégées sont ensuite fournies aux utilisateurs sur des sites Web sécurisés. Une fois terminé, le système fournira une saisie, un archivage, un traitement et une notification automatisés des anomalies aux épidémiologistes et aux analystes. Les méthodes de détection des épidémies comprennent actuellement les variations temporelles et spatiales des rapports de côtes, la modélisation autorégressive, la sommation cumulative, le filtre adapté et les statistiques de balayage. L'intégration de données non uniformes est nécessaire pour augmenter la sensibilité et permettre ainsi une notification aussi précoce que possible.

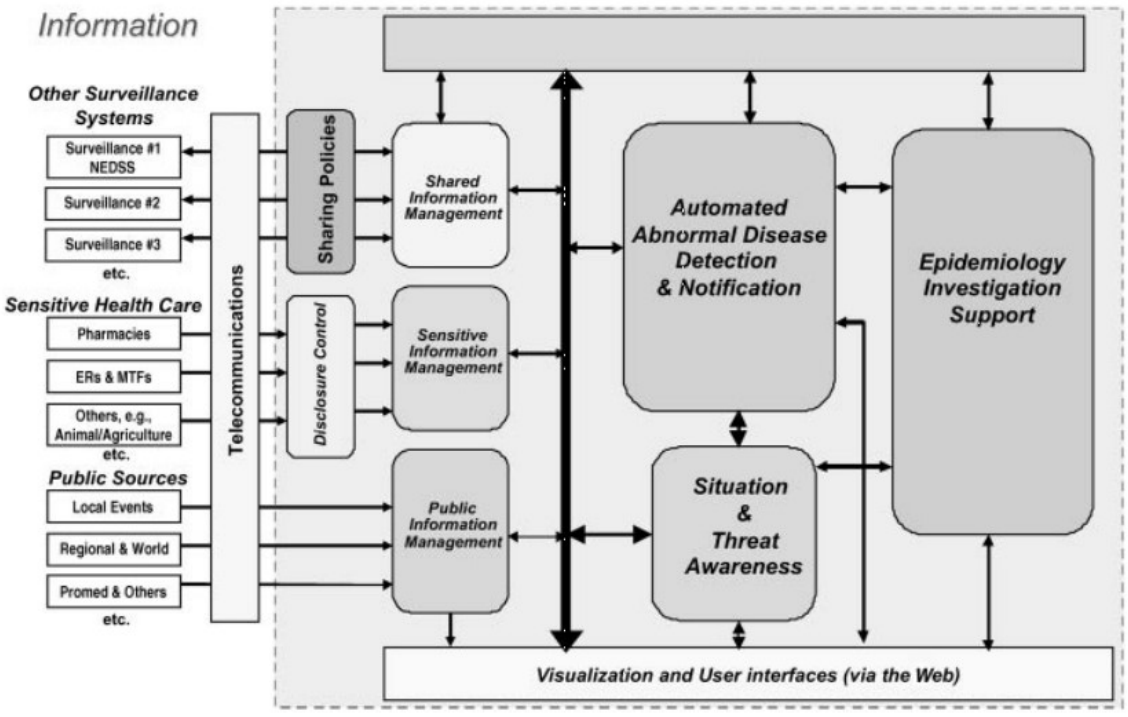


Figure 2.6 – Composants fonctionnels d'ESSENCE II.[Lombardo J. et al., 2003].

Au milieu des années 90, plusieurs pays de l'Organisation Mondiale de la Santé pour l'Afrique (OMS) ont connu une série d'épidémies dévastatrices ayant entraîné un nombre élevé de cas et de décès et un risque de transmission trans-

frontalière. Afin de permettre aux pays de détecter et de confirmer ces maladies largement évitables, le bureau régional de l'OMS a établi le cadre régional de Surveillance intégrée des maladies et de riposte (SIMR) visant à renforcer les capacités nationales de surveillance de la santé publique à tous les niveaux en Afrique. Le SIMR fournit les fonctions, activités et compétences nécessaires pour mettre en œuvre des systèmes de surveillance coordonnés pour chaque niveau de santé. Cela implique que les agents de santé identifient les cas de maladies infectieuses prioritaires et les signalent régulièrement au niveau supérieur du système de santé [Pascoe L. et al., 2012].

Sur les 46 pays de l'OMS, 43 appliquent les lignes directrices du SIMR afin d'améliorer leur capacité à détecter, confirmer et combattre les maladies transmissibles et non transmissibles hautement prioritaires [Kasolo F. et al., 2013]. Cependant, ce programme innovant est en grande partie basé sur du papier et ne fournit pas de données en temps voulu et au format électronique [Brinkel J. et al., 2014]. Même si le système SIMR est relativement complet, les défis de sa mise en œuvre révélés par des données qualitatives comprennent l'identification des cas, la compilation des rapports pour soumission en temps voulu et des ressources insuffisantes [Joseph Wu T.-S. et al., 2018]. De plus, comme la majorité des travailleurs de la santé ont une connaissance insuffisante de l'utilisation des formulaires SIMR, une évaluation régulière de leurs connaissances et de leur attitude à l'égard de la stratégie SIMR en tant que fonction de performance du système de surveillance est fortement recommandée [Jinadu K. A. et al., 2018].

La stratégie SIMR visait initialement à intégrer des directives et des exigences pour la collecte, l'analyse et la communication de données sur 19 maladies prioritaires au niveau du district (ou zone de santé), dans le but de réduire les inefficacités causées par de nombreux programmes parallèles de surveillance des maladies [Kasolo F. et al., 2013]. L'expérimentation de cette stratégie par 33 pays a fourni de nombreuses suggestions pour l'améliorer : une formation initiale et communautaire, un mentorat, une supervision régulière et une amélioration du financement au niveau du district [Nakiire L. et al., 2019], le renforcement des réseaux de laboratoires, fournir régulièrement des informations en retour et superviser les activités de surveillance et d'intervention, faire un suivi régulier des activités SIMR et étendre la stratégie aux niveaux sous-nationaux [Nsubuga P. et al., 2010].

Système à l'échelle nationale

La RDC a adopté la stratégie SIMR en 2001 et a produit ses propres directives en juillet 2012. Bien que le système de santé de la RDC soit divisé en 518 zones de santé, le constat que nous avons fait durant notre étude menée de 2016 à 2019 confirment que la plupart d'entre elles utilisent encore d'anciens processus. Pour comparer la pratique des acteurs de santé par rapport aux recommandations de la stratégie, nous avons collecté des informations principalement par le biais de questionnaires d'enquête et d'entretiens semi-structurés. Nous avons discuté avec dix-huit personnes (3 du niveau national, 6 du niveau intermédiaire et 9 au niveau périphérique). Aucun d'entre eux n'utilise exactement les directives SIMR. Certains ne disposent pas des mêmes formulaires pour signaler un cas suspect de maladie tandis que d'autres ne savent même pas qu'il existe des formulaires standards. L'amélioration de l'exhaustivité des données et l'amélioration des réponses en temps voulu sont leurs défis (annexe A).

2.6.3 Les systèmes de surveillance spatiale

La mobilité des agents infectieux rend possible la contamination sur une grande échelle. La surveillance spaciale des épidémies devient une nouvelle façon de prévenir cette propagation.

Les agents pathogènes utilisent de nombreux modes différents pour se transmettre d'un hôte infecté à un hôte non infecté. Certains modes impliquent un contact direct (par exemple, des agents pathogènes transmis lors de relations sexuelles), d'autres impliquent un contact presque direct (par exemple, des agents pathogènes excrétés par un hôte et inhalés ou consommés par un autre), alors que d'autres reposent sur un vecteur arthropode. Dans la plupart des cas, la probabilité de transmission diminue considérablement dès lors qu'on est très éloigné de l'hôte infecté. En conséquence, les facteurs affectant les positions spatiales des agents pathogènes, des hôtes et des vecteurs, ainsi que leur probabilité de se rapprocher revêtent une importance fondamentale pour la dynamique de la maladie. L'épidémiologie spatiale est devenue la principale discipline scientifique consacrée à la compréhension des causes et des conséquences de l'hétérogénéité spatiale des maladies infectieuses, en particulier des zoonoses (maladies transmises à l'homme par des réservoirs de vertébrés non humains).

L'épidémiologie spatiale est l'étude de la variation spatiale du risque ou de l'incidence de la maladie. Plusieurs processus écologiques peuvent donner lieu à

de forts schémas spatiaux de tels risques ou incidences : par exemple, la dispersion des agents pathogènes peut être très localisée, les vecteurs ou les réservoirs pour agents pathogènes peuvent être restreints dans l'espace ou les hôtes sensibles peuvent être groupés.

[Ostfeld R. S., Glass G. E. et Keesing F., 2005] décrit brièvement les approches d'épidémiologie spatiale implicites dans l'espace, telles que les modèles de métapopulation de la transmission des maladies, la création de cartes de risques pour des zones géographiques particulières, la structure du paysage sur les processus épidémiologiques.

Les SIG permettent de stocker, gérer, afficher et analyser des données spatiales. Ils se révèlent indispensables dans de nombreux domaines comme la planification urbaine, l'analyse spatiale ou encore le suivi de l'évolution d'une thématique localisée telle la propagation des épidémies.

SIG comme outil de suivi et de gestion des épidémies

Les progrès des technologies de l'information géographique et de la cartographie ont créé de nouvelles opportunités aux administrateurs de la santé publique pour améliorer la planification, l'analyse, la surveillance et la gestion des systèmes de santé. Étant donné que la plupart des données utilisées et générées par les agences de santé et de services sociaux ont une dimension spatiale, le système d'information géographique est particulièrement utile aux professionnels de santé et aux administrateurs pour la planification et la gestion quotidienne.

Les SIG constituent un excellent moyen de visualiser et d'analyser des données épidémiologiques, en révélant les tendances, les dépendances et les interrelations. Ils peuvent acquérir, stocker, gérer et intégrer géographiquement de grandes quantités d'informations provenant de différentes sources, programmes et secteurs. Les SIG servent de plate-forme commune pour la convergence des activités de surveillance multi-maladies [World G., 2009].

Les ressources en santé publique, les maladies spécifiques ainsi que d'autres événements sanitaires peuvent être cartographiés par rapport à leur environnement et aux infrastructures sanitaires et sociales existantes. Lorsqu'elles sont cartographiées, ces informations constituent un puissant outil de surveillance et de gestion des épidémies. Les SIG permettent de générer des cartes thématiques illustrant l'intensité d'une maladie ou d'un vecteur [Thorpe L. et al., 2011]. Ils peuvent créer des zones tampons autour des caractéristiques sélectionnées, puis

combiner ces informations avec des données d'incidence de maladie pour déterminer le nombre de cas inclus dans la zone tampon. Ils peuvent également cartographier la zone d'impact du site de reproduction de vecteurs, où l'activité de contrôle doit être renforcée [Palaniyandi M., 2014]. Les SIG peuvent identifier les zones de recrutement des centres de santé et également localiser un site approprié pour un nouveau centre de santé [Kohli S. et al., 1995].

2.6.4 Autres stratégies de lutte contre les épidémies

Surveillance active ou passive

Languir [Langmuir A., 1963] définit la surveillance comme *"une surveillance constante de la répartition et des tendances de l'incidence d'une maladie grâce à la collecte, à la consolidation et à l'évaluation systématiques des rapports sur la morbidité et la mortalité et d'autres données pertinentes"*.

Une surveillance passive (ou événementielle) correspond au cas où la structure en charge du recueil des données se contente de colliger les cas notifiés par les professionnels sans meetre en place des mesures pour s'assurer que tous les cas sont effectivement signalés.

Les services de santé et les administrations locales sont responsables de la collecte des données sur les maladies considérées comme devant être déclarées par la loi et les règlements du pays. La plupart des services de santé locaux, municipaux et nationaux exigent que les médecins et autres prestataires de soins de santé, ainsi que les responsables des villes, des écoles, des hôpitaux et des laboratoires déclarent leurs maladies.

Ces systèmes de surveillance passive ont l'avantage d'être simples et faciles à utiliser et à mettre en oeuvre. Toutefois, ils sont limités par la variabilité et le caractère incomplet des rapports. Les médecins ne signalent pas souvent les cas dû parfois au manque de temps même pour rapporter les maladies à déclaration obligatoire ou peuvent considérer la transmission de rapport de consultation comme étant une violation de la confidentialité. La rapidité des rapports est souvent affectée par le retard dans la réception des résultats des tests de laboratoire. Les systèmes de notification passive peuvent ne pas être représentatifs pour faciliter l'identification des épidémies. Pour éviter ces problèmes, les responsables de la santé publique ont expérimenté des techniques innovantes de surveillance active (ou planifiée) en sollicitant régulièrement des rapports de maladie. Ces systèmes plus actifs sont souvent utilisés pour des événèments d'une importance

particulière. Ces systèmes impliquent des contacts réguliers avec les rapporteurs potentiels pour simuler le signalement de maladies ou d'évènements spécifiques.

Les systèmes de surveillance peuvent également être décrits selon d'autres critères comme la périodicité (continue ou discontinue), le type de données utilisé (événements seuls [numérateur] versus taux/proportion rapporté à un nombre d'exposés) ou la population cible exhaustive ou sur échantillon (voir tableau 2.2 [2]).

Tableau 2.2 – Comparaison des types de surveillance à partir d'exemples de systèmes en France[Astagneau P. et Ancelle T., 2011].

SYSTEME	OBJECTIF PRINCIPAL	TYPE	PERIODICITE	POPULATION CIBLE
Déclaration obligatoire	Alerte/évaluation	Passif	Continue	Exhaustive
Réseau Sentinelles	Alerte	Actif	Continue	Représentative
Centres nationaux de référence	Alerte/évaluation	Passif	Continue	Exhaustive ou représentative
RAISIN	Evaluation	Actif	Périodique (3 mois/an)	Représentative
Registres de pathologies	Evaluation	Actif	Continue	Exhaustive

Surveillance en réseau

La surveillance en réseau est utilisée devant la nécessité d'établir une simultanéité des données à collecter, soit pour couvrir rapidement une zone géographique assez étendue (en France, c'est le cas du réseau sentinelles), soit pour établir une comparabilité entre les différentes entités, comme entre les formations sanitaires. Cette surveillance en réseau implique un centre de coordination chargé d'établir un protocole standard commun et de gérer les données collectées par les membres participants. Ce centre doit analyser lesdites données et en partager les résultats à l'ensemble des acteurs du réseau. L'intérêt de ce partage d'information au sein d'un réseau est double : premièrement, de faire bénéficier à chaque membre du réseau d'un outil standardisé « clef en main » et validé, et deuxièmement, de permettre à chaque membre de comparer ses performances par rapport aux autres sur la base des indicateurs produits par un système de surveillance commun. Le défi consiste à développer des indicateurs permettant une comparaison fiable.

2.6.5 Outils de Surveillance

Solutions basées sur les dispositifs mobiles

Les technologies de l'information et de la communication sont une solution puissante pour les soins de santé dans les pays en développement [Greenberg A.,

2. Réseau d'alerte, d'investigation et de surveillance des infections nosocomiales

2005]. Elles ont rendu possible l'amélioration du suivi à distance des patients [Wouters B. et al., 2009], en contrôlant la progression du paludisme [Zurovac D., O. Talisuna A. et W Snow R., 2018], en améliorant l'utilisation des informations provenant des systèmes de santé [Mutale W. et al., 2013]. L'utilisation du téléphone mobile apparaît comme un moyen de transférer rapidement des données médicales sans risque de perte de l'information (non recopie de la donnée).

La couverture de téléphonie mobile en Afrique est passée de 10% en 1999, de 65% en 2008 à plus de 70% en 2010 [Aker J. C. et Mbiti I. M., 2010]. Cette technologie est utilisée pour couvrir la fracture numérique. Pour améliorer l'observance thérapeutique et la suppression de la charge plasmatique d'ARN du VIH-1 au Kenya, une communication par téléphone portable entre les agents de santé et les patients débutant un traitement antirétroviral a été mise en place [Lester R. T. et al., 2010]. Des rappels par SMS envoyés aux téléphones portables des agents de santé ont été améliorés et maintenus dans le respect des directives de traitement pour le paludisme pédiatrique ambulatoire [Zurovac D., Sudoi R. K. et al., 2011].

Les traces téléphoniques sont des outils puissants pour estimer la migration de la population tout en enquêtant sur une épidémie. Ces techniques ont été utilisées pour démontrer la faisabilité d'estimations rapides et pour identifier les zones potentiellement à risque d'épidémies en Haïti [Bengtsson L. et al., 2011]. Des rapports sur les mouvements de cartes SIM depuis une zone d'épidémie de choléra dès son apparition et dans les 12 heures suivant la réception des données ont été produits. Les résultats suggèrent que les estimations des mouvements de population lors de catastrophes et d'épidémies peuvent être livrées rapidement et avec une validité potentiellement élevée dans les zones où le nombre de téléphones portables est élevé.

Un essai de messagerie texte sur téléphone portable pour la gestion du diabète sur une période de huit mois a été mis en place afin de transmettre des données telles que la glycémie et le poids corporel à un serveur qui répond automatiquement avec un résultat mensuel calculé pour l'hémoglobine glycosylée. Les résultats de l'essai suggèrent que les SMS pourraient constituer un complément simple, rapide et efficace à la gestion du diabète [Ferrer-Roca O. et al., 2004].

Dans les pays développés, les SMS ont été largement utilisés pour rappeler aux patients les rendez-vous programmés [Hasvold P. E. et Wootton R., 2011]. De même, des applications de téléphonie mobile plus complexes ont montré une amélioration significative du suivi des patients atteints de paludisme en Thaïlande [Meankaew P. et al., 2010]. Les mêmes approches ont été testées en Afrique dans

le cadre du programme de rappel par SMS visant à améliorer le respect par les patients des calendriers de traitement antipaludique dans six pays d'Afrique subsaharienne [Zurovac D., Talisuna A. O. et Snow R. W., 2012].

Même si la messagerie texte est la fonction technologique la plus simple et la plus facile à utiliser pour communiquer des données périodiquesdes acteurs du périphérique du système de santé aux gestionnaires de contrôle, elle doit toutefois être expérimentée dans les interventions ciblant des patients pour lesquels la charge de travail de l'établissement est élevée ou l'analphabétisme peut présenter une barrière.

Le suivi des maladies demeure un défi majeur pour la santé publique dans les pays les plus défavorisés. La santé basée sur le mobile (mHealth) a un grand potentiel pour fournir des informations aux structures sanitaires des milieux ruraux. L'utilisation des dispositifs mobiles pour la remontée des données médicales pourrait être une opportunité.

Les problèmes signalés lors de la mise en œuvre d'études de surveillance de la santé basées sur le téléphone portable en Afrique subsaharienne comprenaient un large éventail de problèmes tels que les défis techniques, financiers et infrastructurels, la sécurité des données ainsi que les défis concernant le diagnostic médical et la disponibilité d'outils de diagnostic des maladies. Des systèmes de surveillance avec des données en temps réel et validées sont absolument nécessaires pour renforcer la capacité de surveillance des maladies en Afrique subsaharienne et le potentiel considérable des services de la santé basée sur le téléphone mobile pour soutenir les programmes mondiaux de santé publique.

Cependant, la surveillance par téléphone mobile peut potentiellement fournir des données validées en temps réel pour la confirmation d'une pathologie et permettre une réponse et/ou une enquête rapide. Peu de preuves sont disponibles sur les pratiques actuelles en Afrique subsaharienne. Notre examen de l'usage de cet outil a révélé que les projets de surveillance par téléphone mobile dans les pays d'Afrique subsaharienne sont à petite échelle, fragmentés et peu documentés. Par conséquent, la collecte de données sur les maladies via des applications de téléphonie mobile pourrait constituer un point d'inflexion important pour la surveillance de la santé au niveau des districts et au niveau national [Pascoe L. et al., 2012 ; Tomlinson M. et al., 2009].

Le SMS est en pleine croissance et est de plus en plus utilisé dans de nombreux pays comme la RDC. Il existe un certain nombre de raisons pratiques pour utiliser les SMS. C'est moins cher qu'un appel vocal et il peut atteindre les personnes dont

le téléphone est éteint. Le seul bémol est l'analphabétisme généralisé qui peut constituer un frein à l'utilisation dudit service [Feldmann V., 2003 ; Kaplan W. A., 2006].

Cependant, la messagerie SMS a été utilisée pour rappeler aux agents de santé et aux patients de maintenir leur adhésion aux directives de traitement [Zurovac D., Sudoi R. K. et al., 2011]. Un grand nombre de mères pouvaient être contactées directement ou indirectement, via un téléphone portable personnel ou familial, en utilisant à la fois des SMS textuels et vocaux dans [Diallo O. et al., 2012]. Il est essentiel de fournir plusieurs méthodes permettant aux utilisateurs d'accéder à un service de soins au-delà des seuls propriétaires de téléphones alphabètes [Crawford J. et al., 2014].

L'utilisation du mobile dans le domaine de la santé trouve sa place depuis que le secteur des soins de santé attire l'attention sur la quantité croissante de connaissances que les praticiens de la santé doivent gérer. Les organismes de santé se tournent de plus en plus vers des stratégies de gestion du savoir pour atteindre leurs objectifs [Kothari A. et al., 2011]. Le téléphone mobile est en train de devenir un outil utile et prometteur pour remédier à plusieurs contraintes du système de santé dans les pays en développement, tel qu'un manque du personnel de santé qualifié, des ressources financières très limitées, une charge de morbidité élevée, une forte croissance démographique et des difficultés d'extension des soins de santé aux populations difficilement accessibles [Beratarrechea A. et al., 2013].

Les messages vocaux courts (Short Voice Messaging (SVM)) sont envoyés sous forme de messages SMS ou de messages instantanés. L'utilisateur ou le principal émetteur enregistre simplement un court message vocal et l'envoie sur le réseau pour être lu sur le terminal d'un ou plusieurs destinataires [Vuori P., 2006]. Un traducteur du message texte dans une autre langue peut être inclus [Jaiswal P. et Pavlovski C. J., 2004]. Si l'utilisateur souhaite inclure le SMS vocal, son message est enregistré sur un serveur [Pandian C. M., 2012].

Solution basée sur le web

Quel qu'en soit le mode de collecte, à travers les fiches ou via le mobile, les données de santé s'analysent mieux à travers les outils tels que les cartes et les graphiques. Les outils mathématiques fournissent des aides très utiles pour l'analyse des tendances de la propagation des maladies. La littérature fournit des exemples d'utilisation de ces puissants outils dans des solutions basées sur le web pour une

anticipation rapide de la survenue d'une pathologie ou d'un événement inhabituel portant sur la santé publique des populations. Nous présentons quelques usages pertinents de la solution web dans le suivi de la propagation des maladies.

- **Real-time Outbreak and Disease Surveillance (RODS)** [Tsui F.-C. et al., 2003] décrit la conception et la mise en œuvre d'un système de surveillance en temps réel des épidémies et des maladies. Ce système de surveillance informatisé de la santé publique permettant la détection précoce d'épidémies. Les hôpitaux envoient des données RODS issues des rencontres cliniques sur des réseaux privés virtuels et des lignes louées à l'aide du protocole de messagerie Health Level 7 (HL7). A partir des données envoyées en temps réel, RODS classe automatiquement la plainte du responsable de l'inscription issue de la visite dans l'une des sept catégories de syndrome utilisant des classificateurs bayésiens. Il stocke les données dans une base de données relationnelle, agrège les données pour l'analyse à l'aide de techniques d'entreposage de données, applique les algorithmes de détection statistique (univariés et multivariés) et alerte les utilisateurs du moment où lesdits algorithmes identifient des modèles des syndromes anormaux. RODS possède également une interface utilisateur Web qui prend en charge les analyses temporelles et spatiales. RODS a été utilisé pendant les Jeux olympiques d'hiver de 2002 et a opéré dans deux états : la Pennsylvanie et l'Utah. Il a été et continue d'être une ressource pour la mise en œuvre, l'évaluation et l'application de nouvelles méthodes de surveillance de la santé publique.

- **Early Detection System (EDS)**. L'Institut Pasteur de Madagascar [Girond F. et al., 2017] a développé un système de rapportage basé sur la technologie mobile utilisant une application dédiée qui comprend la saisie de données dans la langue nationale, un rapport de retour avec une analyse automatisée via des graphiques et des cartes, ainsi qu'une solution d'apprentissage ludo-éducatif. Ce système automatisé de détection des épidémies de paludisme est un système de surveillance opérationnel basé sur le Web qui comprend à la fois un modèle EDS et un modèle de prévision. Des algorithmes de détection de seuil épidémique sont intégrés au site Web et appliqués au jeu de données sentinelle en temps réel. Les méthodes de détection sélectionnées peuvent être facilement modifiées selon plusieurs critères. Les résultats sont instantanément affichés à la fois sur des graphiques interactifs et des cartes. A l'aide de ce système, l'épidémie de paludisme sur la côte Est de Madagascar

était prédite avec une sensibilité de 83% et une spécificité de 78% jusqu'à 4 semaines à l'avance.

- **NEDDSS Base System (NBS)**. Le système de base du système national de surveillance électronique des maladies National Electronic Disease Surveillance System (NEDSS) [Ward J., Hildebrandt C. et Patel A., 2017] est un système intégré de surveillance des maladies déployé dans 22 administrations de santé publique afin de prendre en charge la réception, les enquêtes, les analyses et les rapports, ainsi que l'échange de données pour les maladies à déclaration obligatoire. Au début des années 2000, la notification électronique des résultats de laboratoire ELR (Electronic Laboratory Results reporting) a été mise en œuvre dans le but d'améliorer la rapidité et la complétude de la notification des maladies.

  Il existe de nombreux cas d'utilisation pour l'échange de données avec un système intégré de surveillance de la santé publique. Ces cas peuvent inclure l'échange électronique de cas et des rapports de laboratoires provenant des soins de santé, l'échange de données entre entités de santé publique, la migration de données à partir de systèmes existants et l'échange de données en cours avec d'autres systèmes de santé publique (registres de vaccination, par exemple). Le NBS a mis en œuvre une spécification d'interface appelée le conteneur de documents de santé publique en anglais Public Health Document Container (PHDC) basé sur l'architecture de document clinique. Il permet d'importer des informations sur le patient (cas et contacts), des enquêtes, des traitements, des entretiens et des analyses de laboratoire dans NBS.

  Le PHDC basé sur l'architecture de document clinique exige que les services de santé publique connaissent les normes et les ressources d'intégration de données pour transformer les messages entrants en interface de la PHDC. Cependant, la flexibilité fournie par cette approche garantit que le système est capable de répondre auxnouveaux changements de normes sans développement supplémentaire dans le système.

2.7 Les méthodes Organisationnelles

Dans le domaine tel que le Système Multi Agent, il existe de nombreuses méthodes pour aborder l'analyse et la conception des applications logicielles.

Les méthodes proviennent de divers domaines tels que la conception orientée objet, l'ingénierie des connaissances ou la reproduction de comportements ou de phénomènes naturels. Parmi les premières méthodes, nous pouvons citer AAII [Kinny D., Georgeff M. et Rao A., 1996] qui utilise une vue externe (services de rôles, organisation) et une vue interne (bases de conception d'agent sur le désir de croyance architecture Intention). Cassiopée [Kinny D., Georgeff M. et Rao A., 1996] est une approche ascendante basée sur le comportement naturel et DESIRE [Brazier F. M. T. et al., 1997] est basé sur l'ingénierie des connaissances. La méthode Voyelles [Demazeau Y., 2001] permet d'obtenir une modularité au niveau des modèles multi-agents en décomposant le problème en quatre facettes élémentaires. Une autre méthode, telle que Gaia [Wooldridge M., Jennings N. R. et Kinny D., 2000], étend les concepts utilisés en ingénierie classique des objets et fournit une vue microscopique et macroscopique du système logiciel. Il existe également des approches complètes pour développer des systèmes multi-agents de l'analyse au déploiement : SMAE [DeLoach S. A., 2001] ou Prometheus [Padgham L. et Winikoff M., 2002]. En outre, certains modèles permettent au concepteur de développer l'agent comme AGR [DeLoach S. A., 2001]basé sur Agent / Groupe / Rôle ou BDI [Rao A. S. et Georgeff M. P., 1995] basé sur la Croyance / Desir / Intention.

Le concept principal de toutes ces approches est que l'agent et la communication entre agents conduisent à l'objectif principal du logiciel.

Le SMA est également utilisé pour décrire une approche de l'analyse et du développement de systèmes de télémédecine [Mea V. D., 2001], pour gérer les communications dans des réseaux de capteurs sans fil [Jamont J.-P. et Occello M., 2007], le système d'aide à la décision épidémiologique [Weber A., 2007], les soins à domicile des personnes âgées [Mercier A. et al., 2013], la décision et la prise en charge de la surveillance et de la prévention des épidémies [Fatima Zohra Younsi, 2016], l'évaluation du système de réaction aux catastrophes [Bae J. W., Shin K., Lee H.-R. et al., 2017], les capteurs médicaux associés aux technologies de communication sans fil prenant en charge une large gamme de services, notamment la télémédecine mobile, la surveillance des patients, la gestion des urgences et le partage d'informations entre patients et les médecins ou parmi les travailleurs de la santé [Han B.-M. et al., 2006].

Le SMA peut être considéré comme une technologie appropriée pour la réalisation d'applications fournissant des services de santé et des services sociaux où l'utilisation de données et les collaborations à distance entre utilisateurs sont

souvent les exigences les plus importantes [Bergenti F., Poggi A. et Tomaiuolo M., 2013]. La coopération dans la technologie des agents peut fournir de meilleurs soins de santé que le système médical traditionnel [Jemal H. et al., 2015]. Les vrais programmes construits sur le paradigme des multi-agents continuent d'évoluer vers une maturité complète. La variété et la complexité du scénario de santé en ligne en font l'un des domaines d'application les plus intéressants, capable de vérifier les avantages de leur utilisation pour conditionner leur évolution [Bergenti F., Poggi A. et Tomaiuolo M., 2016].

Un Modèle à Base d'Agent (MBA) avec des détails géo spatiaux et médicaux a été utilisé pour évaluer l'efficacité des intervenants en cas de catastrophe afin de porter secours aux victimes d'un incident faisant de nombreuses victimes en Corée du Sud [Bae J. W., Shin K., Lee H.-R. et al., 2017].

Un MBA peut coopérer pour partager des tâches entre des capteurs observant un phénomène [Jamont J.-P. et Occello M., 2009], afin de gérer le traitement du diabète entre soignants et patients. L'évaluation de la convivialité d'un système d'information collaboratif pour l'évaluation de la démence, construite selon une approche de conception centrée sur l'utilisateur, a été expérimentée en Norvège [Smaradottir B. et al., 2016].

Le SMA a été utilisé pour surveiller un centre de contact médical générique pour les maladies chroniques, détecter les cas importants et informer le personnel administratif et de santé via des messages d'alerte, des recommandations et des rapports les incitant à agir [Koutkias V. G., Chouvarda I. et Maglaveras N., 2005]. Les applications SMA développées dans le secteur de la santé peuvent constituer un moyen raisonnable d'atténuer les coûts en raison d'une demande accrue de services [Shakshuki E. et Reid M., 2015].

2.8 Les méthodes organisationnelles ayant inspiré CHICKEN

Toutes les solutions présentées jusque-là ne sont que partielles par rapport à notre problématique car elles ne répondent qu'à une partie du problème : en effet, soit elles s'intéressent aux méthodes de traitement des données médicales, aux stratégies de suivi épidémique, aux outils de surveillance épidémique ou encore à la qualité des données. Face à la complexité que présente la gestion efficace du suivi des maladies épidémiques et pandémiques ainsi que le nombre

très important d'acteurs et des techniques du métier, la seule façon d'aborder globalement le problème est d'utiliser une approche systémique bien adaptée à des éco-systèmes complexes. Nous commençons par présenter quelques méthodes organisationnelles avant celle que nous proposons comme solution au problème.

L'Ingénierie des Méthodes (IM) est une discipline de la conceptualisation, de la construction et de l'adaptation de méthodes répondant aux exigences particulières d'une entreprise ou d'une situation de projet. La recherche en ingénierie des méthodes est structurée selon trois facettes complémentaires :

— La définition de méthodes d'ingénierie adaptées aux nouveaux types de systèmes d'information ou aux nouvelles technologies.

— La proposition de techniques pour construire de nouvelles méthodes ou pour rendre des méthodes adaptables.

— Les travaux permettant des avancées significatives en matière d'ingénierie des procédés et d'étude du cycle de vie des méthodes d'ingénierie, de leur évolution au cours d'un projet et de leur relation avec les méthodes de gestion de projet.

Cependant, il est clair qu'aucune méthode universelle ne peut être appliquée à toutes les situations. L'*Ingénierie de Méthode Situationnelle (*IMS*)* favorise la construction de méthodes spécifiques au contexte en réutilisant des parties de méthodes existantes conçues comme des composants autonomes et stockées dans des bases de méthodes. [Ralyté J. et Rolland C., 2001] décrivent le processus de l' IMS en deux étapes : (1) la reconfiguration des méthodes existantes en composants réutilisables qui seront stockés dans une base de méthodes, (2) la construction de méthodes situationnelles par la composition de composants adéquats , qui inclut la spécification de la situation du projet et de ses besoins, la recherche des composants qui correspondent le mieux aux spécificités du projet et la construction d'une nouvelle méthode avec les composants sélectionnés [Mirbel I. et Ralyté J., 2006].

Cependant, malgré la diversité des approches et des techniques proposées par l'IMS (par assemblage, basé sur la configuration, sur l'adaptation de processus ou sur le service), la plupart des approches ne proposent pas de processus d'organisation pour la gestion des composants. Fondé sur les principes de l'IMS, [Deneckère R. et al., 2014] proposent une *Ingénierie de familles de Méthodes (*IFM*)* . L'approche IFM réutilise les méthodes et / ou les composants de méthodes existantes pour fournir des familles de méthodes satisfaisant diverses organisations et / ou projets

de développement. La tâche de l'ingénieur des méthodes sera réduite à une simple sélection de ligne de méthode dans la famille de méthodes (processus appelé configuration de ligne de méthode), ce qui limitera également le risque d'erreurs et réduira le temps nécessaire à la production de méthodes spécifiques à un projet.

Nous soulignons que, malgré le processus organisationnel de gestion des composants, l'évaluation des réponses aux épidémies peut amener à la génération de nouvelles connaissances nécessitant la mise à jour des composants. Afin de déterminer les meilleures pratiques à intégrer, les acteurs de la santé peuvent collaborer. Au cours de projets d'innovation collaborative, les interactions entre les acteurs et l'échange de connaissances entre eux jouent un rôle crucial dans la promotion de l'innovation.[Movahedian F., 2017] propose une méthode participative pour identifier et cartographier les connaissances appliquées dans le cadre d'un projet d'innovation collaboratif, afin de déterminer, d'adapter et enfin de renouveler les routines et pratiques organisationnelles liées à la capacité d'absorption.

Notre travail de thèse s'inscrit dans ce cadre global de l'ingénierie des méthodes en utilisant des fragments de méthodes existantes afin de prendre en compte dans l'éco-système complexe de santé de la RDC, toutes les contraintes liées à la structure même du système de santé : le maintien du système hiérarchique de remontée des données, les obligations de l'OMS sur les outils et le contrôle épidémiques de certaines maladies, la prise en compte de la dimension géographique du pays, du niveau de connaissance et d'éducation de la population et le manque d'outils technologiques à certains niveaux de la pyramide sanitaire (réseau haut débit, matériel informatique de premier ordre, couverture téléphonique et internet, etc.). Parmi les méthodes les plus inspirantes pour notre méthode **Chicken**, les méthodes *AdInnov*, *Krom et Diamond* sont les plus inspirantes et l'utilisation de fragments de ces méthodes permet de répondre à notre triple problématique de proposer un cadre méthodologique de connaissance et d'identification des maladies épidémiques à suivre, de récupération des données de santé sur ces maladies et d'amélioration de la qualité intrinsèque des données et de leur transmission.

2.8.1 Méthode AdInnov

La méthode AdInnov ([Cortes-Cornax M., Rieu D., Verdier C., Front A. et al., 2015], [Cortes-Cornax M., Rieu D., Verdier C. et Forest F., 2016]) est une méthode organisationnelle d'amélioration continue qui vise à instiller en continu des innovations de services ou des innovations organisationnelles dans les éco-

systèmes sociaux complexes. Elle a été développée dans le cadre du projet ANR InnoServ qui visait à comprendre et soutenir les stratégies et services d'innovation autour d'une personne fragile à domicile. La méthode AdInnov a été construite de manière empirique par analyse des points de blocage dans les processus existants (et innovations proposées pour supprimer ces points de blocage). En effet, il a été presque impossible de modéliser des processus de prise en charge à domicile des personnes fragiles, tant ces processus sont multiformes, avec des dates de début et de fin totalement imprévisibles et de nombreuses ramifications. De fait, leur modélisation à l'aide des démarches de type BPM est presque impossible avec des problèmes de coûts de développement prohibitifs et une absence d'utilisabilité.

Cette méthode est découpée en trois phases qui correspondent au processus d'amélioration continue : la phase d'Analyse, la phase de Diagnostic et la phase d'Innovation. Les trois phases sont schématisées dans les figures 2.7 et 2.8 page suivante

Elle est également représentée de manière plus formelle par un modèle de processus (modèle MAP, actuelle figure 2.8) et un méta-modèle de produit (actuelle figure 2.9). Le modèle MAP permet de représenter le processus d'amélioration continue et la méta-modèle les classes impliquées dans la compréhension de l'éco-système.

Les phases de la méthode ADInnov

Les trois phases de la méthode sont instanciées dans la MAP et les modèles de produit. Nous présentons ici leur contour général, les moyens mis en œuvre et les résultats obtenus. La figure 2.7 présente les moyens mis en œuvre dans ces trois phases.

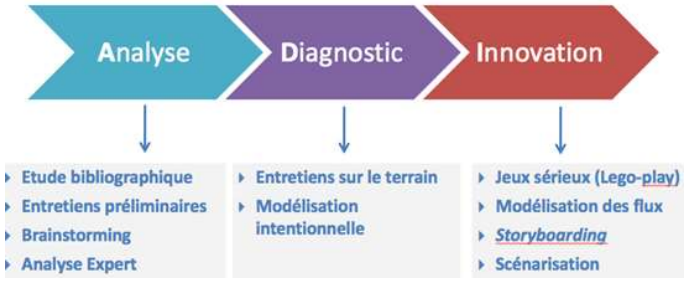


FIGURE 2.7 – les trois phases de la méthode AdInnov (moyens mis en œuvre)

- **Analyse** : Dans cette phase on analyse l'écosystème. Les moyens mis en œuvre relèvent à la fois de fragments de modèles ou d'outils issus de diffé-

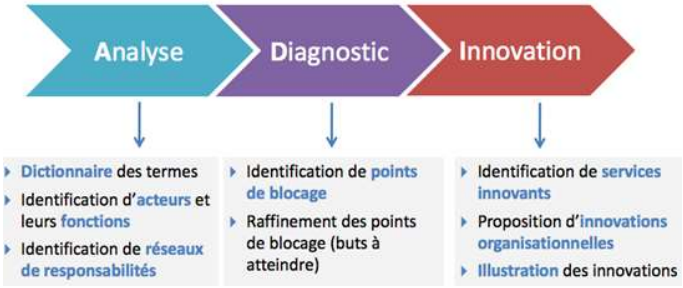


FIGURE 2.8 – les trois phases de la méthode AdInnov (résultats obtenus)

rents domaines scientifiques, qui combinés permettent d'avoir une vision complète de l'analyse du système complexe. Les résultats de cette phase (figure 2.8) sont : la caractérisation des éléments de l'éco-système (glossaire de termes), une liste des acteurs et leurs fonctions, une séparation des points de vue afin de gérer la complexité (réseaux de responsabilité et préoccupations) et les services fournis par l'écosystème.

- **Diagnostic ;** Cette phase utilise les résultats de la phase d'Analyse et permet d'élaborer un diagnostic des points de blocage par des entretiens sur le terrain et des diagrammes de buts (figure 2.7 page précédente). Les résultats permettent de confirmer ou d'infirmer les points de blocage dans les processus et définir des objectifs pour les atteindre (figure 2.8).
- **Innovation :** Suite à la phase de Diagnostic, la phase d'innovation permet de représenter l'introduction des innovations de services ou organisationnelles dans l'éco-système (figure 2.7 page précédente) et d'évaluer la situation obtenue. Les résultats attendus (figure 2.8)pour cette phase sont un ensemble de services qui permettent d'atteindre les objectifs définis lors de la phase précédente (chaque service répond à un objectif spécifique et propose un ensemble de modifications sur l'écosystème) et un ensemble d'innovations organisationnelles en termes des acteurs, des fonctions, des réseaux de responsabilité ou des préoccupations.

Modèle de processus de la méthode ADinnov

La figure 2.9 page suivante présente une vue générale de la méthode en utilisant le formalisme MAP [ROLLAND C., 2007]. Les modèles MAP sont des graphes orientés avec des nœuds représentant des intentions et des bords étiquetés capturant des intentions. La MAP permet d'atteindre le niveau d'abstraction souhaité et de supporter facilement la variabilité. L'approche traditionnelle As-Is / To-Be

[Lamsweerde A. v., 2001] est transformée en cycles itératifs As-Is / As-If. L'objectif est d'imaginer des scénarios d'innovation basés sur la question "Et si ?" qui pourrait être déployée à plus ou moins long terme (même très long terme si l'innovation nécessite des évolutions juridiques ou économiques).

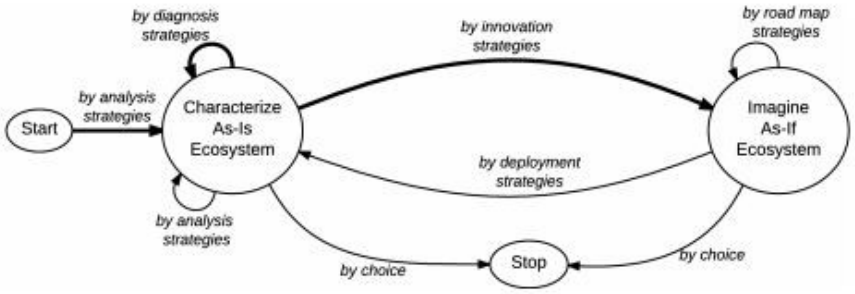


Figure 2.9 – Vue générale de la méthode ADInnov.[Cortes-Cornax M., Rieu D., Verdier C. et Forest F., 2016]

Méta-modèle de l'écosystème

Un acteur (A) est un type de personne physique ou morale qui opère dans le cadre de ses propres activités. Par exemple, "infirmière" ou "médecin" sont des types d'acteurs. Une fonction (F) correspond à une compétence ou responsabilité dans l'écosystème impliquée dans la réalisation d'un service. Pour gérer la complexité de l'écosystème (Ec), une approche de décomposition est nécessaire. Un réseau de responsabilité est une vue sur l'écosystème déterminée par la proximité (par exemple, nationale, régionale, individuelle, etc.) de la cible (par exemple, la personne fragile) et les acteurs impliqués. Une préoccupation (C) concerne une question transversale de l'écosystème qui détermine un point d'intérêt d'un service fourni (par exemple, financier, médical).

Un point de blocage (BP) correspond à une problématique concrète dans le contexte d'un réseau de responsabilité. Plusieurs points de blocage peuvent être identifiés dans un réseau de responsabilité. Les objectifs (G) sont des énoncés prescriptifs sur le système, capturant les états ou conditions. Les objectifs sont hiérarchisés et peuvent être affinés itérativement en sous-objectifs. Les objectifs ne définissent pas ici le niveau de processus intentionnel mais ont pour but de résoudre les points de blocage. Un service (S) est une prestation consistant en la fourniture d'une capacité technique et / ou intellectuelle ou la fourniture de travail utile à un bénéficiaire. Un service contient un ensemble de services concernés (CS)

qui traitent les différentes préoccupations du service.

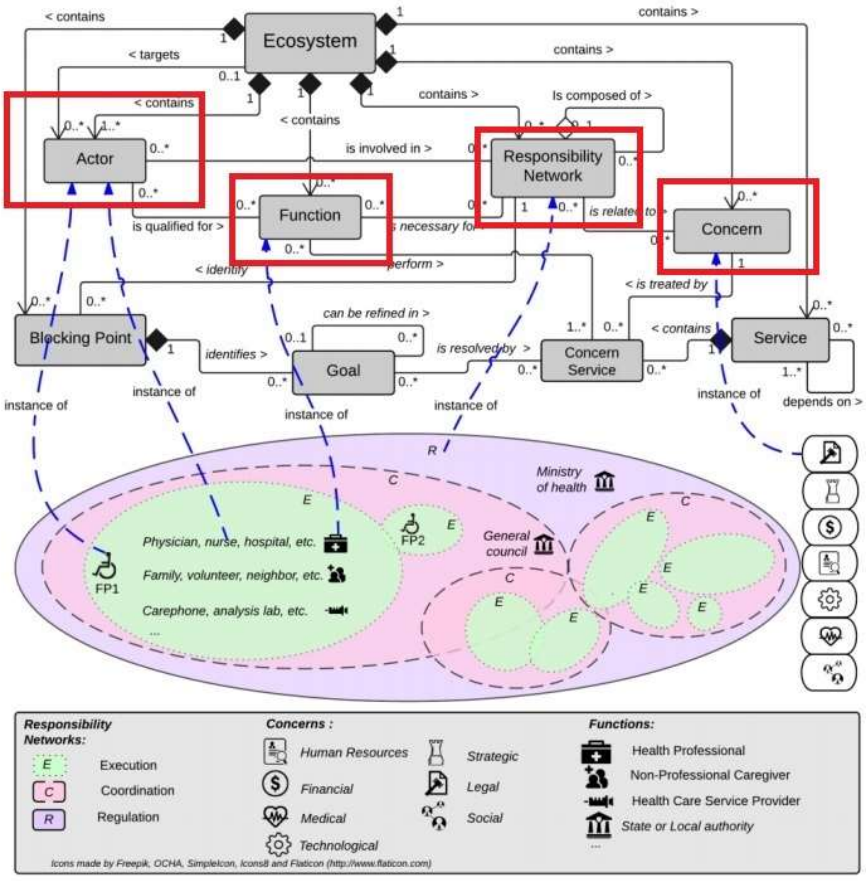


FIGURE 2.10 – Méta-modèle de l'écosystème et première instanciation.[CORTES-CORNAX M., RIEU D., VERDIER C. et FOREST F., 2016]

La Figure 2.10 représente le méta-modèle ainsi qu'un exemple d'instanciation de l'écosystème *InnoServ*. Les instances de la classe Acteur sont celles qui ont été définies dans le résultat de la phase d'Analyse (médecin, infirmier, famille, voisin, etc.) ainsi que les fonctions associées (professionnel de santé, aidants, etc.). Les préoccupations (*concern*) représentent les points de vue sur le système et les réseaux de responsabilité les couches structurelles de proximité avec la cible (dans le projet Innoserv : la personne fragile).

Les apports de la Méthode ADInnov pour la méthode Chicken

Plusieurs éléments et fragments de la méthode *AdInnov* sont conformes aux besoins de la méthode ***Chicken*** et réutilisés soit tels quels soit adaptés. Ils sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 2.3 – Les apports de la méthode Adinnov à la méthode CHICKEN

Méthode AdInnov	**Méthode Chicken**
Phase Analyse : identification des acteurs et le dictionnaire des concepts	Phase 1 : Décrire la pathologie à surveiller à résultat : identification de la maladie
Phase Diagnostic	Phase 2 : Surveiller les données de santé à résultat : collecte et analyse des données, gestion de l'investigation et des alertes
Phase Innovation	Pas de phase d'innovation dans Chicken mais une phase de Riposte contre la maladie.
Classes du Métamodèle :	Classes du Métamodèle fonctionnel
Acteurs	Acteurs (physique et institution)
Fonctions	Rôle (lié aux compétences)
Métamodèle :	*Classes du MM métier*
Réseaux de responsabilité	Formation sanitaire, Aire sanitaire, Equipe de réponse rapide, zone de santé, division provinciale de santé
Préoccupations	Médicale (données sanitaires), préventive (mesure préventives)

La méthode AdInnov se focalise sur l'amélioration continue et ne prend pas en compte la gestion des connaissances et des compétences qui constituent un aspect capital dans le fonctionnement du système de santé de la RDC pour assurer la délégation des compétences aux acteurs quel que soit leur niveau d'intervention. Le modèle ne gère pas le cycle de vie de la connaissance métier : de sa création à sa diffusion en passant par son partage, sa mise à jour et son évaluation. Un acteur joue un rôle (ou exécute une fonction). Il serait indiqué qu'on définisse des compétences que l'organisation attend de ce rôle. Cet aspect pris en compte dans ce modèle pourrait le rendre beaucoup plus enrichissant.

Pour prendre en compte ces aspects, nous utiliserons un fragment de la méthode DOCK de conception de systèmes multi-agents dédiés à la gestion des connaissances car elle est particulièrement bien adaptée à notre besoin. La méthode DOCK est brièvement présentée dans la section ci-dessous.

2.8.2 Méthode DOCK

Design based on Organization, Competences and Knowledge (DOCK) [Monticolo D., Gabriel A. et Chavez Barrios P., 2018] est une méthode de conception organisationnelle d'un système multiagents. Elle est basée sur l'approche descendante qui part de la description de l'organisation générale des agents à la spécification interne des agents. DOCK s'appuie sur " Knowledge Reuse Organisational Model (KROM) " [Girodon J. et al., 2012] dans la conception de l'architecture fonctionnelle puis organique d'un SMA pour constituer un système à base de connaissances.

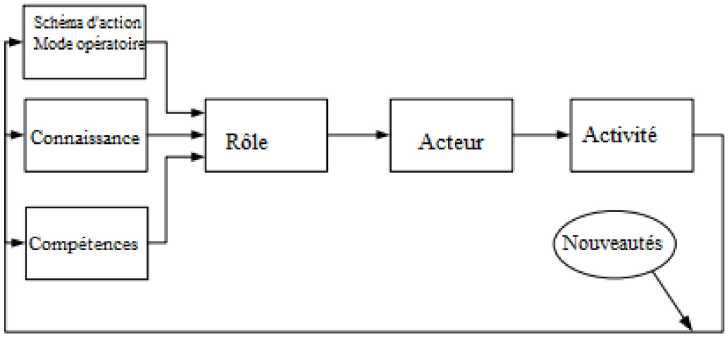


FIGURE 2.11 – La boucle dynamique de réutilisation des connaissances [GIRODON J. et al., 2012]

Gestion de la connaissance dans KROM KROM est considéré comme un modèle pour soutenir la réutilisation des connaissances et plus précisément pour les nouvelles connaissances qui sont un élément clé pour soutenir l'innovation dans une entreprise.

La figure 2.11 présente l'un des concepts les plus importants de ce méta-modèle à travers un schéma reliant Activité et Connaissance, Compétences et Schéma d'Action / Procédure Opérationnelle. Ces flèches nous permettent d'introduire une boucle de réutilisation des connaissances.

En fait, lorsque les agents exécutent des activités, leurs interactions génèrent de nouvelles connaissances ou de nouveaux schémas d'action / procédures opérationnelles et même de nouvelles compétences à maîtriser. La question principale sur ce point est de comprendre comment mettre en place un système pour favoriser la diffusion de ces nouveautés. En lien avec cela, le concept de livrable est important à noter car il permettra aux gens de faire le lien entre ces nouveautés et quelque chose de plus concret : un livrable sur lequel ils peuvent se référer et communiquer. Ce livrable peut être un produit, une technologie ou bien d'autres choses.

Le Rôle est la représentation abstraite d'une position fonctionnelle d'un acteur dans un groupe. Un agent doit jouer au moins un rôle dans un groupe, bien qu'il puisse en jouer plusieurs. Un rôle est défini ici par ses attributs suivants : schéma d'action / procédure opératoire, Connaissance, Compétences, Champs d'interaction et Responsabilités.

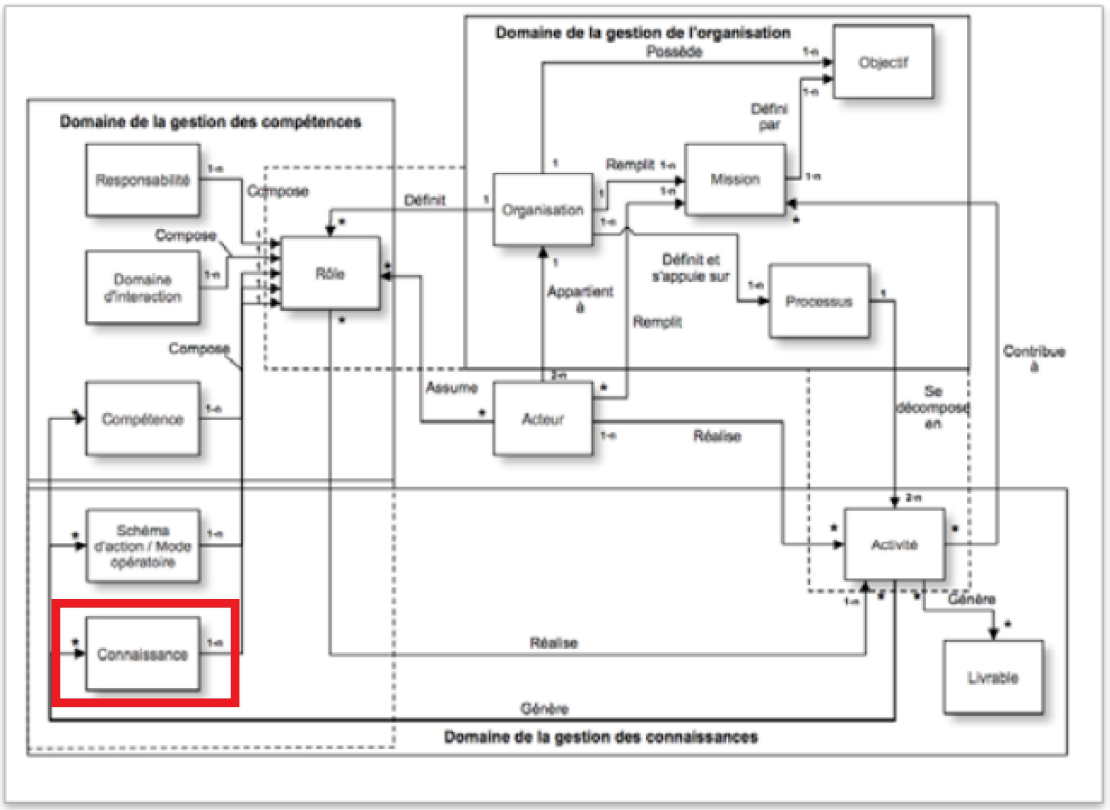


FIGURE 2.12 – Les concepts du méta modèle KROM [MONTICOLO D., GABRIEL A. et CHAVEZ BARRIOS P., 2018]

Vue d'ensemble de la méthode DOCK

Etant un métamodèle dédié à la modélisation des organisations sur la base des connaissances et des compétences, KROM s'appuie sur des éléments tels que l'activité et le processus ; mais il présente également des éléments plus spécifiquement orientés vers la définition de la notion de rôle et d'interactions, des connaissances et des compétences. Ce métamodèle définit treize concepts qui peuvent ensuite être décomposés et instanciés dans la modélisation organisationnelle d'une entité. Les treize concepts sont divisés en trois domaines principaux qui représentent trois points de vue principaux pour considérer une organisation : le point de vue "Organisation", le point de vue "Connaissance" et le point de vue "Compétence". La figure 2.12 représente le lien entre les treize concepts ainsi que leur répartition selon les différents points de vue.

L'approche de la méthode DOCK s'articule autour de deux phases réparties en deux étapes chacune présentées dans la figure 2.13 page suivante.

La première étape de l'approche vise à modéliser l'organisation humaine qui

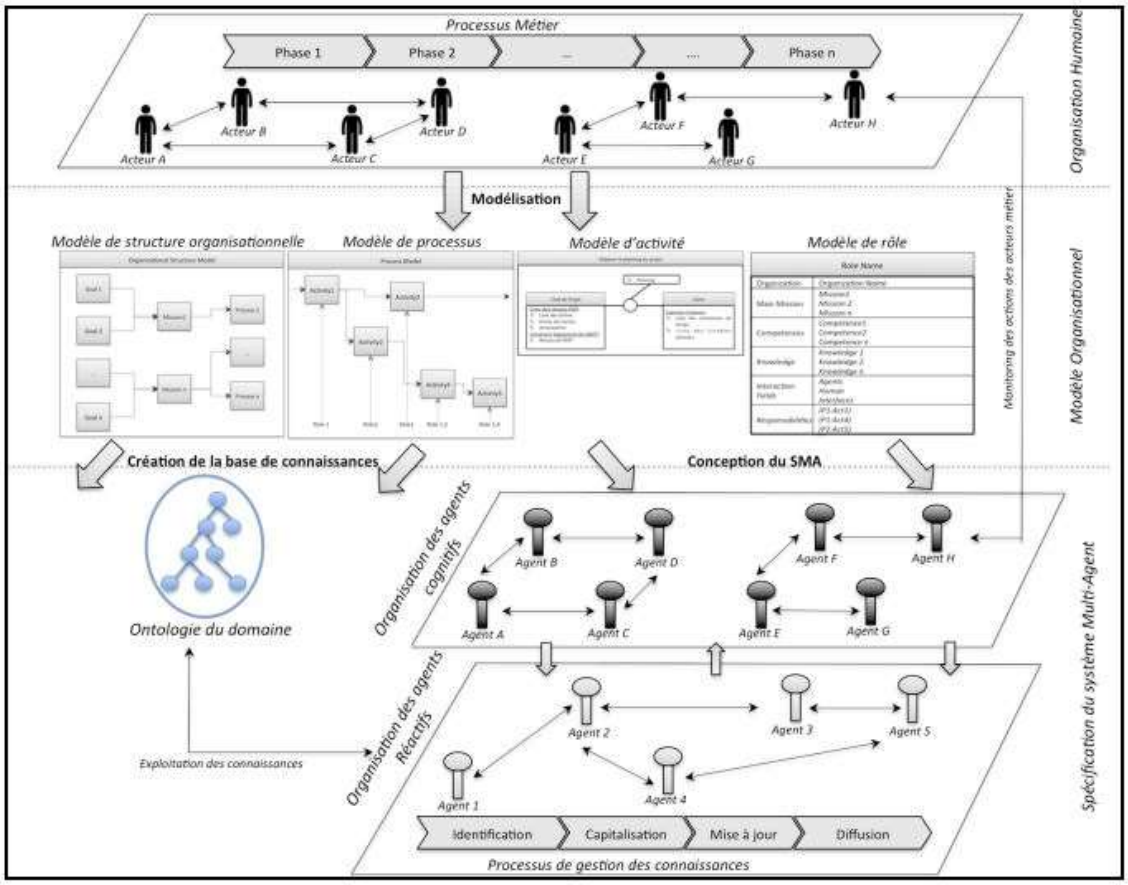


FIGURE 2.13 – Méthode de conception du système multi-agent [MONTICOLO D., GABRIEL A. et CHAVEZ BARRIOS P., 2018]

sera supportée par le futur système à base de connaissances. La seconde étape concerne la modélisation de l'organisation virtuelle à mettre en place pour supporter au mieux le cycle de vie des connaissances. Ces deux étapes constituent la phase de conception fonctionnelle de l'architecture du système.

La seconde phase est la conception organique du système. C'est dans cette phase où l'on décrit le système en termes d'agents et d'interactions. Elle se décline en deux étapes. La première est une étape de description du modèle agent qui décrit les agents qui le composent et leur organisation générale. La dernière étape décrit les interactions entre les agents, la base de connaissances (ontologie du domaine) et les acteurs humains sur l'ensemble des cas d'utilisation du système. Elle permet une description précise du système pour faciliter sa conception technique. Ces quatre étapes de conception du système sont très fortement liées au point d'impliquer de nombreuses itérations et raffinement des différents modèles.

Description des étapes de la méthode DOCK

- **Étape 1 : Modélisation de l'organisation humaine**. La méthode DOCK utilise la modélisation organisationnelle issue de KROM afin de décrire les éléments nécessaires et suffisants de la mise en œuvre d'un système de gestion des connaissances.
- **Étape 2 : La modélisation des organisations des agents**. La modélisation de l'organisation humaine de l'étape 1 permet de passer à celle des agents qui constitueront plus tard l'architecture du système de gestion des connaissances. Le paradigme agent est capital dans la réalisation du système de gestion des connaissances du fait de ses propriétés réactive, proactive et flexible. Dans le but d'exploiter efficacement ces propriétés, DOCK utilise l'hypothèse de conception suivante : la proactivité et la réactivité du système global deviennent efficaces par la dissociation de ces deux propriétés dans des organisations d'agents distinctes.
- **Étape 3 : Description du modèle agent (agentification)**. A la fin de la modélisation des trois organisations (acteurs humains, agents cognitifs et agents réactifs) conformément aux trois points de vue issus de KROM, la suite de l'approche DOCK vise à décrire en détail les agents qui endosseront les différents rôles identifiés par la modélisation, et ce, pour les deux organisations d'agents. L'approche définit deux types d'agents : *cognitifs et réactifs* .
  - L' identification des agents cognitifs s'inspirent des rôles humains car ils supervisent les actions des acteurs commerciaux. Le nombre d'agents et les rôles assumés sont liés au fonctionnement de l'organisation humaine. La spécification des agents cognitifs est construite à partir de modèles de structure organisationnelle, de processus, d'activité et de rôle.
  - La conception des agents réactifs ne dépend pas de la modélisation des organisations humaines. En fait, les agents réactifs visent à soutenir le processus métier pour lequel le système est conçu, c'est-à-dire le processus de gestion des connaissances.De ce fait, les rôles des agents sont déduits des fonctions que les agents doivent remplir et qui représentent les phases du processus de gestion des connaissances de l' identification à la réutilisation.
- **Étape 4 : Description des interactions entre agents**. Les agents interagissent directement en envoyant des messages entre eux ou avec les acteurs humains

ou indirectement en diffusant des informations dans l'environnement. Un protocole d'interaction utilisant une structure de message approprié est toujours utilisé.

— Les interactions indirectes sont utilisées par les agents cognitifs dans les deux cas suivants : 1) Lors du monitoring des actions des acteurs humains. Les interactions s'effectuent entre les agents cognitifs et l'environnement. 2)lorsque les agents cognitifs diffusent ou assistent les acteurs métier à réutiliser leurs connaissances.

— Les agents utilisent également des interactions directes entre agents cognitifs, entre agents réactifs et entre les agents des deux différents types.

2.8.3 Méthode DIAMOND

Etant donné que nous avons recouru aux simulations pour décrire le fonctionnement du système de rémontée des données sanitaires, nous détaillons brièvement la méthode DIAMOND que nous avons utilisée pour réaliser la simulation décrite au chapitre quatre.

La méthode DIAMOND (Decentralized Iterative Approach for Multiagent Open Networks Design) qui « permet de guider le concepteur d'un tel système complexe de son analyse à son implantation » **HDR Jean Paul Jamont** a été, à l'origine, validée et outillée pour l'instrumentation d'un réseau hydrographique souterrain en modélisant et simulant la gestion des communications dans un réseau de capteurs sans fil. Elle est basée sur une approche « bottom up », centrée individu pour effectuer une analyse de l'éco-système de manière décentralisée en commençant par définir les agents, les objets et l'environnement du système étudié. Elle a été utilisée dans le cadre du projet InnovServ pour représenter l'éco-système de services destinée à la personne fragile dans le cadre de cas traçant comme le retour à domicile. Nous reprenons ici, avec l'accord des auteurs, la présentation de la méthode DIAMOND adaptée au contexte des systèmes telle qu'elle est décrite dans **??**.

La méthode DIAMOND permet de réaliser une analyse fine d'un système complexe en se basant sur une décomposition A-E-I-O soit la modélisation de l'Agent, de l'Environnement, des Interactions et de l'Organisation de la société d'agents. Ces quatre éléments clés sont considérés sous un angle global (vue société) et sous un angle local (vue individu). On considère un aspect interne et un aspect externe. L'aspect interne est constitué de ce qui est propre à l'agent, c'est-à-

dire ce qu'il sait faire (une liste d'actions) et ce qu'il connaît (sa représentation des A-E-I-O). L'aspect externe concerne la définition des médias mettant en rapport l'agent avec le monde extérieur, c'est-à-dire ce qu'il peut percevoir et comment il le perçoit, ce qu'il peut communiquer (le type des interactions), comment il peut les exploiter. Mais cette décomposition occulte la notion de contrôle de l'agent, c'est-à-dire comment il va gérer son attention, sa décision, et enchaîner ses actions. Cet aspect, que l'on peut qualifier de mixte, se greffe sur les deux précédents. C'est par l'intégration des différentes composantes que l'on va donner une dynamique au SMA. DIAMOND propose une itération entre le niveau société et le niveau individuel considérant chacun de ces aspects (cfr. Figure 2.14).

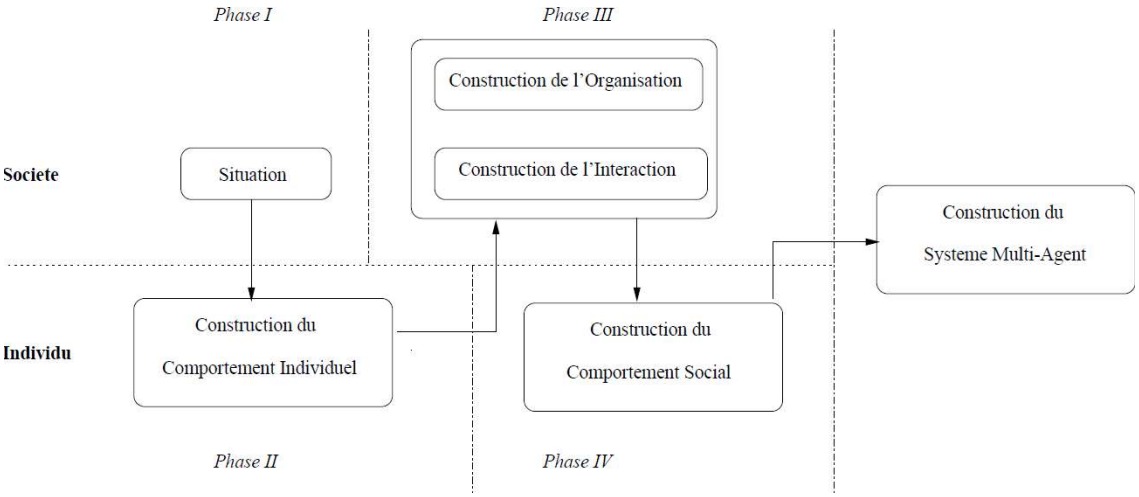


FIGURE 2.14 – Itération niveau société/niveau individu.

Ces quatre phases, décrites dans [MercierISI, DIAMOND], permettent de réfléchir aux constituants de l'architecture du SMA et de le construire de manière itérative :

1. une phase de situation (définition des limites, des agents, de l'environnement). Elle a pour objectif de déterminer la population d'agents, leur nature, les objets de l'environnement. Elle s'appuie sur les rôles, la proactivité des entités, la caractérisation de l'environnement ;
2. une phase individuelle (les agents de façon interne). Il s'agit tout d'abord de définir l'ensemble des connaissances, objectifs et actions nécessaires à la réalisation des missions confiées à un type d'agent mis en évidence précédemment. On ordonnance ensuite ces actions en plans ne tenant pas compte des possibles influences externes liées au travail des autres agents. Les actions peuvent modifier l'environnement ou acquérir des informations de celui-ci

dans un processus de fonctionnement ordinaire, échanger des informations ou des tâches avec d'autres agents. Il est possible de définir des actions qu'un agent n'est pas capable d'effectuer et qu'il déléguera au moment de l'exécution. Les actions peuvent d'autre part initialiser des interactions avec d'autres agents ;

3. une phase sociale (les interactions et l'organisation). Dans la classe d'agents utilisée dans cette approche, l'interaction à l'aide de protocoles est sans doute la mieux adaptée même si d'autres types peuvent être utilisés de façon plus marginale. Les protocoles qui mettent en œuvre des situations d'interaction offrent des possibilités d'échange d'information, d'échange de tâches, de négociation. La gestion des conflits est optimisée par la prise en compte des relations entre les agents. Ces relations peuvent être construites par une analyse des dépendances entre agents en matière de tâches, de position sociale ou d'influence. L'expression d'une organisation ou d'une interaction doit être externe. Les agents ont la capacité d'exploiter cette connaissance ;
4. une phase de socialisation des individus (l'intégration des influences sociales dans les agents). L'évolution de l'environnement, l'interaction entre agents et l'organisation du SMA modèle de façon dynamique le comportement purement individuel établi au tout début. Tout agent doit être capable de manipuler le ou les protocoles d'interactions finalement suivis par le système. La réponse d'un agent à toute sollicitation (décision) se fera relativement à l'état de son protocole d'interaction, sa position dans l'organisation, ses objectifs et ses tâches en cours. Ces influences sont intégrées dans l'agent par l'intermédiaire des capacités d'évaluation de la communication et de la perception détaillées dans le modèle de l'agent. Dans notre cas une grande partie du raisonnement est assurée directement par l'action de l'utilisateur, mais cette action est contrôlée par l'agent en fonction de ses connaissances pour améliorer la qualité du service.

Dans le cadre du suivi des épidémies et de la riposte, nous nous sommes inspirée de la méthode DIAMOND (cfr.tableau 2.4 page suivante) pour analyser de manière décentralisée les acteurs de l'écosystème dans la phase de situation. Nous avons pu aborder la phase individuelle pour élaborer le comportement de plusieurs acteurs comme l'équipe de réponse rapide. La phase de sociale et socialisation des individus nous a permis de réfléchir sur l'organisation (pyramide sanitaire hiérachique) et les interactions entre les acteurs (proposition d'une

communication transversale supplémentaire dans certains cas).

Tableau 2.4 – Les concepts empruntés de la Méthode DIAMOND

Méthode DIAMOND	**Méthode CHICKEN**
Phase de situation	Acteurs
Phase individuelle	Comportement des acteurs dans la description des processus Phase II
Phase sociale	Type de communication et d'organisation - , structuration de l'information et pyramide sanitaire
Phase de socialisation des individus	Interaction et communication externe entre les acteurs du système Phase II et III

2.9 Méthodes de surveillance de la Santé Publique

La littérature présente dede nombreuses publications qui proposent de fournir des informations sur la santé d'un indidividu en fonction de ses habitudes alimentaires, son patrimoine génétique, son environnement ou ses expositions. Ces solutions ont pour spécificité d'être centrées sur la personne directement. Dans le domaine de l'étude épidémiologique où l'on analyse les facteurs déterminants d'une maladie au sein d'une population, nous n'avons pas trouvé beaucoup de méthode de surveillance intégrée dans la littérature. Etant donné que notre étude porte sur les recommandations de l'OMS, nous allons comparer notre méthode à deux approches qu'elle a approuvées.

Parmi les méthodes appliquées au problème de santé publique, nous allons en présenter deux à savoir : la surveillance de la santé bucco-dentaire et la surveillance des facteurs de risque des maladies chroniques. Elles ont pour l'avantage d'être plus proches d'une surveillance intégrée mais non génériques comme la méthode CHICKEN. Un tableau comparatif de ces trois méthodes termine la section.

2.9.1 L'approche STEPwise de l'OMS pour la surveillance des facteurs de risque des maladies chroniques

L'approche STEPS(STEPwise approach to surveillance) [World Health Organization, 2005] a pour objectif de fournir des lignes directrices et du support matériel complémentaire aux sites qui se lancent dans la surveillance des facteurs de risque de maladies chroniques afin qu'ils puissent :

— planifier et préparer la portée, l'échantillon et l'environnement de l'enquête ;

— former le personnel ;

— mener l'enquête ;

— capturer et analyser les données collectées ;

— rendre compte et diffuser les résultats.

Les objectifs de la surveillance des facteurs de risque des maladies chroniques sont donc les suivants :

— collecter des données cohérentes à travers les pays et au sein de ceux-ci ;

— développer des outils normalisés pour permettre des comparaisons dans le temps et entre pays / sites ;

— prévenir les épidémies de maladies chroniques avant qu'elles ne surviennent ;

— aider les services de santé à planifier et à déterminer les priorités de santé publique ;

— prévoir le nombre de cas futurs de maladies chroniques ;

— surveiller et évaluer les interventions à l'échelle de la population.

L'approche STEPS de l'OMS en matière de surveillance est l'outil recommandé par l'OMS pour la surveillance des maladies chroniques et de leurs facteurs de risque. Il fournit un point d'entrée aux pays à revenu faible et intermédiaire pour se lancer dans les activités de surveillance des maladies chroniques. Il est également conçu pour aider les pays à construire et renforcer leur capacité de surveillance.

STEPS est un processus séquentiel. Il commence par la collecte des informations clés sur les facteurs de risque à l'aide d'un questionnaire, passe à des mesures physiques simples, puis à une collecte plus complexe d'échantillons de sang pour des analyses biochimiques. STEPS souligne que de petites quantités de données de bonne qualité ont plus de valeur que de grandes quantités de données médiocres. Il repose sur les deux prémisses suivantes :

— collecte de données normalisées ;

— souplesse d'utilisation dans divers contextes et situations de pays.

STEPS utilise un échantillon représentatif de la population étudiée. Cela permet de généraliser les résultats à l'ensemble de la population.

[Riley L. et al., 2016] décrivent les étapes de STEPS. À l'étape 1 (Questionnaires), les informations sur la démographie et les facteurs de risque comportementaux (tabagisme, consommation d'alcool, comportements alimentaires tels que la consommation de fruits et légumes, la consommation de sel et de sodium, l'inactivité physique, l'historique des maladies non transmissibles (MNT) et associées, telles que l'hypertension artérielle , le diabète, l'augmentation du cholestérol, les maladies cardiovasculaires, la couverture du dépistage du cancer du col de l'utérus chez les femmes et la fourniture de conseils généraux sur le mode de vie pour lutter contre les MNT) sont collectés par auto-évaluation. Les mesures physiques de la taille et du poids pour mesurer l'indice de masse corporelle, le tour de taille et la pression artérielle sont effectués à l'étape 2 (mesures physiques). L'étape 3 (mesures biochimiques) consiste à mesurer biochimiquement la glycémie à jeun, les taux de cholestérol total et le sodium urinaire.

À chaque étape, les pays sont encouragés à se concentrer sur le « noyau dur » ou les informations les plus «essentielles» sur chaque facteur de risque. Des détails «complémentaires», au format normalisé, sont également disponibles pour les pays ayant besoin d'informations plus nuancées sur l'un des facteurs de risque, dans la mesure des ressources disponibles. Les détails complémentaires incluent des informations supplémentaires pour les questions de base sur chacun des facteurs de risque comportementaux de l'étape 1, la mesure du tour de hanche et du rythme cardiaque à l'étape 2 et l'évaluation biochimique des taux de triglycérides et de cholestérol à lipoprotéines de haute densité à l'étape 3. Des modules «optionnels» ont été mis au point en collaboration avec les départements techniques respectifs de l'OMS et des experts en la matière dans les domaines de la violence et des traumatismes, de la santé mentale et du suicide, de la santé bucco-dentaire, de la santé sexuelle et reproductive et des politiques en matière de tabac.

2.9.2 Oral Health Surveys Basic Methods

Oral Health Surveys Basic Methods (OHSBM) [Organization W. H., 2013] encourage les pays à mener des enquêtes normalisées aux standards internationaux sur la santé bucco-dentaire. La méthode fournit des directives pour évaluer l'état de santé bucco-dentaire actuel d'une population et les besoins futurs en matière d'intervention en santé bucco-dentaire. Les maladies bucco-dentaires comptent parmi les maladies non transmissibles les plus répandues et constituent l'un des principaux composants de la charge de morbidité mondiale. Les prin-

cipaux facteurs de risque sont communs aux maladies chroniques et buccales. Des lignes directrices sont présentées pour l'évaluation des facteurs de risque. L'approche de l'OMS peut faciliter l'intégration de la santé bucco-dentaire dans les systèmes nationaux de surveillance de la santé. La surveillance de la santé bucco-dentaire au fil du temps et la surveillance des programmes peuvent fournir aux décideurs, aux planificateurs de la santé publique et aux administrateurs de la santé des informations précieuses sur la pertinence et le rapport coût-efficacité des programmes d'intervention en santé publique.

La méthode vise à encourager les planificateurs nationaux des enquêtes sur la santé bucco-dentaire à normaliser les mesures des maladies et affections bucco-dentaires qui sont importantes pour la planification et l'évaluation des programmes de santé bucco-dentaire, et à assurer la comparabilité des données collectées dans un large éventail d'environnements. Pour ce faire, elle applique l'approche globale de l'OMS en matière de surveillance des maladies chroniques à un modèle opérationnel d'intégration de la santé bucco-dentaire dans les systèmes de surveillance des maladies chroniques. L'adoption de cette approche permet :

— d'encourager la communication systématique des données sur les maladies buccales et conditions ;

— de s'assurer que les données collectées sont fiables et comparables au sein et entre pays ;

— d' encourager la collecte de données sur la santé bucco-dentaire et les risques auto-déclarés facteurs compatibles avec le cadre STEPS et

— d'offrir une option aux pays ayant un intérêt particulier pour la collecte de données sur les principales affections buccales associées au virus de l'immunodéficience humaine (VIH-SIDA).

OHSBM est divisé en trois phases. La phase 1 fournit aux planificateurs d'enquêtes des informations de base sur les méthodes et les approches pertinentes pour la collecte de données cliniques sur l'état de santé bucco-dentaire. La phase 2 traite de l'auto-évaluation de la santé bucco-dentaire et des facteurs de risque évalués au moyen de questionnaires. La phase 3 décrit l'assistance de l'OMS dans les activités d'enquête telles que l'analyse des données et les rapports d'enquête.

Phase 1 : Principes de base des enquêtes cliniques sur la santé bucco-dentaire

— Conception d'une enquête sur la santé bucco-dentaire ;

— Organisation de l'enquête ;

— Fiabilité et validité des données

— Mise en œuvre de l'enquête ;

— Évaluation de l'état de santé bucco-dentaire.

Phase 2 : auto-évaluation de la santé bucco-dentaire

— planifier et préparer la portée, l'échantillon et l'environnement de l'enquête ;

— Auto-évaluation de la santé et des risques bucco-dentaires ;

— Des enquêtes à la surveillance.

Phase 3 : Obtenir l'assistance de l'OMS

— Assistance préalable à l'enquête ;

— Assistance post-enquête ;

— Préparation des rapports d'enquête.

2.9.3 Etude comparative

Le tableau 2.5 page suivante présente les points forts de la méthode CHICKEN par rapport à deux autres approches de surveillance des maladies. L'approche STEPS est découpée en trois étapes simples (questionnaires, mesures physiques et mesures biochimiques). L'approche OHSBM est découpée en trois phases (enquêtes cliniques, évaluation de la santé bucco-dentaire et obtention de l'assistance de l'OMS). Quant à la méthode CHICKEN, elle est découpée en trois phases contenant chacune au moins quatre étapes traitant un aspect précis.

Par rapport à notre problématique, nous avons retenu cinq critères de comparaison décrit comme suit :

— *Remontée des données* : quel est le support utilisé pour transmettre les données de santé aux instances de leur analyse ;

— *Descriptive* : l'approche/méthode fournit-elle tous les détails des phases/étapes à suivre pour atteindre les résultats ;

— *Collaborative* : les acteurs du système de santé de différents échelons peuvent-ils participer de manière collective dans la mise en place des solutions ? ;

— *Partage de connaissances* : la méthode/approche permet-elle aux acteurs du système de partager les bonnes pratiques dans l'organisation de futures ripostes de mêmes maladies ;

TABLEAU 2.5 – Critères comparatifs des méthodes de surveillance des maladies.

Critère → Méthode ↓	**Remontée des données**	**Descriptive**	**Collaborative**	**Partage des connaissances**	**Générique**
STEPS	Sous forme de papier exclusivement	Etapes bien décrites	possibilité de collaboration entre les acteurs	Pas de partage	Non , applicable aux maladies chroniques
OHSBM	Sous forme de papier	Phases bien détaillées	collaboration possible entre les acteurs	Pas de partage	Non , applicable aux maladies dentaires
CHICKEN	- sous forme de papier - via l'application mobile - via la téléphonie	Phases et étapes très bien détaillées	forte collaboration des acteurs du système	Description fine et partage des connaissances entre les acteurs	Oui, applicable à toutes les maladies

— *Générique* : Est-il possible d'instancier la méthode à d'autres maladies quelles que soient les modalités de suivi dans le temps et dans l'espace ?

A la lumière de ce tableau comparatif, nous remarquons que les deux méthodes/approches ne répondent pas exactement à notre problématique centrée sur la remontée rapide des données, la forte collaboration des acteurs de tous les niveaux du système de santé, le partage des connaissances entre les acteurs et l'application de la méthode à toutes les maladies. La méthode que nous propose couvre largement l'ensemble de nos problématiques.

2.10 Position de notre approche

Etant donné que nous n'avons pas trouvé dans la revue de la littérature une approche à étendre pour répondre efficacement aux besoins des structures sanitaires en organisation et en outils de remontée des données de santé, nous avons considéré quelques références pertinentes comme fondements scientifiques sur lesquels s'appuyer pour construire notre contribution.

Dans la panoplie des références consultées dans la revue de la littérature nous avons sélectionné quelques références pertinentes que nous présentons en quatre regroupements que voici :

1. Méthodes et modèles organisationnels : ils nous ont fourni les techniques à mettre en œuvre pour construire une méthode à partir d'autres [DENECKÈRE R. et al., 2014] ; les informations pertinentes dont les professionnels de santé ont besoin pour la surveillance et la riposte [JINADU K. A. et al., 2018] et comment améliorer le système d'information sanitaire pour une prise de décision efficace [MUTALE W. et al., 2013].
2. Méthodes de décision en situation de crise : elles nous ont permis de comprendre comment on peut utiliser le modèle multi agent pour simuler la

solution à une catastrophe à partir des données géo spatiales des lieux et des informations des structures sanitaires [Bae J. W., Shin K., Lee H.-R. et al., 2017 et en quoi les modèles mathématiques peuvent servir dans l'évaluation de riposte contre une maladie [Jahan S. et al., 2008].

3. Modèles épidémiologiques et simulations : ils nous ont proposé différents modèles épidémiologiques utilisables selon les cas et les besoins notamment les modèles épidémiques déterministes [House T. et Keeling M. J., 2008] ; les différentes sortes de surveillance en santé publique [Astagneau P. et Ancelle T., 2011] et comment modéliser la simulation du fonctionnement des services d'une structure sanitaire [Almagooshi S., 2015]
4. Outils et technique de gestion de données et connaissances : ils ont démontré que l'usage des données mobiles peut améliorer la riposte contre une épidémie faisant suite à une catastrophe naturelle [Bengtsson L. et al., 2011] ; les téléphones peuvent jouer un rôle dans le suivi des patients des maladies chroniques et dégénératives dans les pays en développement [Beratarrechea A. et al., 2013] et comment l'usage des téléphones mobiles a servi dans la collecte des données de surveillance et de riposte contre la maladie [Pascoe L. et al., 2012]

Ces quelques références pertinentes constituant les fondements scientifiques de notre approche sont représentées schématiquement dans la figure 2.15 ci-dessous.

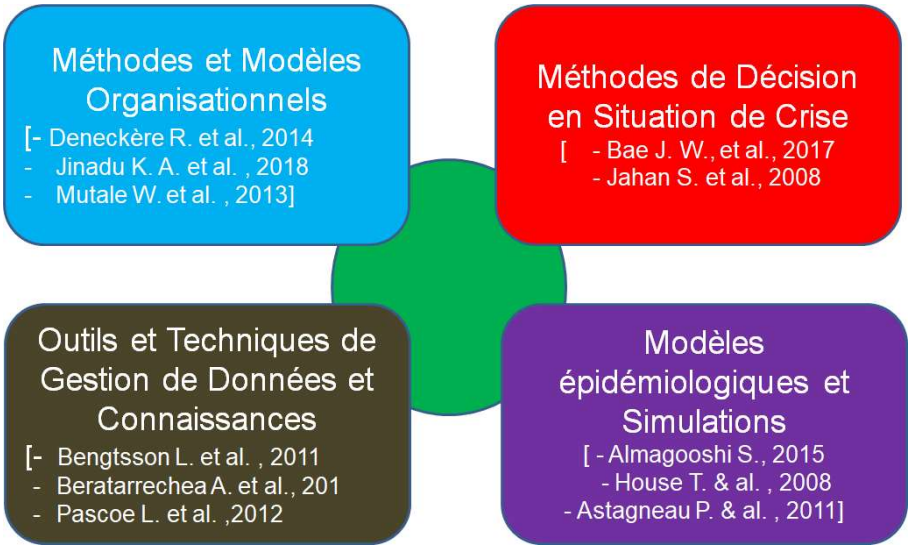


Figure 2.15 – Fondements scientifiques pertinents

La figure 2.16 page suivante résume les éléments constitutifs de notre solution

aux problématiques soulevés dans la surveillance des maladies épidémiques et chroniques. Il s'agit de la méthode organisationnelle dénomée *CHICKEN*.

Cette méthode est construite des fragments de la méthode *ADInnov* (sa phase d' Analyse de l'écosystème complexe et celle de diagnostic) et de fragment de la méthode *DOCK* (dans la partie de gestion du cycle de vie des nouvelles connaissances). En outre, elle utilise comme outils de rémontée de données et de transmission des alertes le téléphone portable (principalement la technologie USSD pour les milieux ruraux). L'application web est très utile pour le monitoring des interventions des structures sanitaires.

Dans sa phase d'analyse, la méthode *CHICKEN* intègre les modèles épidémiologiques appropriés pour détecter le début, la propagation et la fin des épidémies.

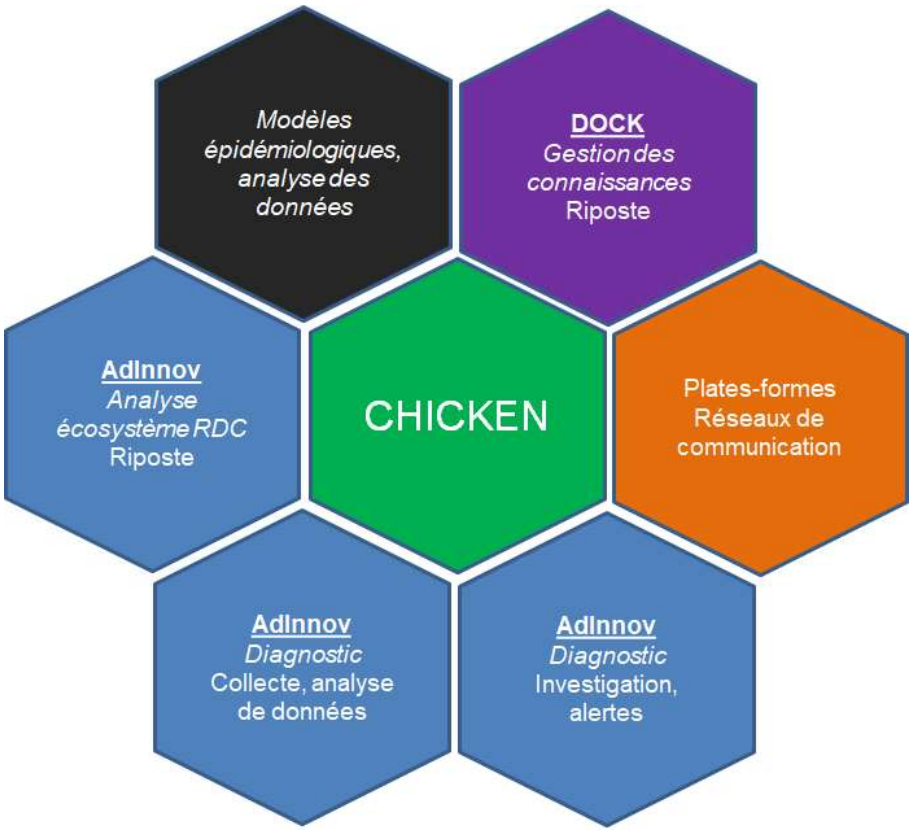


FIGURE 2.16 – Fondements de la méthode CHICKEN

Nous avons consacré le chapitre suivant à la présentation des modèles de processus pour la compréhension aisée de notre méthode, les méta-modèles fonctionnels et métier accompagnant la méthode ainsi que le support pour sa mise en oeuvre.

Deuxième partie

Méthode CHICKEN

La règle d'or de la conduite est la tolérance mutuelle, car nous ne penserons jamais tous de la même façon, nous ne verrons qu'une partie de la vérité et sous des angles différents.

M. Gandhi

Chapitre 3

Méthode CHICKEN

3.1 Introduction

Pour aider le personnel de santé à utiliser efficacement la stratégie nationale du guide technique de Surveillance Intégrée de la Maladie et Riposte, nous avons collaboré avec eux pour mettre au point une méthode innovante fournissant un cadre de processus organisationnel de suivi des maladies contenant les principales recommandations de l'OMS. Cette nouvelle méthode introduit entre autres l'utilisation d'une solution basée sur un outil mobile pour collecter, analyser des données de santé et relancer les établissements de santé qui oublient de rapporter leurs données. Nous croyons fermement que l'utilisation simultanée de la messagerie texte et vocale en langue vernaculaire par le personnel de santé pourrait aider à améliorer l'adhésion de la population aux directives visant à enrayer la propagation de l'épidémie. Nous décrivons les différentes phases et étapes de la méthode d'innovation organisationnelle CHICKEN dans la section ci-dessous.

3.2 Description de la méthode CHICKEN

3.2.1 Approche et objectifs de la méthode

L'approche essentielle de la méthode organisationnelle CHICKEN consiste à agréger des fragments d'autres méthodes, d'outils et de modèles issus de domaines multidisciplinaires utiles pour mieux contrôler une pandémie et/ou épidémie. C'est également :

— une méthode participative impliquant la population dans la production des

données de santé, les parties prenantes du système national de santé dans la collecte, l'organisation et le partage desdites données ;

— une méthode descriptive de la procédure et des outils à utiliser pour améliorer la surveillance de la propagation des maladies ;

— une méthode modulaire découpée en trois phases interdépendantes qui permettent respectivement la **description** de la pathologie à surveiller, la **surveillance** des données de santé produites par la population et les formations sanitaires et l'organisation de la **riposte** contre la pathologie.

Les objectifs poursuivis sont les suivants :

— l'amélioration de la qualité de diagnostic des maladies sous surveillance ;

— le rappel automatique aux formations sanitaires n'ayant pas rapporté les données selon la périodicité des maladies et le renforcement de collaboration entre les laboratoires et les acteurs institutionnels ;

— le partage des connaissances acquises et des bonnes pratiques de riposte à tous les acteurs du secteur.

3.2.2 Langage basé sur BPMN

Nous avons recouru au formalisme BPMN pour représenter les processus de notre méthode. L'intérêt principal de BPMN est qu'il fournit une notation facilement compréhensible par les utilisateurs de l'entreprise, les analystes métier qui créent les ébauches initiales des processus, les développeurs responsables de mettre en place la technologie qui va exécuter les processus applicatifs correspondants, et finalement les utilisateurs de l'entreprise qui vont mettre en œuvre ces processus. BPMN vise de plus à rendre l'orchestration des processus "exécutable" (automatisable) par une transposition des modèles en langage de programmation destiné à l'exécution des procédures d'entreprise.

Dans cette section nous présentons les principes d'utilisation de BPMN dans le cadre des technologies du domaine de la santé. L'objectif est de fournir des points de repère pour aborder une modélisation faisant sens d'un point de vue des technologies du domaine de la santé mais respectant le standard et l'approche BPM dans le souci de faciliter la compréhension des acteurs qui seront impliqués dans le processus de conception. Le cadre conceptuel utilisé définit la scénarisation sous l'angle d'un workflow centré sur la notion d'activité. Avant d'aborder la modélisation nous commençons par définir une palette d'éléments graphiques

en les organisant et en les définissant sous l'angle de leur emploi possible en technologies du secteur de la santé.

Palette d'éléments Nous avons regroupé les éléments BPMN (voir annexe B page 235) que nous considérons comme nécessaires/utiles pour la modélisation de workflow du secteur de la santé. Nous avons organisé les éléments en 6 catégories tentant de faire correspondre la norme BPMN à une perspective d'ingénierie médicale. Les 6 catégories sont les suivantes : 1) **Actions** : comprend les éléments graphiques permettant de représenter les actions/tâches effectuées par les acteurs et services informatiques au cours d'un workflow. 2) **Déroulement** : comprend les éléments permettant de représenter les parcours (soit l'enchaînement des actions et la manière dont ces dernières se distribuent entre les acteurs du dispositif). 3) **Temporalité** : démarrage, arrêt, pause des différentes activités/actions en fonction du temps ou du déroulement d'autres activités/actions. 4) **Ressources et productions** : permet de formaliser les intrants et extrants à une action/activité. 5) **Décomposition/regroupement** : permet l'organisation visuelle des diagrammes et la structuration en différents workflow autonome et inter-opérant. 6) **Artefacts** : comprend les commentaires (tel que défini par la norme BPMN) et tous éléments additionnels ajoutés par le modélisateur pour la compréhension des diagrammes.

3.2.3 Présentation sommaire des phases de la méthode

Nous avons utilisé LucidChart pour représenter nos processus métiers. Lucidchart est un service d'informatique en nuage qui permet de travailler collaborativement afin de créer des ordinogrammes, organigrammes, diagrammes UML, cartes heuristiques, schémas de classification, cartes conceptuelles, diagrammes fonctionnels et d'autres types de diagrammes. Reposant sur les standards HTML5 et Javascript, il est accessible via n'importe quel navigateur Web. La startup qui héberge cette plate-forme de collaboration visuelle constitue une alternative à Microsoft Visio, avec lequel Lucidchart est compatible. Le service est particulièrement ergonomique, notamment parce qu'il permet l'utilisation de glisser-déposer. Il est également possible d'importer des images via le moteur de recherche d'images de Google.

Les trois phases de la méthode CHICKEN sont présentées dans la figure 3.1 page suivante. Chaque phase se subdivise en étapes, ces dernières contiennent les activités du processus. Les quinze étapes de notre méthode se répartissent

respectivement à cinq pour la phase 1, six la phase 2 et quatre la phase 3. Les détails du contenu de chaque phase seront fournis à la section 3.3.

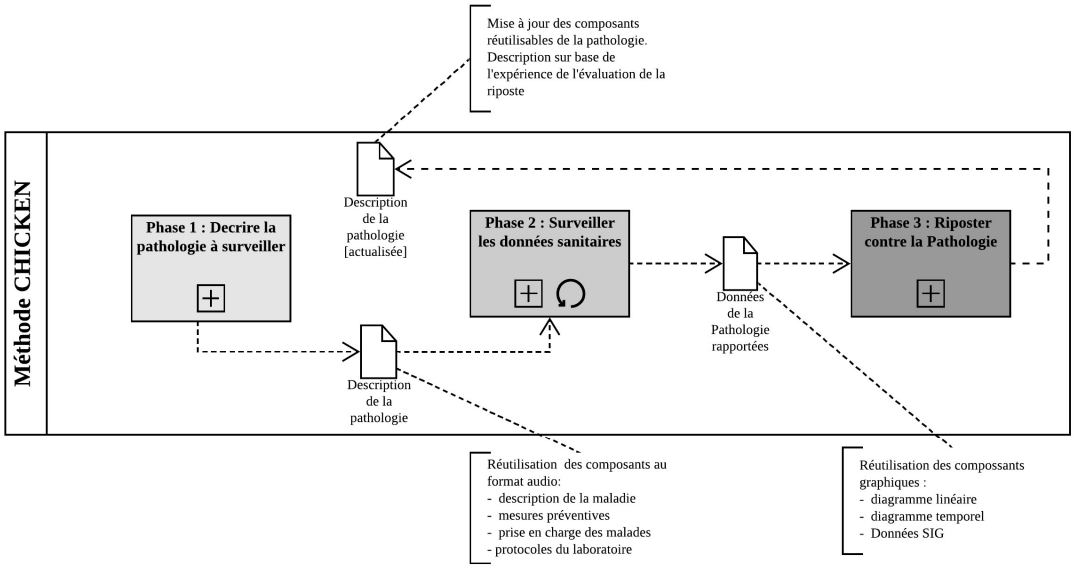


FIGURE 3.1 – Vue générale de la méthode CHICKEN.

La méthode est construite autour de trois questions fondamentales pour lutter contre une maladie à savoir :

1. comment décrire de manière précise et adaptée au public cible la maladie, affection ou pathologie dont il faudra suivre l'évolution dans la population ?
2. quelles sont les données pertinentes de ladite maladie à surveiller ?
3. comment limiter ou éradiquer sa propagation au sein des populations ?

Les réponses à ces questions ont conduit au développement de trois phases interdépendantes à savoir :

- décrire la pathologie à surveiller ;
- surveiller les données sanitaires et
- riposter contre la pathologie.

Chacune des trois phases se décline en étapes qui apportent des plus amples renseignements sur les actions à combiner pour mener à bien les objectifs poursuivis par la phase. Les liens existant entre une phase et ses étapes sont représentés dans la figure 3.2 page suivante.

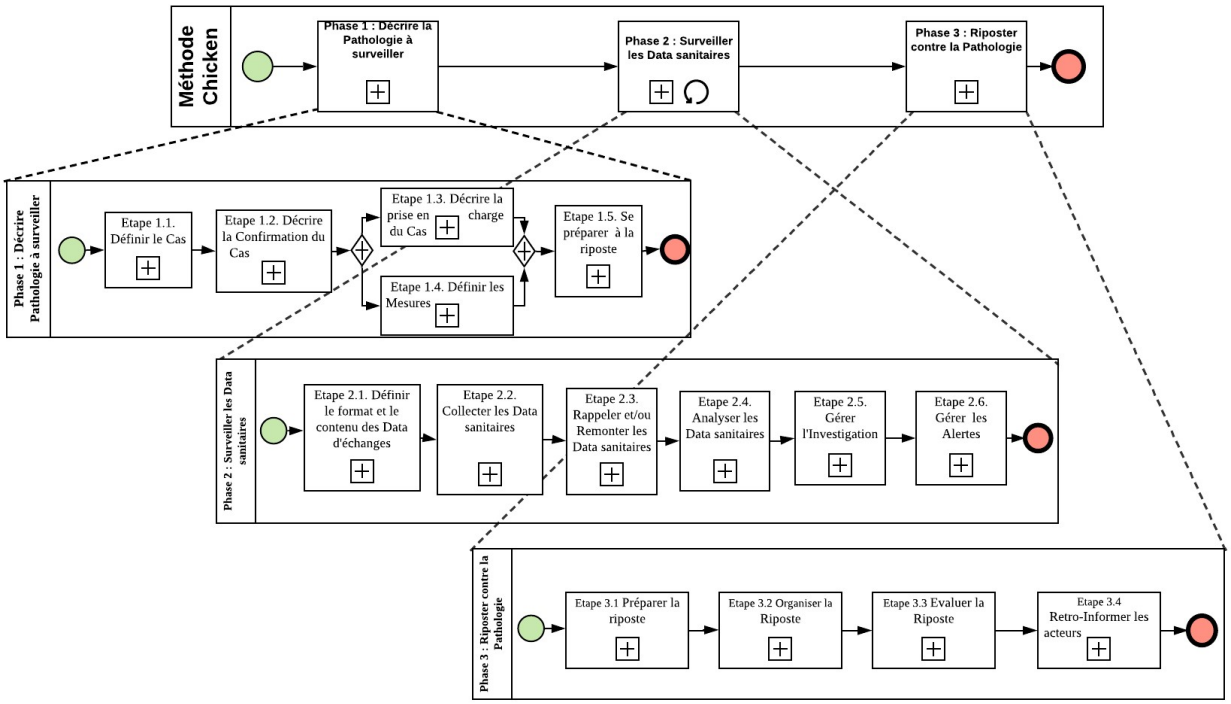


FIGURE 3.2 – Les étapes de la méthode CHCKEN rattachées aux phases

Décrire la maladie à surveiller

Les maladies se classifient selon la catégorie, la typologie, la contagiosité, les facteurs déclencheurs, etc. Le tableau 3.1 page suivante ci-dessous présente des exemples des maladies selon un classement par typologie [1].

En fonction de l'environnement, de l'exposition, des facteurs génétiques, des habitudes alimentaires, les populations des pays ne développent pas toujours les mêmes maladies à forte prévalence à des mêmes périodes. Le recueil sanitaire international déclare les maladies à portée internationale nécessitant l'intervention immédiate de l'OMS. Pour permettre le suivi d'une progression anormale d'une maladie dans la population, la ***phase 1*** offre l'occasion aux acteurs du système de santé de réunir les informations descriptives et pertinentes des maladies à surveiller dans le pays. L'exécution des activités des étapes de cette phase produit des informations utiles pour identifier des cas liés à ladite maladie. Ces informations sont les signes et symptômes de la maladie, la confirmation de la maladie par les laboratoires, la prise en charge, les mesures préventives, etc. Cette phase se compose de cinq étapes suivantes :

1. http ://www.carevox.fr/sante-maladies/article/classement-des-differentes. [Accédé le 09/10/2019]

- Définir la maladie ;
- Décrire la Confirmation de la maladie ;
- Décrire la prise en charge des malades ;
- Définir les Mesures préventives de la maladie ;
- Se préparer à la riposte.

Tableau 3.1 – Classement de différentes maladies par type

Type de maladie	Description	Exemples
Génétique ou héréditaire	due à des anomalies dans le matériel génétique (chromosomes) du malade. Si le gène est altéré, il entraîne un dysfonctionnement de la cellule avec l'expression d'une maladie.	La mucoviscidose, l'hémophilie ou myopathie.
Chromosomique	marquée par l'absence d'un morceau de chromosome ou d'un chromosome entier, ou au contraire par la présence d'un chromosome supplémentaire	La trisomie 21, par exemple, est due à la présence dans les cellules de 3 chromosomes 21 au lieu de 2
Microbienne et virale	provoquée par des microbes ou virus	La grippe, les rhumes,les hépatites, la tuberculose, le tétanos, la scarlatine, la légionellose
Parasitaire	provoquée par des parasites, soit des parasites constitués d'une seule cellule ou bien des vers	le paludisme, la maladie du sommeil, le ténia ou la douve
multifactorielle	sont les maladies qui multiplient les causes. Elles apparaissent suivant plusieurs facteurs, comme par exemple des prédispositions génétiques, l'exposition à des produits toxiques, une mauvaise hygiène de vie…	Les cancers et certaines maladies cardiovasculaires
Due aux carences	la malnutrition provoque un manque de certains nutriments essentiels indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Les carences alimentaires provoquent des maladies plus ou moins graves.	Le béribéri et le rachitisme
psychosomatique	sont des maladies d'origine psychologique, qui déclenchent des symptômes physiques.	Le stress et l'angoisse, peuvent par exemple, provoquer de l'eczéma ou un psoriasis
psychique	comme les maladies psychosomatiques, elles sont d'origine psychologique. Mais à la différence de ces dernières, c'est qu'elles ne provoquent pas de troubles physiques, mais des troubles du comportement. Elles sont souvent dues à une mauvaise image de soi et à de mauvaises relations avec le monde extérieur, famille, sociabilité…	L'anorexie et la boulimie

Le signe + dans la figure 3.3 page suivante indique que cette phase dispose de plusieurs étapes dont chacune produit l'une des informations dont on a besoin pour bien décrire une maladie. L'objet « Description de la pathologie » est un ensemble des fichiers textes et audio nécessaires pour identifier la maladie à

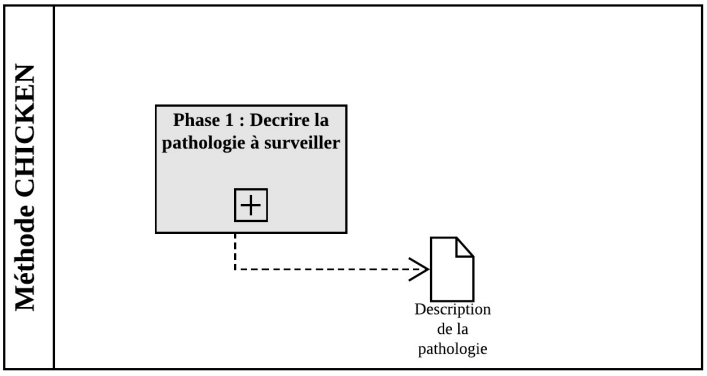


FIGURE 3.3 – Description de la pathologie.

suivre dans la seconde phase. Ces fichiers en version professionnelle et simplifiée accompagneront les professionnels de santé dans les milieux ruraux ainsi que la population dans la reconnaissance d'une maladie très précise à partir des signes et symptômes et parfois la confirmation par le laboratoire après l'analyse des échantillons. Les activités de cette phase sont exécutées chaque fois qu'une nouvelle maladie à surveiller est détectée. En termes simples, lors des activités de surveillance de la santé de la population à la ***phase*** 2, on peut remarquer la prévalence des cas d'une pathologie qui ne figurait pas sur la liste des maladies prioritaires et décider de l'ajouter. L'objet « *Description de la pathologie* » pourrait s'actualiser à l'issue des rapports d'évaluation de la riposte produits lors de l'exécution des activités de la phase 3. L'expérience du terrain comprenant les habitudes et coutumes locales face au traitement des maladies et les résultats de l'analyse des échantillons peut conduire à modifier les informations produites par la phase 1 pour identifier, prévenir et prendre en charge de manière claire et simple une maladie.

Surveiller les données sanitaires des maladies

Cette phase est la plus importante car elle s'exécute de manière récurrente. C'est le cœur de la surveillance des événements inhabituels et des maladies identifiées ou non au sein de la population. Elle se sert des informations de la maladie à surveiller décrites dans la phase 1 pour produire les données de santé fiables dont l'analyse déterminera s'il faut ou non intervenir pour organiser la riposte. Elle est composée des six étapes suivantes :

1. Définir le format et le contenu des Données d'échanges ;
2. Collecter les Données sanitaires ;
3. Rappeler et/ou Remonter les Données sanitaires ;
4. Analyser les Données sanitaires ;
5. Gérer l'Investigation ;
6. Gérer les Alertes.

En se servant de la description de la pathologie sous surveillance, les formations sanitaires produisent des données de santé fiables sur base de consultation des patients. L'objet « Données de pathologie rapportées » représente les données des populations par rapport à une pathologie précise et pour des périodes de rapportage précises. En fonction des maladies, les données rapportées peuvent être hebdomadaires, mensuelles ou trimestrielles. L'analyse de ces données produit trois types de représentation à savoir : les caractéristiques individuelles des populations (tranche d'âges, sexe), la temporalité des maladies (la saisonnalité) et la localisation des zones géographiques de concentration des cas suspects ou cas confirmés de la pathologie sous surveillance. Le signe arc de cercle avec flèche droite dans la figure 3.4 indique que les activités des étapes de cette phase s'exécutent de manière répétitive.

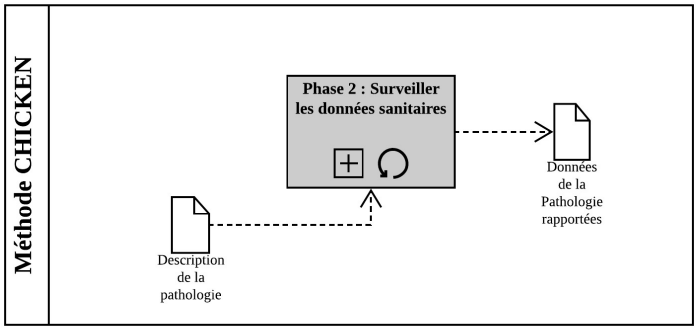


FIGURE 3.4 – Surveillance des données de la maladie.

Etant donné que plusieurs maladies peuvent faire l'objet d'une surveillance simultanée, les « Données de pathologie rapportées » pourraient s'analyser sous les cinq dimensions suivantes : quelle maladie ? sur quelle période ? dans quelle localisation ? sur quelles tranches d'âge et de quel sexe ?

Riposter contre la maladie

Cette dernière phase constitue la réponse à apporter aux problèmes de santé des populations constatées lors de l'analyse « Données de pathologie rapportées ». Elle s'exécute sous deux conditions : la confirmation très précise de la maladie à la phase précédente et l'atteinte de seuil de riposte propre à chaque maladie. Elle est composée de quatre étapes suivantes :

— Préparer la riposte ;

— Organiser la Riposte

— Evaluer la Riposte ;

— Retro-Informer les acteurs.

Cette phase exploite l'analyse selon la localisation géographique des « Données de pathologie rapportées » issue de la *phase 2* pour déterminer l'étendue de la zone où la riposte devrait être organisée. Durant la campagne de riposte, on peut se servir des éléments de la « *Description de la pathologie* » produits dans la *phase 1* de la méthode (voir figure 3.5). C'est le cas par exemple des mesures préventives pour alerter la population et casser au besoin la chaîne de contamination.

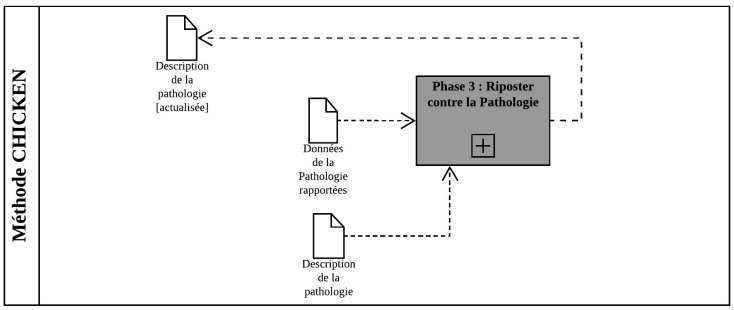


Figure 3.5 – Riposte contre la pathologie.

L'analyse des rapports de riposte pourrait conduire à l'actualisation de certains éléments constitutifs de la « *Description de la pathologie* ». Il peut s'agir de la modification du schéma de prise en charge des malades sur base des recommandations des résultats des examens d'antibiogrammes réalisés par les laboratoires, de la définition plus claire et simple de la maladie, des mesures préventives de la maladie, etc. La « *Description de la pathologie actualisée* » ainsi générée sera désormais l'objet que la prochaine phase de surveillance va utiliser dans ses activités.

3.3 Description des étapes de la méthode CHICKEN

Cette section a pour objectifs d'apporter un éclairage plus précis sur les processus de surveillance des maladies. Elle détaille la présentation sommaire de la méthode CHICKEN introduite dans la section 3.2.2.

Pour ce faire, nous reprendrons la présentation de trois phases de la méthode avec un focus particulier sur les activités et leurs étapes. Pour rappel, les trois phases ont respectivement cinq, six et quatre étapes.

3.3.1 Phase 1 : Décrire la maladie à surveiller

La description de la maladie est une phase primordiale qui précède les activités de surveillance de sa survenue dans la population. Dans cette phase nous avons regroupé les informations utiles pour reconnaître une pathologie à partir de ses signes et symptômes, comment la confirmer au laboratoire, comment prendre en charge les malades, quelles sont les mesures préventives et comment se préparer à affronter son épidémie. Ces informations serviront de guide dans les deux phases suivantes.

Les cinq étapes constitutives de la première phase de notre méthode sont représentées dans la figure 3.6. Les détails des activités de chacune des étapes sont déroulés dans la suite de cette section.

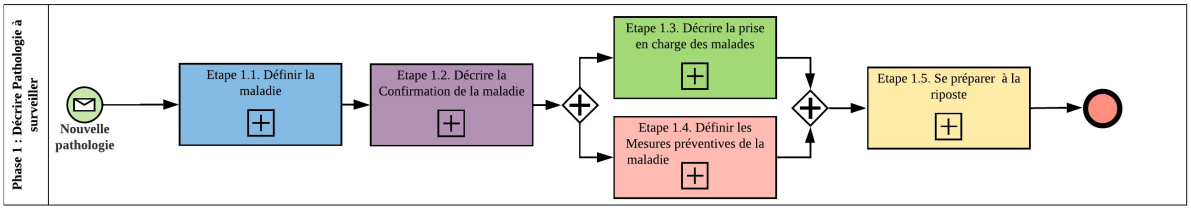


FIGURE 3.6 – Phase 1 : Les étapes de la description de la maladie.

Etape 1.1 : Définir la maladie

La définition des cas est la clé de voûte de tout système de surveillance sanitaire. Elle doit être très stricte et acceptée par tous les acteurs du système de santé. Elle est souvent un compromis entre une définition très sensible et très spécifique. La définition très sensible permet de détecter tous les cas possibles mais avec des «

bruits de fond », c'est-à-dire d'autres cas qui ne correspondent pas exactement à la maladie. Quant à la définition très spécifique, elle permet de détecter les vrais cas mais pas de manière exhaustive. Prenons l'exemple de la définition de la grippe dans deux réseaux français de surveillance de l'épidémie :

— Grog [2] (Groupes Régionaux d'Observation de la Grippe) donne cette définition sensible : « signes respiratoires dans un contexte infectieux (fièvre, fatigue, maux de tête,...) avec confirmation virologique sur un sous-groupe ». Cette définition est sensible mais pas spécifique puisqu'il y a beaucoup d'autres infections des voies supérieures aériennes qui peuvent donner la fièvre, la fatigue et éventuellement une toux mais qui ne sont pas de la grippe. La vraie confirmation nécessite des tests virologiques.

— Le réseau Sentinelles [3] donne cette définition spécifique : « fièvre à 39° avec myalgies (douleurs musculaires) et signes respiratoires ». Cette définition est beaucoup plus proche de la grippe en excluant toutes les autres infections des voies respiratoires aériennes.

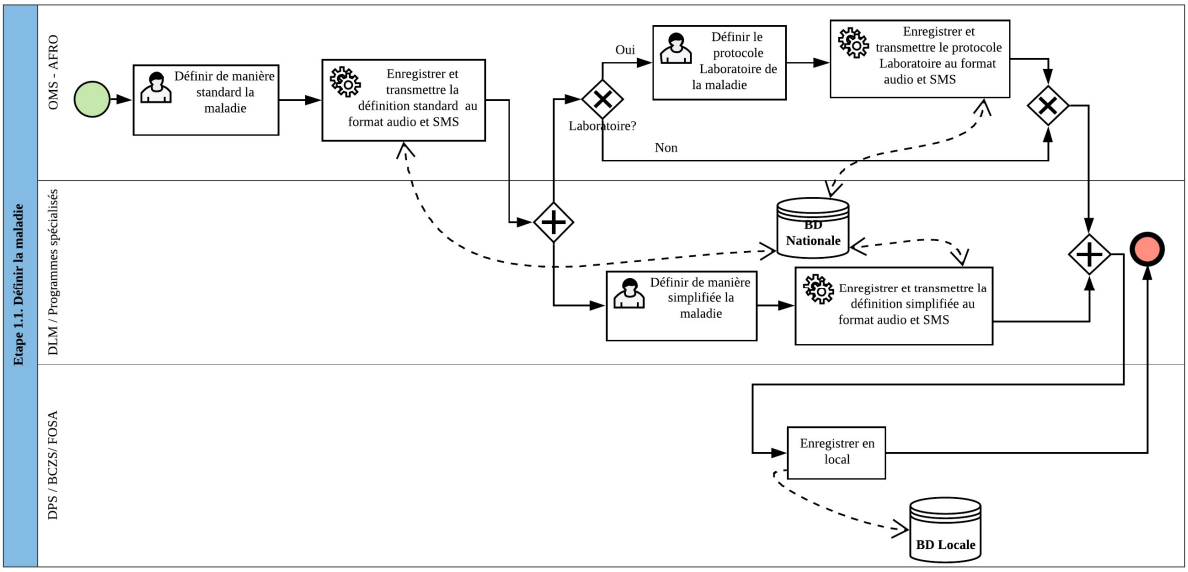


FIGURE 3.7 – Définition standard et simplifiée de la maladie.

Le processus de définition des cas englobe les actions bien identifiées comme le montre la figure 3.7. Pour chaque pathologie à suivre, il existe une définition standard et une définition simplifiée. La première concerne le professionnel du

2. http ://www.grog.org/
3. https ://www.data.gouv.fr/fr/organizations/reseau-sentinelles/

secteur tandis que la seconde est exclusivement destinée à la population et aux relais communautaires.

La définition standard fournie par l'OMS est plus sensible et technique permettant de capter le plus de cas possibles quoi qu'avec un « bruit de fond ». Elle laisse aux professionnels de santé la latitude de la compléter avec leur connaissance du métier de manière à spécifier les cas en présence d'autres informations complémentaires ou des examens de laboratoire. La définition simplifiée se fonde beaucoup plus sur les signes et symptômes de la maladie rendant ainsi facile son identification par le public non professionnel. Les termes utilisés pour la présenter sont simples, clairs et compréhensibles par la population.

Pour bien comprendre le fonctionnement du processus nous prendrons des exemples illustratifs de la tuberculose dans chacune de ses actions.

L'acteur humain représentant OMS-AFRO pourrait saisir cette définition standard dans le système : " La Tuberculose est une infection des poumons et d'autres organes généralement par Mycobacterium tuberculosis, à transmission interhumaine, par les gouttelettes émises lors de la toux, des éternuements ou des crachats. Cliniquement, la forme pulmonaire de la maladie est plus courante que les formes extra pulmonaires. Les principaux symptômes de la tuberculose (TB) pulmonaire sont la toux de plus de 15 jours, la perte de poids, la fièvre, la perte d'appétit et les transpirations nocturnes ".

La définition ainsi saisie sera convertie ou enregistrée dans un fichier au format audio. L'importance de ce fichier est principalement sa réutilisation ultérieure par les professionnels de la santé se trouvant en milieux ruraux, principalement les auxiliaires médicaux. Afin de rendre efficace son importance et son emploi, il sera également enregistré dans les langues nationales. L'accès à ce contenu audio passe par les opérateurs de télécommunications qui mettront à disposition des commandes de requêtage à saisir à partir de téléphone cellulaire des personnes concernées. Par respect du protocole GSM limitant à 160 le nombre de caractères d'un message, une nouvelle sélection de mots clés de cette définition à transmettre sous forme de SMS s'avère très utile sans obscurcir la compréhension. Dans la définition standard de la tuberculose ci-dessus, nous avons dénombré 492 caractères qu'il faudra réduire au tiers pour qu'il passe en un seul message.

L'enregistrement au format audio et SMS de la définition standard se fait également sur base d'informations utiles pour décrire la maladie.

Si le diagnostic nécessite une confirmation des cas par des examens au laboratoire, le professionnel de santé saisira le protocole laboratoire. Dans le cas de la

tuberculose, ce protocole se limite aux intrants dont on a besoin pour réaliser les examens. Il peut s'agir de cette déclaration : " prélèvement des crachats (et non pas la salive), des produits d'expectoration venant du plus profond des poumons, aspiration bronchique ". Le protocole sera rendu disponible au format audio et SMS.

La définition simplifiée est saisie par un professionnel de santé du système national de santé. Cette définition tire sa substance de la définition standard. Il est question de trouver des mots très simples à communiquer aux non professionnels. En parlant de la tuberculose la définition simplifiée est la suivante :*" toux persistante de plus de 2 semaines "*. Notons que cette définition met l'accent sur les signes extérieurs perceptibles même par les non-initiés et la durée d'observation desdits signes. Cette manière simple et claire de présenter la maladie permettra aussi bien à la population qu'aux relais communautaires de bien l'identifier et de se rapprocher des structures sanitaires. L'enregistrement automatique au format audio et SMS rend cette définition simple réutilisable.

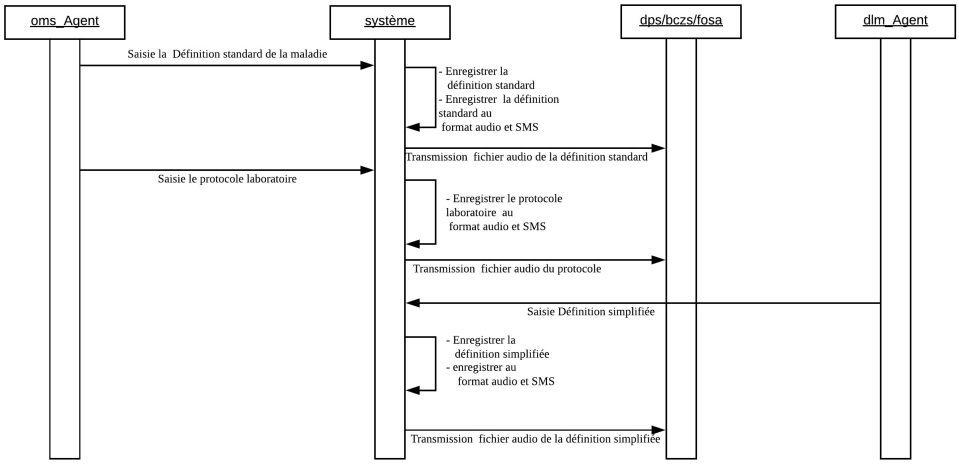


FIGURE 3.8 – Séquence de saisie et enregistrement de la définition de la maladie.

La séquence de déroulement du processus de saisie de la définition standard et simplifiée est illustrée par le diagramme des séquences de la figure 3.8. Le système enregistre la saisie humaine (faite par un agent de l'OMS, *oms_Agent*) et la génère au format audio et SMS. Pour des raisons de simplification, nous n'avons pas représenté le choix de mots clé constituant la version SMS ni l'éventuel enregistrement du format audio qui peut se faire soit automatiquement soit par un opérateur humain parlant la langue nationale concernée. Les acteurs sont notés par le nom de la structure suivi du mot-clé *Agent*. Par exemple, *dlm_Agent*

représente un agent de la DGLM.

Nous avons donné à la Division Provinciale de la Santé, au Bureau de Coordination de Zone de santé et aux formations sanitaires la possibilité de stocker dans une base de données locale les fichiers audio de la définition standard, simplifiée et du protocole de laboratoire pour une consultation ultérieure en cas de besoin lors de la présence effective des cas proches de la maladie. Le format SMS est réservé aux opérateurs de la téléphonie cellulaire dans le cas où l'on est amené à assister les équipes d'investigation et/ou de riposte, les membres de relais communautaires et la population. Toutefois, une structure de niveau hiérarchique peut également s'en servir pour informer rapidement les structures sous sa dépendance. C'est le cas d'une DPS qui accompagne un BCZS ou un BCZS qui supervise des formations sanitaires rencontrant des épidémies.

Les activités à exécuter lors de la définition des cas sont schématisées dans le diagramme d'activités de la figure 3.9 page suivante. Remarquons que la saisie de la définition simplifiée peut se faire directement après celle de la définition standard si la maladie ne dispose pas du protocole laboratoire de confirmation.

Au symbole de synchronisation (trait épais horizontal) s'appliquera l'opérateur d'exclusion pour exprimer le fait que les deux actions en amont ne peuvent jamais se réaliser de manière simultanée.

Etape 1.2 : Décrire la confirmation de la maladie

La définition de la maladie seule ne suffit pas pour bien l'identifier auprès de la population surtout pour les non-initiés. C'est ainsi que la confirmation des cas permet d'éliminer tous les faux soupçons sur les cas rapportés. Cette étape de la phase, représentée dans la figure 3.10 page 84, détaille les actions à réaliser pour fournir plus des détails sur l'effectivité ou non de la maladie suspectée.

La description des signes et symptômes de la maladie est une action importante pour identifier une maladie. Généralement, c'est un acteur rattaché à l' OMS qui saisit cette description universellement connue. Son enregistrement au format audio et SMS, comme lors de la première étape de cette phase, permet son utilisation ultérieure. Si la vraie confirmation de la maladie pourrait nécessiter des examens supplémentaires de laboratoire, un effort doit être fourni en amont pour garantir la qualité de l'analyse médicale qui comprend trois phases [4] .

La préanalyse est la première phase très importante de l'analyse médicale. Elle

4. https ://fr.wikipedia.org/wiki/Laboratoire_de_biologie_médicale [accédé le 19/08/2019]

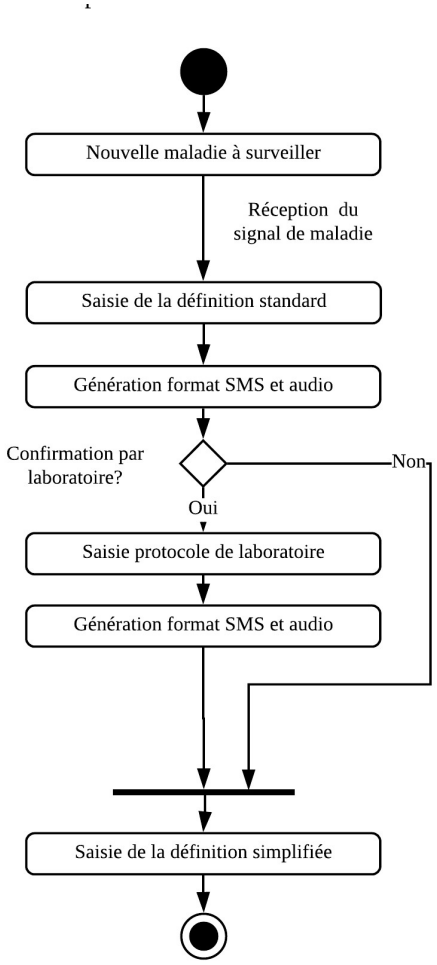


FIGURE 3.9 – Les activités se rapportant à la définition de maladie.

comprend l'état du patient (à jeun ou non), la phase de prélèvement, celle de l'étiquetage des échantillons prélevés, de l'enregistrement des demandes d'analyses, de la centrifugation, de l'aliquotage des prélèvements et de leur prétraitement éventuel : filtration, lyse des cellules, etc. Pendant cette étape, un certain nombre d'opérations peut fausser les résultats comme l'utilisation d'un tube avec un mauvais anticoagulant ou la présence d'une hémolyse, ou simplement les conditions de transport (délai, températures) comme le potassium qui se désagrège en quelques heures dans du sang total alors qu'il peut être transporté s'il a été centrifugé. Il existe plusieurs types de prélèvements parmi lesquels on distingue : les prélèvements de sang veineux et artériel, les prélèvements cutanéo-muqueux (vaginaux, urétraux, de la cavité buccale...), les prélèvements de peaux et phanères (ongles, cheveux...), les prélèvements de liquides d'épanchement (pleural, péritonéal, etc.)

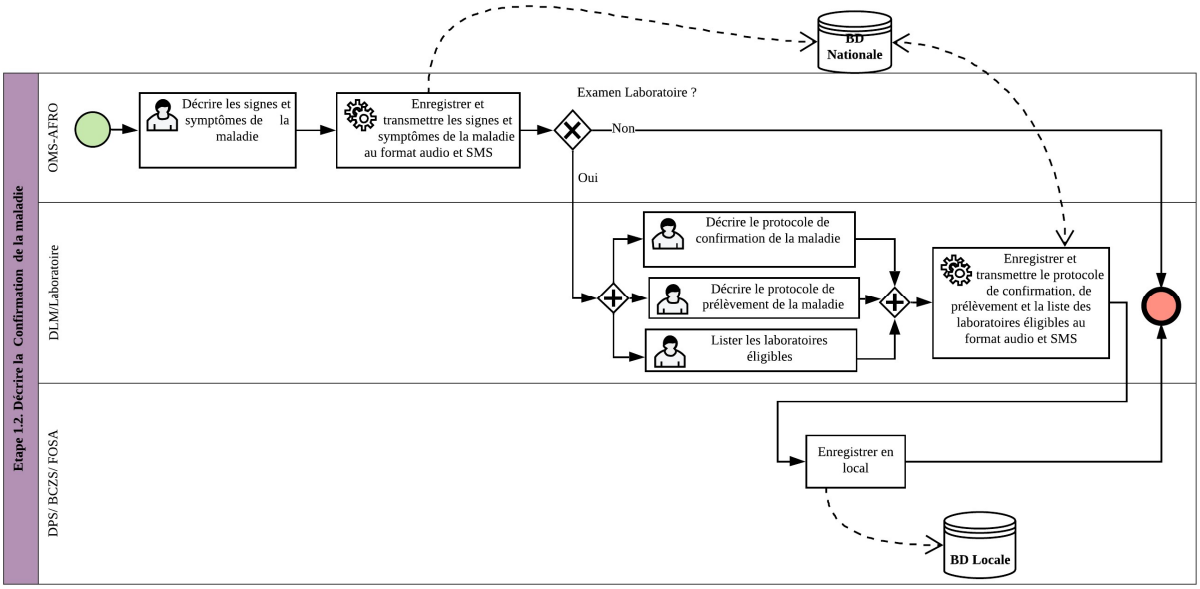


FIGURE 3.10 – Signes, symptômes et protocoles de confirmation de la maladie.

ou de ponction (liquide céphalo-rachidien, moelle osseuse, etc.), les prélèvements de selles, d'urines ou de liquides de stomies, les prélèvements cutanés sur une goutte de sang pour une analyse en biologie délocalisée , etc.

Selon le laboratoire et le domaine de science, la phase analytique utilise de plus en plus des automates très sophistiqués qui permettent d'améliorer la rapidité de la remise des résultats et la reproductibilité des résultats. La validation technique qui permet de vérifier l'exactitude des résultats bruts avec les contrôles de qualité est la dernière étape du processus analytique. Dans la phase post-analytique, le résultat de biologie doit contenir une conclusion médicale réalisée par un ou plusieurs biologistes médicaux. Il n'est pas rare que plusieurs biologistes contribuent à l'interprétation d'un résultat, chacun avec sa propre expertise, le dernier donnant une conclusion globale au résultat et prenant la responsabilité de sa diffusion.

Pour accompagner le personnel de santé dans les phases préanalytique, analytique et post-analytique des prélèvements des cas suspects, un agent de la direction de lutte contre la maladie fera les actions suivantes :

- Saisie du **protocole de prélèvement** : pour garantir les bons résultats des examens de laboratoire, il existe des recommandations sur la qualité, la quantité et la manière de réaliser les prélèvements. La saisie de ce protocole permet d'accompagner les professionnels de santé dans l'accomplissement de leurs tâches. Dans le cas de la tuberculose, ce protocole sera :*"Pratiquer*

l'un de trois protocoles suivants : 1) Quand la toux est productive, faire de l'expectoration. Les prélèvements doivent être faits dans de bonnes conditions d'hygiène (récipient large, à fermeture hermétique), afin d'assurer la sécurité du personnel (port de masques de protection respiratoire). Le nombre optimal de prélèvements est de 3 (1 par jour, 3 jours consécutifs), à réaliser avant la mise en route du traitement antituberculeux, 2) Le prélèvement du contenu gastrique par « tubage », réalisé le matin au réveil, à jeun, avant le lever du patient ; elle peut durer trois jours si les premiers prélèvements sont négatifs. 3) l'aspiration des sécrétions bronchiques au cours d'une fibroscopie bronchique et, éventuellement, la biopsie d'une lésion endobronchique."

- Saisie du **protocole de confirmation** de la maladie : la détection de l'agent pathogène dans l'organisme humain peut paraître simple le plus souvent s'il s'agit de rechercher la présence ou non d'un parasite comme les vers intestinaux, les bactéries. Dans le cas des maladies à virus ou certains bacilles, la confirmation d'une invasion du système sanguin ou respiratoire humain peut nécessiter un protocole assez élaboré. L'objectif dudit protocole est d'accompagner les techniciens de laboratoire dans ses efforts de confirmation d'une maladie à travers la recherche des agents pathogènes dans les prélèvements des sujets soupçonnés. En reprenant l'exemple de la tuberculose, le diagnostic bactériologique de la tuberculose repose sur la mise en évidence des bacilles de la tuberculose, à savoir *M. tuberculosis* (le plus fréquent), *M. bovis* ou *M. africanum* (tous les deux beaucoup moins fréquents), ces 3 espèces très proches étant réunies sous le nom de « complexe *tuberculosis* ». Les méthodes bactériologiques à mettre en œuvre comprennent la recherche de bacilles acido-alcoolo-résistants (BAAR) par l'examen microscopique, la mise en culture sur milieux spécifiques, l'identification par la méthode moléculaire ou biochimique des bacilles obtenus en culture et les tests de sensibilité aux antituberculeux. Voici un exemple de protocole de confirmation du cas de tuberculose au laboratoire : *" Tests diagnostiques : microscopie, sensibilité aux antibiotiques - procédés : examen direct des crachats sur lames par microscopie, examiner au moins deux échantillons colorés au Ziehl Neelsen. Description Positive : - Positive si 2 frottis d'expectoration positifs pour les bacilles acido-alcoolo-résistants (BAAR) ou un frottis d'expectoration positif pour la présence de BAAR à l'examen microscopique et des anomalies radiologiques ou un frottis d'expectoration positif pour la présence de BAAR à l'examen microscopique et un prélèvement d'expectoration positif pour la culture BAAR. "*

- Saisie de la **liste des laboratoires éligibles** par province et par zone de santé : il existe des maladies dont la confirmation n'exige pas de laboratoires spéciaux. C'est notamment le cas de la plupart des maladies parasitaires. Par contre, il y a une liste de maladies dont le diagnostic peut parfois nécessiter la confrontation des résultats de plusieurs échantillons analysés dans des laboratoires différents. Pour des raisons d'efficacité, les acteurs du niveau central peuvent fournir une liste des laboratoires spécialisés les plus proches des zones de santé. En cas de survenue d'une épidémie, chaque BCZS sait exactement où transmettre leurs prélèvements de confirmation de cas au laboratoire.

Les informations se rapportant au protocole de prélèvement, de confirmation et à la liste des laboratoires spécialisés à contacter sont enregistrés, au format approprié, dans la base de données locale des structures de santé de niveau intermédiaire (DPS) et périphérique (BCZS, FOSA) pour une utilisation ultérieure. Les signes et symptômes de la maladie sont enregistrés au format audio et SMS puisqu'ils serviront plus tard quand qu'il faudra alerter la population, en particulier du démarrage d'une épidémie, dans une zone géographique très précise.

La séquence de déroulement du processus de confirmation des cas au laboratoire est illustrée dans la figure 3.11 page suivante. Il convient de remarquer que, pour faire simple, un seul flux est utilisé pour indiquer la saisie du protocole de prélèvement et de celui de confirmation par un agent de la DLM bien qu'en réalité la saisie se fait en deux temps.

Quant à la liste des laboratoires éligibles, elle sera transmise aux 518 Bureaux de Coordination de Zone de Santé qui accompagnent les formations sanitaires au niveau périphérique. Nous envisageons la saisie de cette liste par un agent de la DLM au niveau national. Toutefois, le niveau intermédiaire, DPS, pourrait y apporter des modifications appropriées de manière à prendre en considération les réalités des provinces parfois ignorées au niveau central. Les activités à exécuter lors de la confirmation de la maladie sont schématisées dans le diagramme d'activités de la figure 3.12 page 88. Remarquons que la saisie de la définition simplifiée peut se faire directement après celle de la définition standard si la maladie ne dispose pas du protocole laboratoire de confirmation.

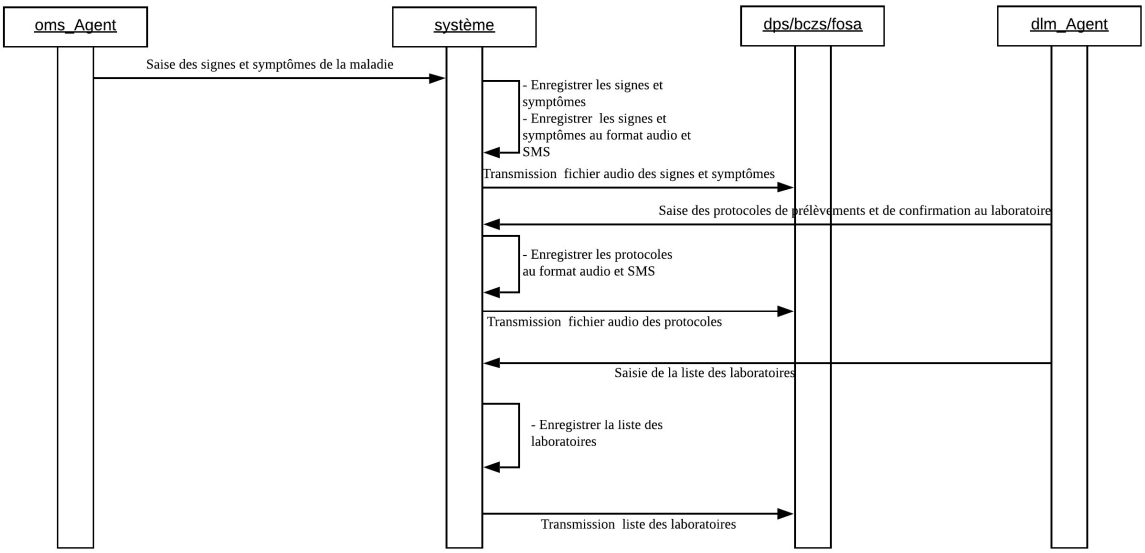


FIGURE 3.11 – Séquences de saisie des signes et protocoles de confirmation d'une maladie.

Etape 1.3 : Décrire la prise en charge des malades

Prendre en charge des malades (ou soins centrés sur le patient) met l'accent sur les soins objectifs et professionnels concernant ausi bien les aspects médicaux que psychologiques des soins infirmiers. L'objectif poursuivi par cette étape est de prendre des mesures pour aider à améliorer les pratiques cliniques dans la Zone de Santé. Pour préparer les personnels de santé à mener avec efficacité les actions de riposte, les actions ci-dessous sont primordiales :

— Vérifier, avec chacune des formations sanitaires, si le personnel clinique connaît et utilise les protocoles recommandés pour la prise en charge des cas liés aux maladies épidémiques ;

— S'assurer que les praticiens reçoivent bien les résultats de confirmation de laboratoire, quand c'est nécessaire ;

— En cas d'épidémie importante, demander au responsable de chacune des formations sanitaires d'identifier un lieu permettant d'accueillir un nombre élevé de patients ;

— Fournir des procédures opérationnelles standardisées (POS) comportant des directives de lutte contre les infections ;

— Instaurer des mesures visant à contrôler l'infection et à réduire les risques,

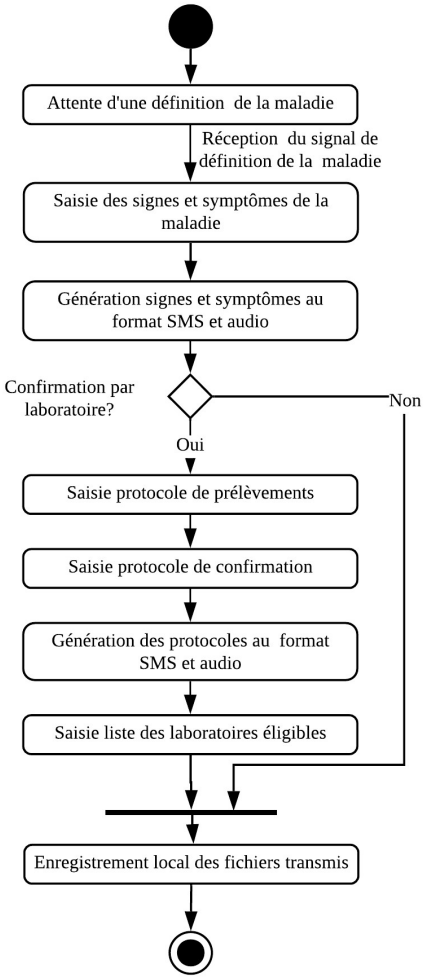


FIGURE 3.12 – Activités se rapportant à la confirmation de la maladie.

par exemple :

— S'assurer que le personnel de santé bénéficie des mesures de sécurité et de protection individuelle pour toutes les maladies infectieuses (tout particulièrement pour Ebola et le SRAS) ;

— Assurer la disponibilité des médicaments et des traitements nécessaires.

La description de la prise en charge des malades se fait en deux temps selon l'illustration de la figure 3.13 page suivante. L'agent de l'OMS saisit la procédure opérationnelle standardisée de la maladie qui sera enregistrée dans le système et stockée au format audio et SMS réutilisable. Ensuite, un agent du niveau intermédiaire à savoir la DPS saisit les recommandations de prise charge locale. Cette possibilité permet l'intégration de solutions thérapeutiques ayant fait leurs

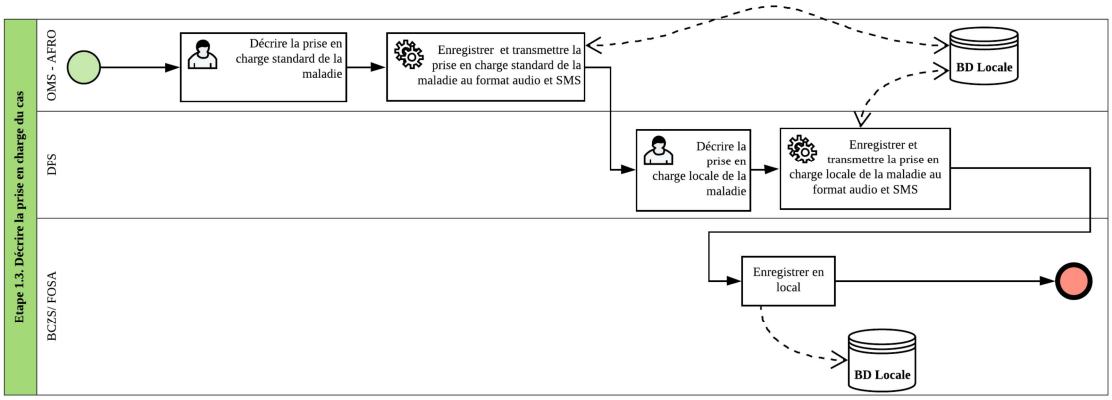


FIGURE 3.13 – Description standard et locale de la prise en charge des malades.

preuves dans les soins de la population. Voici un exemple de la prise en charge standard du cas de tuberculose :" Traitement individuel avec observation directe, en anglais DOTS (Directly Observed Treatment, Shortcourse) à base d'isoniazide, rifampicine et fluoroquinolone ". Pour la prise en charge locale, on pourra saisir ce qui suit : " extraits d'ail, millepertuis ".

Le recours à la médecine moderne n'est pas toujours possible pour guérir toutes les maladies enregistrées au niveau des communautés locales. Il existe des traitements efficaces contre des maladies telles que le paludisme que propose la phytothérapie. Il reviendra aux autorités provinciales de saisir des solutions jugées efficaces dans le système avant de produire une version audio et SMS de vulgarisation au sein de la population et des professionnels de la santé.

Les soins centrés sur le patient consistent à prendre soin des patients (et de leurs familles) de manière significative et utile pour chaque patient. Cela comprend l'écoute, l'information et la participation des patients à leurs soins. L'Institut de Médecine définit les soins centrés sur le patient comme suit : «Fournir des soins respectueux et attentifs aux préférences, aux besoins et aux valeurs de chaque patient et veiller à ce que les valeurs du patient guident toutes les décisions cliniques ».

Picker [RAWSON J. V. et MORETZ J., 2016] donne huit principes pour rendre efficace les soins centrés sur le patient :

1. ***Respect des valeurs, des préférences et des besoins exprimés par les patients***. Il revient à impliquer les patients dans la prise de décision, en reconnaissant qu'ils sont des individus avec leurs propres valeurs et préférences. Traiter les patients avec dignité, respect et sensibilité à leurs valeurs culturelles et à leur autonomie.

2. ***Coordination et intégration des soins***. Au cours des groupes de discussion, les patients ont déclaré se sentir vulnérables et impuissants face à la maladie. Une bonne coordination des soins peut atténuer ces sentiments.
3. ***Information et éducation.*** Lors des entretiens, les patients ont exprimé leur inquiétude de ne pas être complètement informés de leur état ou de leur pronostic. Pour contrer cette peur, les hôpitaux peuvent se concentrer sur trois types de communication :
   — Informations sur l'état clinique, les progrès et le pronostic.
   — Informations sur les processus de soins.
   — Information facilitant l'autonomie, les soins personnels et la promotion de la santé.
4. ***Confort physique.*** Le niveau de confort physique signalé par les patients a un impact significatif sur leur expérience. Trois domaines ont été signalés comme particulièrement importants pour les patients :
   — Gestion de la douleur
   — Assistance pour les activités et les besoins quotidiens
   — Environnement et environnement hospitalier.
5. ***Soutien affectif et atténuation de la peur et de l'anxiété.*** La peur et l'anxiété associées à la maladie peuvent être aussi débilitantes que les effets physiques. Les aidants devraient accorder une attention particulière à :
   — Anxiété sur l'état physique, le traitement et le pronostic
   — Anxiété liée à l'impact de la maladie sur elle-même et sur la famille.
   — Anxiété face à l'impact financier de la maladie
6. ***Implication de la famille et des amis.*** Ce principe concerne le rôle de la famille et des amis dans l'expérience du patient. Les dimensions familiales des soins centrés sur le patient ont été identifiées comme suit :
   — Fournir des logements pour la famille et les amis
   — Impliquer la famille et les amis proches dans la prise de décision
   — Soutenir les membres de la famille en tant que soignants
   — Reconnaître les besoins de la famille et des amis
7. ***Continuité et transition.*** Les patients ont exprimé des inquiétudes quant à leur capacité à prendre soin d'eux-mêmes après leur sortie. Répondre aux besoins des patients dans ce domaine nécessite les éléments suivants :

— des informations compréhensibles et détaillées sur les médicaments, les limitations physiques, les besoins alimentaires, etc.

— Coordonner et planifier le traitement et les services en cours après la sortie

— Fournir des informations sur l'accès au soutien clinique, social, physique et financier de manière continue

8. ***Accès aux soins.*** Les patients doivent savoir qu'ils peuvent accéder aux soins en cas de besoin.

La séquence de déroulement du processus de description de la prise en charge est illustrée dans la figure 3.14. La saisie de la prise en charge standard se fait au niveau national. Le système transmet cette procédure opérationnelle standardisée à toutes les structures des niveaux inférieurs du système de santé (DPS, BCZS et FOSA) qui peuvent stocker localement chacune sa version. Lorsqu'une DPS trouve une raison valable de saisir une prise en charge locale des malades dans le système, ce dernier se charge de la transmettre à des structures de santé sous sa dépendance. C'est ainsi que cette solution supplémentaire peut servir à toutes les formations sanitaires de la province. La sauvegarde en local de la solution est une option pour les structures disposant des équipements et des technologies appropriées.

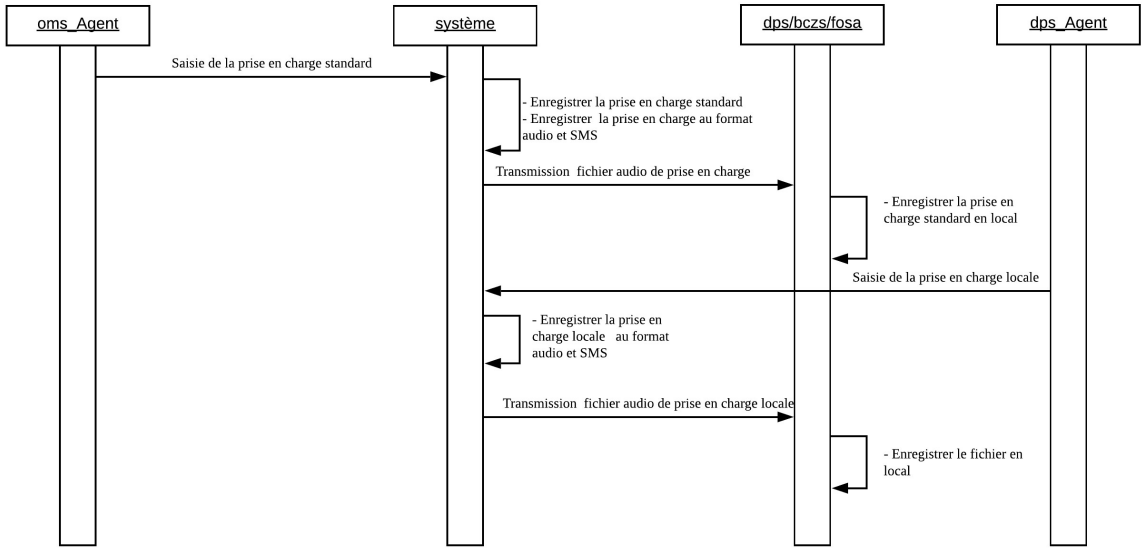


FIGURE 3.14 – Séquences de saisie de prise en charge standard et locale.

Dans le cas où une solution locale fait ses preuves à l'échelle nationale, on

peut solliciter le niveau central pour la saisir dans le système permettant ainsi la transmission à toutes les structures de niveaux inférieurs.

Les activités à exécuter lors de la description de la prise en charge standard et locale des malades sont schématisées dans le diagramme d'activités de la figure 3.15 page suivante. Remarquons que le diagramme d'activités apporte une précision selon laquelle la saisie de la prise en charge locale ne se fait que pour les maladies disposant d'une solution locale approuvée. La dernière activité (« enregistrement local des fichiers transmis ») concerne aussi bien l'enregistrement en local de la prise en charge standard que celui d'une éventuelle prise en charge locale.

Etape 1.4 : Définir les mesures préventives de la maladie

De manière plus large, le terme *"mesure de prévention"* et plus spécifiquement la prévention, désigne l'ensemble des dispositions à prendre afin d'éviter l'apparition, l'aggravation ou la dégradation d'un accident, une maladie ou, plus généralement, de toute situation (sanitaire, sociale, environnementale, économique...) dommageable comme une épidémie, un conflit, une catastrophe, une crise. La prévention consiste alors en la limitation du risque par le biais de différentes mesures destinées à réduire, voire même à supprimer complètement, le risque décelé au cours d'une évaluation. Agir avec une attitude de prévention consiste à :

— anticiper des mesures pour réduire, parfois jusqu'à supprimer, les conditions et donc la probabilité de survenue d'un événement incertain et aléatoire ;
— augmenter la résilience économique ou communautaire en anticipant les mesures permettant de mieux combattre les conséquences d'un « sinistre » ;
— assurer une prestation, souvent financière, avant la survenance d'un événement accidentel auprès d'un individu, d'une association ou d'une entreprise, en échange de la perception d'une cotisation ou prime.

La prévention des maladies est complexe pour différentes raisons :

— Les causes en sont moins évidentes : la relation entre le tabac et les maladies cardiovasculaires [Bullen C., 2008] n'a pu être prouvée qu'après de nombreuses études épidémiologiques d'une cohorte incluant plusieurs dizaines de milliers de personnes suivies pendant de nombreuses années.
— L'efficacité de la prévention est moindre car il s'agit souvent uniquement d'une réduction du risque et non son abolition (mis à part, peut-être, la vaccination qui permet parfois d'exclure la maladie concernée)

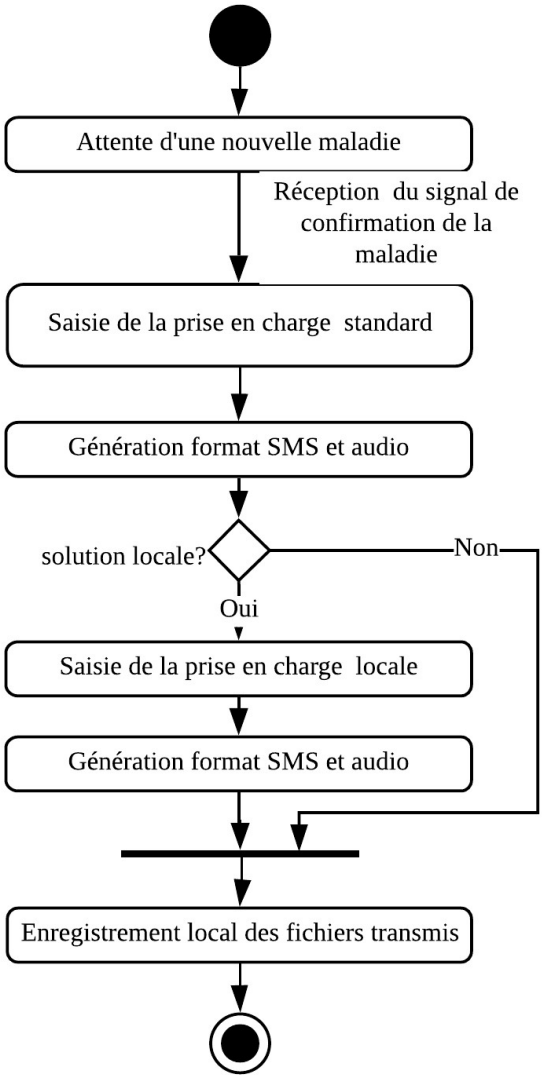


FIGURE 3.15 – Activités se rapportant à la description de la prise en charge des malades.

— L'évaluation des résultats de la prévention est également plus difficile à réaliser (études d'intervention). Elle est nécessaire et peut révéler parfois des surprises : dans les années 1980, certains médicaments anti-arythmiques, donnés en prévention de la mort subite de l'adulte (arrêt cardiorespiratoire), ont finalement entraîné plus de décès que chez un groupe de patients non traités.

— Elle est parfois plus coûteuse, au point de poser des problèmes de santé publique : on sait que le défibrillateur implantable est efficace dans la pré-

vention de la mort subite chez certains patients bien ciblés, mais le coût important de cette technique limite sa diffusion actuelle.

— L'information est parfois biaisée par des intérêts financiers ou de pouvoir : l'intérêt des alicaments (aliments qui seraient dotés de vertus d'ordre pharmaceutique), qui bénéficient d'une large publicité, n'est que pourtant rarement prouvé.

La prévention, à une « *juste mesure et au bon moment* » et donc bien menée, est fondamentale en médecine et en épidémiologie : l'action la plus efficace est *a priori* celle qui limite le risque qu'il y ait des victimes. Mais une vision à long terme est nécessaire, car une prévention qui semble pertinente et efficace dans l'immédiat peut produire à long terme un effet inverse de celui qui était recherché. Ainsi « *trop d'hygiène* » ne permettant plus à l'individu d'entretenir une immunité normale face aux microbes et parasites, ou une utilisation préventive intensive d'antibiotiques (en médecine ou dans l'alimentation animale) peut conduire à des phénomènes d'antibiorésistance et à des maladies nosocomiales à grande échelle.

Tableau 3.2 – Types de prévention définis par l'OMS.

Types de prévention			Côté Médecin	
			Maladie	
			absente	présente
Côté Patient	Maladie	absente	Prévention primaire (pas malade maladie absente	Prévention secondaire (pas malade maladie présente)
		présente	Présente quaternaire (malade maladie absente)	Prévention tertiaire (malade maladie présente)

L'Organisation mondiale de la santé OMS définit quatre niveaux de prévention (voir tableau 3.2 [5]) :

— La prévention primaire désigne l'ensemble des actes destinés à diminuer l'incidence d'une maladie, donc à réduire l'apparition des nouveaux cas. En agissant en amont de toute manifestation clinique, cette prévention empêchant l'apparition de la maladie utilise l' *éducation et l'information auprès de la population*.

— La prévention secondaire englobe l'ensemble des actes destinés à diminuer la prévalence d'une maladie, donc à réduire sa durée d'évolution. Elle in-

5. https ://fr.wikipedia.org/wiki/Prévention [Accédé le 11/10/2019]

tervient dans le dépistage de toutes les maladies et comprend le début des traitements de la maladie.

— La prévention tertiaire comprend l'ensemble des actes destinés à diminuer la prévalence des incapacités chroniques ou des récidives dans la population, donc à réduire les invalidités fonctionnelles dues à la maladie. Elle agit en aval de la maladie afin de limiter ou de diminuer les conséquences de la maladie et d'éviter les rechutes.

— La prévention quaternaire désigne initialement, en santé publique, l'ensemble des soins auprès des malades qui ont dépassé le stade des soins curatifs et qui se trouvent parfois aussi en phase terminale. La prévention quaternaire inclut donc l'accompagnement des personnes en fin de vie. Le terme *soins palliatifs* est cependant préférable et plus répandu.

La description des mesures préventives de la maladie se fait également en deux temps selon l'illustration de la figure 3.16. L'agent OMS saisit les mesures préventives standards de la maladie à enregistrer dans le système et stocker au format audio et SMS réutilisable. Ensuite, un agent du niveau intermédiaire à savoir la DPS saisit les recommandations des mesures préventives locales. Il existe bel et bien des pratiques locales pour prévenir l'apparition de certaines maladies ou en limiter la propagation. L'isolement d'un malade très contagieux dans un village peut signifier la construction d'une case séparée pour son hébergement. Voici un exemple des mesures préventives du cas de tuberculose :*" bonne hygiène de vie, isolement des personnes contaminées. La vaccination se fait par injection par voie intradermique du vaccin BCG "*. Pour les mesures préventives locales, on pourra saisir ce qui suit : *" prises régulières des feuilles de Moringa "*.

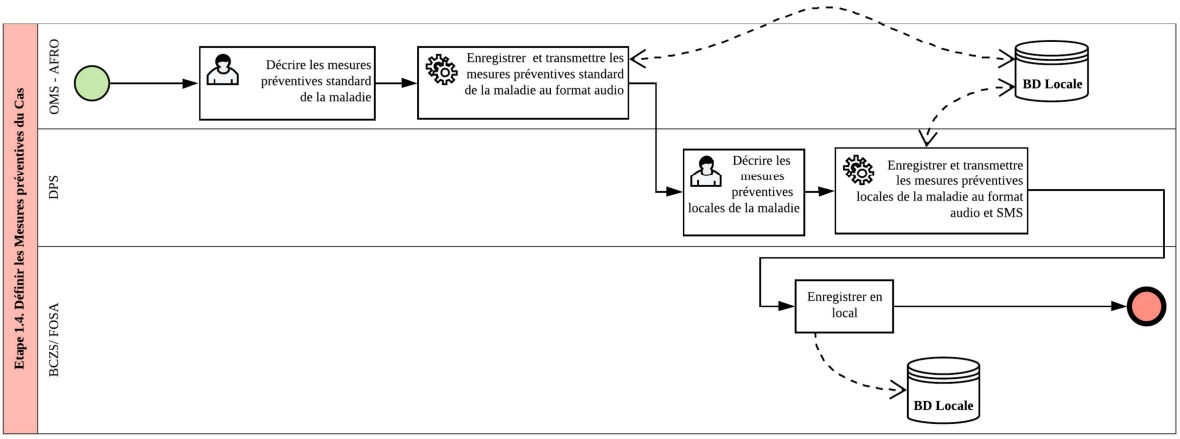


FIGURE 3.16 – Description standard et locale des mesures préventives.

La saisie des mesures préventives standard se fait au niveau national. Le système transmet ces mesures à toutes les structures des niveaux inférieurs du système de santé qui en stockent chacune sa version. Lorsqu'une DPS trouve une raison valable de saisir des mesures préventives locales des malades dans le système, ce dernier se charge de les transmettre à des structures de santé sous sa dépendance. La sauvegarde en local de la solution est une option pour les structures disposant des équipements et des technologies appropriées.La séquence de déroulement du processus de description des mesures préventives est illustrée dans la figure 3.17.

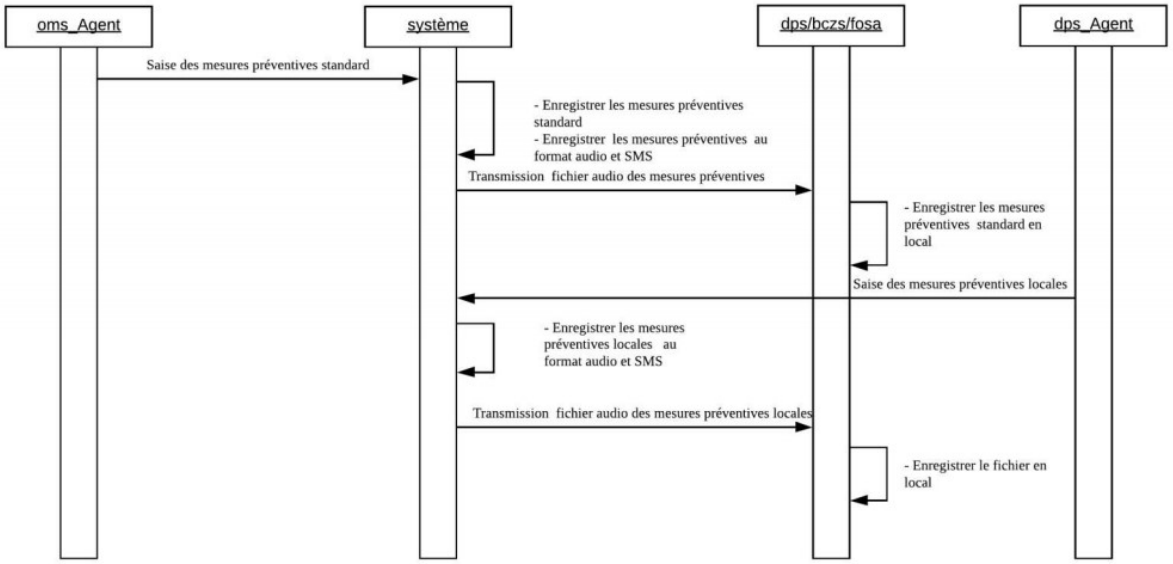


FIGURE 3.17 – Séquences de saisie des mesures préventives standards et locales.

Les activités à exécuter lors de la description des mesures préventives standards et locales contre les maladies sont schématisées dans le diagramme d'activités de la figure 3.18 page suivante.

Remarquons que le diagramme d'activités conditionne la saisie des mesures préventives locales aux maladies disposant d'une solution locale approuvée. En d'autres termes, seules les pratiques locales ayant fait leurs preuves dans la population méritent d'être partagées dans la communauté.

La dernière activité du diagramme à savoir « *enregistrement local des fichiers transmis* » désigne l'action de chaque structure de santé du niveau inférieur pour conserver dans sa base de données locale aussi bien l'enregistrement des mesures préventives standards édictées par l'OMS-AFRO que celui des éventuelles mesures préventives locales proposées après validation de l'autorité provinciale.

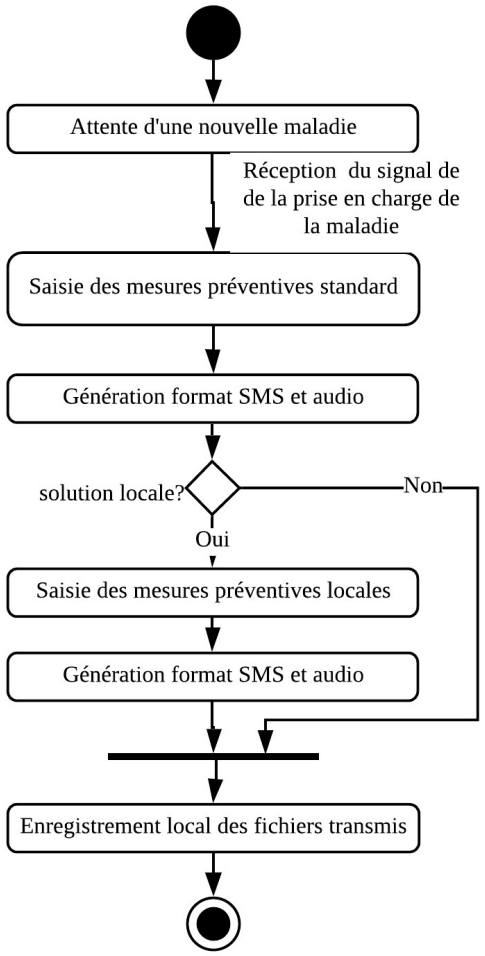


FIGURE 3.18 – Les activités se rapportant à la description des mesures préventives.

Etape 1.5 : Se préparer à la riposte

Une urgence de santé publique, épidémie ou évènement sanitaire, exige une riposte immédiate. La ZS doit donc être préparée à détecter et à répondre à une telle situation. Pour cela, il faut avoir identifié les principaux membres du Comité de Gestion des Urgences Sanitaires (CGUS), cartographié les ressources disponibles, estimé les fournitures nécessaires et se les procurer. Si tout ceci a été fait à l'avance, le système de santé sera capable de réagir rapidement, effectivement et efficacement, pour éviter les décès et handicaps inutiles provoqués par les situations d'urgence.

Cette section s'inspire du document de (MINISTÈRE DE LA SANTÉ, RDC, 2011) et décrit les différentes étapes pour organiser les activités de préparation dans la ZS qui doivent être mises en place dans le cadre du système de santé et qui

pourront être guidées par un plan national de préparation définissant les rôles et les responsabilités, des comités de gestion des urgences sanitaires et, des équipes de réponse rapide aux niveaux intermédiaire et périphérique. La ZS suivra les directives nationales de préparation aux épidémies pour constituer ses stocks de réserve et organiser les autres activités.

La préparation à la riposte est illustrée dans la figure 3.19. Des agents BCZS peuvent saisir dans le système les fonctions et membres du CGUS, les rôles et les membres de l'Equipe de Riposte Rapide (ERR) ainsi que les stocks préventifs.

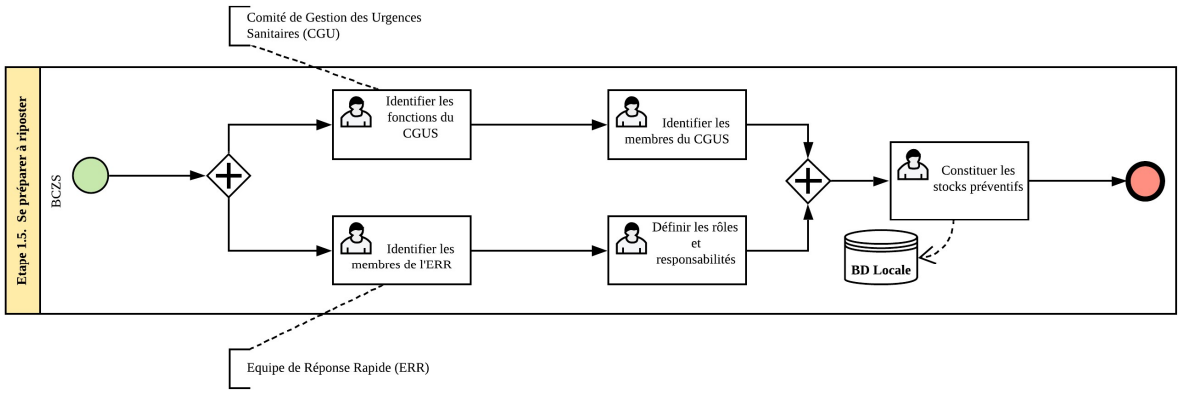


FIGURE 3.19 – La préparation d'une zone de santé à l'organisation de la riposte.

Les CGUS sont des comités multisectoriels de coordination constitués de personnels techniques et non techniques, issus du secteur de la santé et d'autres secteurs, des secteurs publics, non gouvernementaux (ONG) et privés. Les principales fonctions du CGUS de la ZS sont les suivantes :

— Elaborer un plan de préparation et de riposte ;
— Etablir un plan de communication au niveau communautaire concernant l'échange d'informations avec les populations avant, pendant et après les urgences sanitaires :
— Mobiliser les ressources pour la prévention et le suivi des situations d'urgence, avec notamment la fourniture du matériel nécessaire à la riposte et à la communication ;
— Faciliter l'approvisionnement des stocks d'urgence dans la ZS ;
— Renforcer les liens avec les relais communautaires, afin de garantir la circulation des informations permettant la détection précoce des évènements sanitaires ;

— Coordonner à l'intérieur de la ZS les activités de cartographie des risques pour la population, et s'assurer que tous les sites de notification savent se servir des seuils pour notifier les épidémies ou les évènements ;

— Coordonner la formation du personnel de la ZS, des formations sanitaires et des relais communautaires, à la préparation et à la riposte aux urgences ;

— Prévoir régulièrement des simulations de riposte aux situations d'urgence, au niveau de la population et de la ZS ;

— Coordonner l'évaluation post-urgence et prévoir la communication des résultats aux populations affectées.

L'équipe de réponse rapide est une équipe technique multidisciplinaire toujours disponible, prête à être rapidement mobilisée et déployée en cas d'urgences. Elle doit comporter :

— Un épidémiologiste ou responsable de santé publique (responsable de la lutte contre les maladies, par exemple)

— Un technicien de laboratoire ;

— Un clinicien ;

— Un technicien d'assainissement ;

— Un vétérinaire ou un spécialiste de la faune sauvage ;

— Autres, selon la disponibilité du personnel technique et du type d'évènement constituant une urgence (experts en risques chimiques ou industriels, par exemple).

Les rôles et responsabilités de l'équipe de réponse rapide sont :

— Investiguer sur les rumeurs, les épidémies notifiées et autres urgences de santé publique ;

— Proposer des stratégies appropriées et des mesures de lutte, notamment des activités de communication autour des risques ;

— Coordonner les actions de riposte rapide avec les partenaires et autres organismes ;

— Initier la mise en œuvre des mesures de lutte proposées, notamment le renforcement des capacités ;

— Préparer des rapports d'investigation détaillés ;

— Participer à l'évaluation finale de la riposte.

Les épidémies et autres urgences sanitaires exigent une mobilisation rapide des ressources (médicaments, vaccins, réactifs et fournitures de laboratoire). Il est donc prudent d'établir et de pré-positionner des stocks des matériels avant la survenue d'une urgence.

Suite à l'évaluation des risques sanitaires, les ZS doivent installer des stocks de réserve de médicaments, de vaccins, de réactifs et des fournitures permettant une prise en charge rapide des premiers cas, sans attendre l'arrivée de l'appui des niveaux supérieurs. Ces stocks doivent être régulièrement et soigneusement contrôlés, afin d'éviter les gaspillages et l'arrivée à expiration des médicaments, vaccins, réactifs et fournitures.

Le contenu des stocks de réserve dépend de la nature des maladies à potentiel épidémique dans la ZS et du risque d'épidémie. L'évaluation des risques va donc permettre de dresser une liste des matériels qui doivent être pré-positionnés au niveau de la ZS et de la population. Le tableau 3.3 page suivante illustre un exemple des fournitures et équipements à prévoir avant la survenue d'une épidémie.

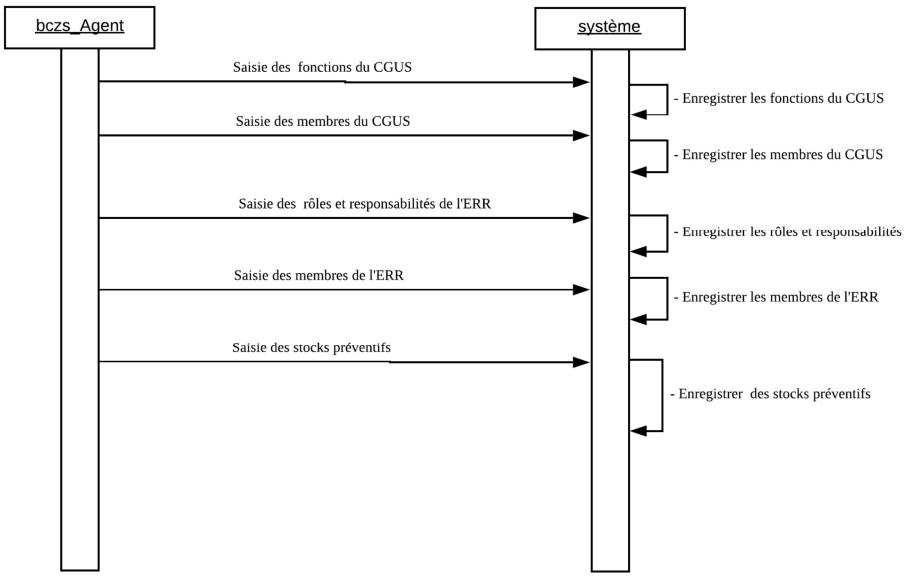


FIGURE 3.20 – Séquences des éléments de préparation à la riposte.

La séquence de déroulement du processus de préparation à la riposte est illustrée dans la figure 3.20. Chaque BCZS est responsable de la préparation de son intervention efficace à la survenue d'une épidémie ou un quelconque événement sanitaire. Les fonctions du CGUS sont fournies par le niveau national. Les membres remplissant les conditions requises sont identifiés et saisis dans

Tableau 3.3 – Principales fournitures et équipements à stocker pour la riposte aux épidémies.

Principales fournitures et équipements à stocker pour la riposte aux épidémies				
Médicaments	**Désinfectants, Insecticides et Rodenticides**	**Autres Fournitures**	**Vaccins**	**Equipement**
Acide nalidixique	**Désinfectants**	Aiguilles	Vaccins contre la méningite AC	Ustensiles de cuisine
Chloramphénicol huileux	Crésol	Seringues autobloquantes	Vaccins contre la méningite ACW135	Bougies
Ciprofloxacine	Eau de javel à 2%	Sets de perfusion intraveineuse (différentes tailles)	Vaccins conjugués contre la méningite	Carburant
Diazépam	Eau de javel (à 10%)	Sondes gastriques diamètre 2,7 mm, 38 cm	Vaccins contre le choléra	Cartes
Doxycycline	Hypochlorite de calcium	Sondes gastriques diamètre 5,3 mm, 50 cm	VAT (vaccin antitétanique)	Conteneurs
Erythromycine	Hypochlorite de sodium	Equipement de protection individuelle	Vaccin anti-amaril	Feuilles plastifiées
Liquides de réhydratation	**Pesticides**	Moustiquaires	**Autres vaccins**	Générateur
Fortifiants	Cyperméthrine	Pulvérisateurs (de type pompe et brumisateur)	VAR	GPS
Paracétamol	Malathion	Fournitures de laboratoire	VPO	Kits de camping
Pénicilline G (benzyl pénicilline)	Perméthrine	Cuillères à café		Lab
Pénicilline V	**Rodenticides**	Cuillère à soupe		Lampes
Ribavirine	Brodifacoum			Lampes frontales
Ringer lactate	Bromadione			Lampes à kérosène
Sels de réhydratation orale				Ordinateurs
Streptomycine				Paraffine
Tétracycline				Pulvérisateurs
Trimétroprime-sulfaméthoxazole				Radio (talkie walkie)
				Sacs mortuaires
				Seaux
				Téléphones

la base de données locale. La même opération sera réalisée pour les rôles et responsabilités des membres de l' ERR. Le BCZS saisira une liste illustrative des professionnels de santé qu'on peut utiliser lors de la constitution d'une ERR d'intervention sur le terrain. Il existe une collaboration entre les BCZS pour partager des membres aux compétences spécifiques qui ne sont pas faciles à trouver.

Le stock de pré-positionnement pour commencer la riposte en attendant l'intervention de la hiérarchie est également saisi dans le système. Le système doit disposer d'un module de gestion automatique des stocks pour éviter le gaspillage et anticiper le renouvellement des produits périmés.

Les principales activités à exécuter lors de la préparation à la riposte contre les maladies à savoir *saisie des fonctions et des membres du comité de gestion des urgences*

sanitaires, des rôles et reponsabilités des membres de l'équipe de reponse Rapide sont schématisées dans le diagramme d'activités de la figure 3.21.

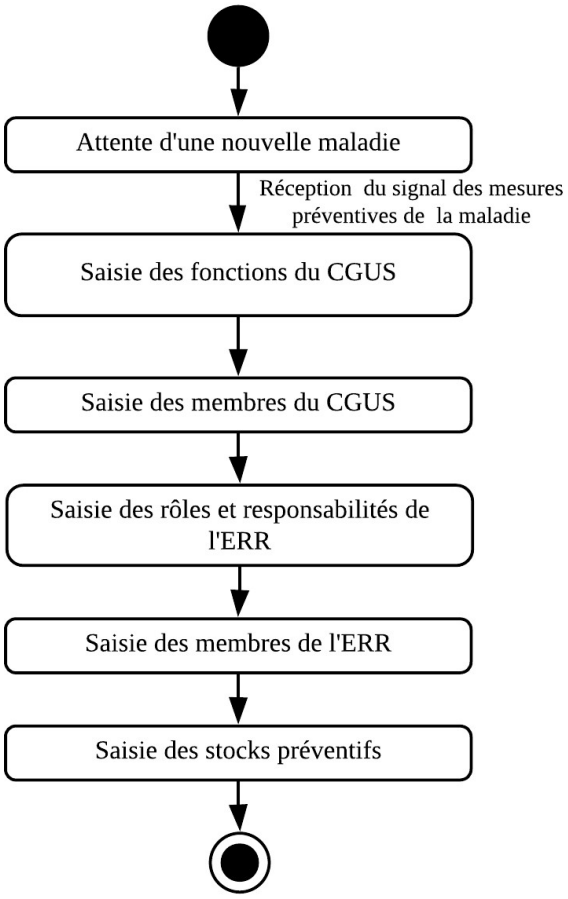


FIGURE 3.21 – Activités se rapportant à la préparation à la riposte d'une épidémie.

3.3.2 Phase 2 : Surveiller les données sanitaires de la maladie

La surveillance des maladies fait partie de l'épidémiologie descriptive et c'est le rôle des agences sanitaires. La surveillance est un processus continu et systématique de recueil, d'analyse, d'interprétation et de dissémination de données descriptives permettant le suivi temporel des évènements de santé dans une population. En parlant d'un recueil en continu des données et du suivi temporel des événements de santé, il s'agit bien de détecter des tendances.

Les objectifs de la surveillance peuvent être :

— la détection des épidémies qui se fait par l'étude du franchissement des seuils épidémiques pour les maladies infectieuses qui ont une forte réactivité ou par une surveillance syndromique, c'est-à-dire qu'on ne va pas surveiller simplement une maladie mais des symptômes. On va surveiller des cas groupés d'infection respiratoire, des cas groupés de méningite et des cas groupés d'infection gastro-intestinale. On n'a pas une maladie précise à l'origine de ces infections respiratoires, mais on cherche à détecter des cas groupés pour envoyer des investigations rapidement. Il pourrait quelquefois s'agir d'une nouvelle maladie respiratoire.

— le suivi des tendances sur le long terme. Cela peut être à la fois l'histoire naturelle des épidémies pour voir comment elles naissent et disparaissent mais également pour les maladies cardiovasculaires, les cancers ou les maladies neuro-dégénératives, suivre les grandes tendances dans le temps et voir l'impact par exemple des campagnes de dépistage qui amèneront une augmentation de la détection de ces maladies ou l'impact d'interventions de contrôle, de l'effet d'une vaccination par exemple sur certaines maladies infectieuses.

La surveillance repose sur toute une série d'outils qui sont mis à disposition des agences qui l'exercent. Il peut s'agir des maladies à déclaration obligatoire, des registres - les registres de cancer, par exemple-, des réseaux de cliniciens, ou des réseaux de laboratoire. On peut être amené quelquefois à faire des enquêtes nationales pour avoir une photo instantanée d'un état de santé particulier dans la population.

On distingue deux modes de surveillance : active et passive. En surveillance active, c'est l'enquêteur qui va chercher l'information auprès des participants, c'est par exemple lors des grandes enquêtes transversales qui passent par l'échantillonnage de la population. En mode passif, la surveillance se fait sur base des

informations que les formations sanitaires remontent vers les agences sanitaires. C'est par exemple les données des maladies à déclaration obligatoire.

Parmi les propriétés d'un bon système de surveillance nous pouvons citer :

— la sensibilité utile pour détecter des épidémies débutantes ou leurs tendances. Par exemple, pour le choléra un cas avec la même souche dans une région indemne de la maladie suffit à définir une épidémie ;

— la réactivité rend les résultats disponibles rapidement pour les autorités de santé. Si une épidémie de méningite à méningocoque débute, il faudra très rapidement isoler les malades, traiter leurs contacts avec des médicaments pour s'assurer qu'ils ne développeront pas la maladie. Le temps de réaction étant très court, il faut un système où l'information remonte très vite ;

— l'intégrité allégera les tâches des médecins, des laboratoires qui participent à ces systèmes de surveillance qui sont des gens déjà débordés dans leurs activités quotidiennes. Si vous leur demandez de faire plus, il faut que ce soit simple, donc qu'il y ait peu de surcharge de travail pour que le système fonctionne. S'il y a des formulaires beaucoup trop longs à remplir, les médecins ne vont pas les remplir et par conséquent le système n'aura pas des données actualisées ;

— l'acceptabilité à la fois pour les patients comme pour les personnels soignants ;

— la représentativité permet de détecter les grandes tendances. On n'a pas besoin d'être exhaustif. On cherche toujours à privilégier la représentativité du système qui nous montrera si on est en train de monter ou en phase descendante. On ne cherche pas à capter toutes les informations sur la maladie. Non seulement ça serait pas possible mais cela irait à l'encontre des autres objectifs du système de surveillance

L'idéal serait que la remontée des données, se fasse de façon informatisée et en temps réel pour avoir vraiment de la réactivité, c'est-à-dire que les informations rentrées le jour même par un médecin arrivent et soient analysées et interprétées dans les 48 heures par l'agence de en charge de la surveillance sanitaire.

La surveillance est un métier passionnant, toujours sur le qui-vive. Il faut être capable de détecter les épidémies, déclencher les investigations et d'interpréter les grandes tendances. Elle est vraiment au cœur de la santé publique.

Les six étapes constitutives de la seconde phase de notre méthode sont représentées dans la figure 3.22 page ci-contre. Les détails des activités de chacune des

étapes seront déroulés dans la suite de cette section.

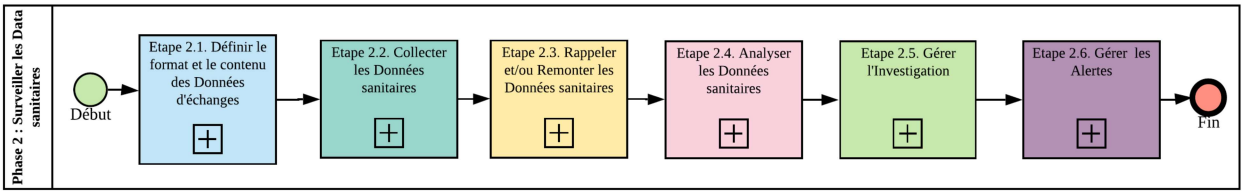


FIGURE 3.22 – Phase 2 : les étapes de la surveillance de la maladie.

Etape 2.1 : Définir le format et le contenu des données d'échange

Dans le domaine des soins des patients, l'échange des données entre les services médicaux a apporté beaucoup d'amélioration dans la prise en charge des maladies. L'amélioration de la qualité des soins et de la sécurité des patients est au coeur de nombreux système basé sur l'Echange d'Information de santé (Health Information Exchange (HIE)) pour prévenir les erreurs médicales et améliorer la sécurité. Dans l'enquête d'initiative eHealth de 2008 (Fontaine et al., 2010), 14% de HIE ont permis de meilleurs résultats pour les soins, 12% ont réduit le nombre d'admissions et 9,5% ont signalé une diminution des erreurs de prescription. 24% offraient des services de gestion de maladies ou de soins chroniques et 19% rapportaient une amélioration de l'observance des lignes directrices en matière de soins chroniques et de prévention. Un accès complet aux enregistrements électroniques pourrait faciliter la collaboration avec leurs fournisseurs et améliorer la qualité et la sécurité.

L'échange des données de qualité entre acteurs de santé est très utile en épidémiologie car il permet également le suivi des tendances sur le long terme afin de détecter des épidémies au sein de la population. Malheureusement, l'hétérogénéité des systèmes d'information et du format de données produites au niveau des structures sanitaires de trois niveaux ne facilite pas le partage de ces précieuses données.

Le format et le contenu des données d'échange sont parfois suggérés par les partenaires appuyant la structure sanitaire. En fonction des analyses que chaque partenaire fera desdites données, plusieurs informations peuvent être demandées aux structures intervenant dans le niveau périphérique rendant ainsi difficiles leur production. Notre méthode facilite l'analyse au niveau national en proposant un format et un contenu simple aux producteurs de données de santé. Par format, nous attendons aussi bien les formulaires manuels que les fichiers électroniques.

Les actions rattachées à la description du format d'échange et aux formulaires sont illustrées par la figure 3.23.

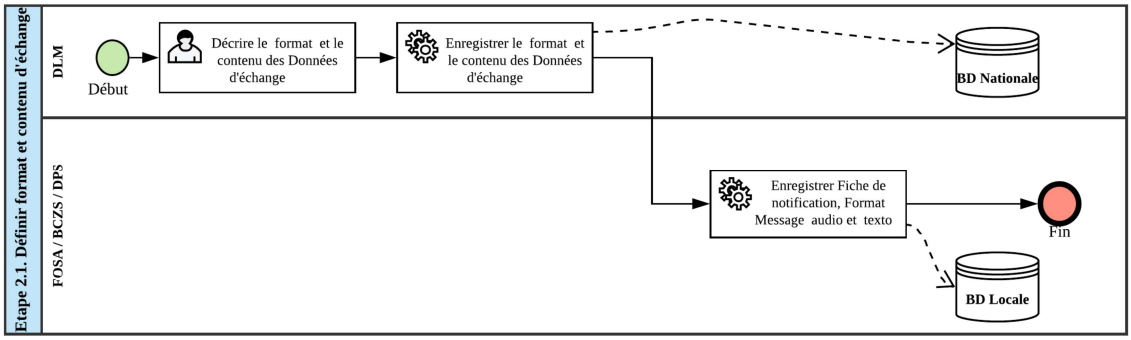


FIGURE 3.23 – Définition du format et contenu d'échange des acteurs de la santé.

Format et contenu des données. La transmission des données de santé du périphérique vers la hiérarchie se fait de différentes manières. Les bureaux de coordination des zones de santé nantis sont ceux qui sont appuyés par des partenaires. Ils utilisent des brigades mobiles qui se déplacent hebdomadairement auprès des formations sanitaires pour faire une collecte active à partir de laquelle remplir les fiches de renseignement pour chaque maladie sous surveillance. Les BCZS sans appui financier se contentent de collationner les fiches de rapportage que les FOSA doivent produire selon la périodicité de chaque maladie. Pour parer au plus pressé, certains BCZS recourent aux appels téléphoniques vers les FOSA pour garnir les fiches de relevé de notification avec les données communiquées.

Certains BCZS remplissent les formulaires de Epi Info, un logiciel de statistiques du domaine public destiné à l'épidémiologie, et génèrent des fichiers au format Microsoft Access ou Excel à transmettre au niveau intermédiaire par mail. Les Programmes spécialisés appuyant les BCZS enregistrant les maladies les concernant fournissent parfois la connexion internet à haut débit pour contraindre les bénéficiaires de l'aide à remonter leurs données à travers les formulaires du logiciel District Health Information Software (DHIS) qui est un logiciel d'information sur la santé de district utilisé dans plus de 60 pays du monde. C'est une plate-forme logicielle open source de reportage, d'analyse et de diffusion de données des Programmes spécialisés de santé. Sa portée initiale - les données mensuelles de routine des centres de santé primaires - a été systématiquement étendue pour couvrir presque tous les aspects des données et informations sur la santé. Elle a récemment été utilisée par d'autres secteurs tels que l'éducation, l'eau

et l'assainissement, la foresterie et la sécurité alimentaire.

A cette étape de la méthode, le niveau central à travers laDGLM propose un format simple mais complet que les structures de santé de niveau inférieur doivent respecter afin de faciliter l'agrégation et les analyses des données. Ce format doit proposer les données pertinentes à rapporter selon les spécificités de la maladie sous surveillance.

Fiches de notification des cas et format de message texte et audio. L'harmonisation des fiches de notification de cas supprimera les diverses versions des fiches antérieures que certaines formations sanitaires continuent à utiliser pour rapporter leurs données de santé. A l'issue des rencontres que les étudiants ont réalisé avec une dizaine de centres de santé de Kinshasa en 2019, ils ont constaté cette diversité des fiches de rapportage. Chaque fiche demande tellement d'informations qu'il n'est pas facile de la remplir complètement. La tâche devient difficile s'il faut chaque fois saisir les informations récurrentes sur le nom de la formation sanitaire, sa localisation, son aire et sa zone de santé de rattachement, etc. La mise à disposition des fiches pré remplies réduirait le temps passé à renseigner une maladie. L'annexe B présente les quatre fiches de notification à utiliser.

Les FOSA peuvent rapporter leurs données sanitaires via des messages SMS. Le format de transmission proposé facilite l'extraction des données utiles tout en fournissant des renseignements de localisation des cas suspects. L'échange avec le serveur des données via le flux USSD apporte des précisions sur l'émetteur des données et la maladie concernée. La figure 3.24 donne l'interprétation du format proposé.

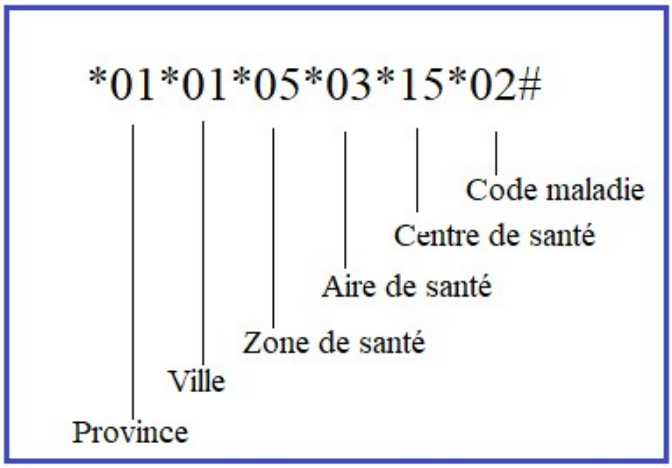


Figure 3.24 – Format SMS de transmission des données de la maladie.

L'avantage de ce format est de faciliter la saisie des utilisateurs au niveau périphérique du système de santé car les informations se rapportant à sa localisation sont incluses dans la requête. Si la requête saisie par l'agent attitré de la FOSA est valide, le serveur lui renvoie deux ou trois petites questions sur la semaine de l'année du rapportage, le nombre de cas et de décès.

Les formations sanitaires qui communiquent les données des maladies à reportage immédiat au BCZS peuvent utiliser un format simple de message consistant à communiquer le code de son centre et celui de la maladie concernée avant de fournir le nombre de cas et de décès enregistrés.

La séquence de déroulement du processus de définition du format et du contenu des données d'échange est illustrée dans la figure 3.25. C'est le niveau central à travers la DGLM qui propose à toutes les structures du système sanitaire le contenu et le mode de transmission des données de santé collectées.

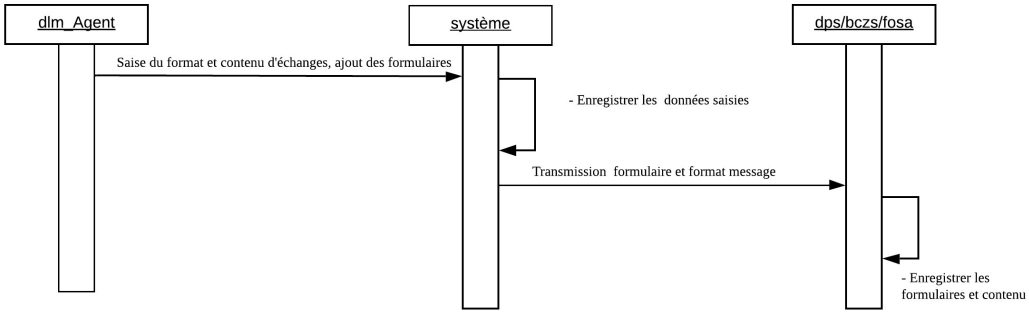


FIGURE 3.25 – Séquences de saisie du format et formulaires d'échange des données.

L'agent de la DGLM saisit dans le système informatique les différents formats ainsi que le contenu attendu. Il y ajoute également les formulaires standards harmonisés de notification des cas, du laboratoire et tout autre document jugé très utile pour le rapportage des données sanitaires. Un manuel de procédure d'utilisation des documents et de mode de transmission est aussi déposé dans le système.

Le système informatique rend les documents enregistrés disponibles aux structures sanitaires des niveaux inférieurs. Lors de l'enregistrement desdits documents par chaque structure du niveau intermédiaire ou périphérique, le système y ajoute des informations additionnelles qui sont propres à la division provinciale ou à la zone de santé. Les formations sanitaires devront compléter les informations liées à leur Aire de santé et aux données observées de la maladie concernée.

Si une formation sanitaire veut sauvegarder les documents fournis par le niveau central dans son propre système, lesdits documents apparaîtront pré-remplis avec toutes les informations de sa localisation géographique et de sa hiérarchie administrative.

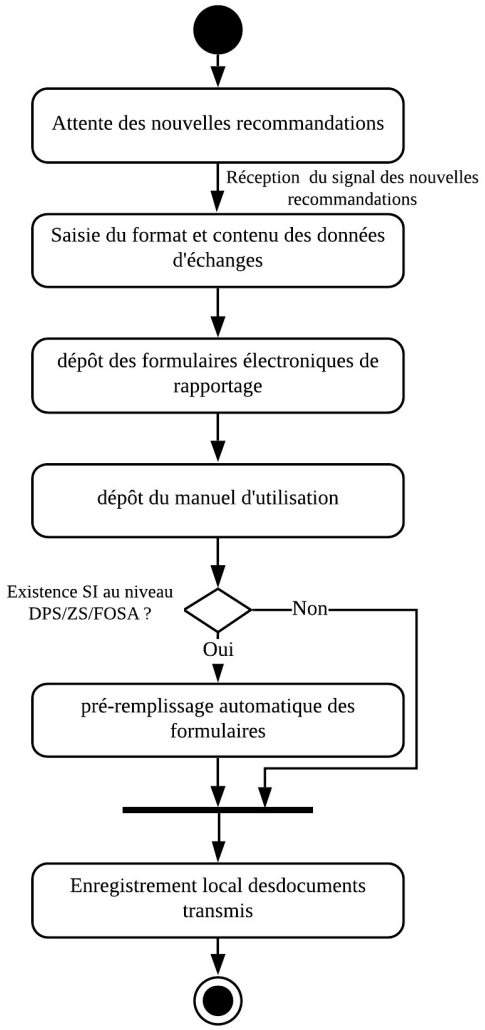


FIGURE 3.26 – Les activités se rapportant au format et formulaires de transmission des données sanitaires.

Les activités se rapportant à la description du format, du contenu et des formulaires de transmission des données sanitaires de la figure 3.26 nous apportent un éclairage supplémentaire dans le fonctionnement interne du processus. Chaque nouvelle recommandation des autorités du secteur déclenche la saisie des nouvelles directives dans le système qui utilise aussi bien les données électroniques et le format imprimable. Les formulaires à imprimer sont fournis dans un format

pré-rempli des informations du niveau où ils sont produits. Un agent de la DPS génère les formulaires avec des renseignements sur le niveau central et la province uniquement. Lors que le formulaire est produit par un agent du niveau Zone de santé, il s'affiche avec les informations de ladite zone y compris celles de la province de rattachement de la zone de santé. Pour les formations sanitaires équipées d'outil informatique, les formulaires que leurs agents génèreront du système s'afficheront avec toutes les informations de leur zone de santé de rattachement et celles de la FOSA et de son aire de santé. Cette génération automatique pré-remplie allège la tâche du remplissage manuel des formulaires par les agents du niveau périphérique. Le formulaire produit par chaque niveau peut être partagé au niveau inférieur qui complète les informations qui lui sont propres.

Etape 2.2 : Collecter les données sanitaires

La collecte des données de santé des populations est une étape cruciale de la surveillance de la propagation des maladies. Si elle est bien menée elle alimentera les données dont l'étape d'analyse décrite plus tard a besoin pour déterminer les tendances et au besoin confirmer le début d'une épidémie nécessitant des actions urgentes pour en limiter l'expansion.

Bien que ces données de santé puissent être produites lors des investigations ou pendant l'organisation de la riposte, l'attention sera portée principalement aux formations sanitaires qui consultent les patients au quotidien. C'est souvent l'alerte des cas suspects qu'elles rapportent qui actionne la mise en place des modes de production des données cités précédemment.

Le processus de collecte des données des patients par les FOSA est succinctement décrit dans la figure 3.27 page suivante où l'on remarque que tout nouveau patient est consulté par un professionnel de santé avant d'enregistrer ses informations dans le système informatique ou dans un registre des consultations.

Consulter Patient Au cours de l'anamnèse, le professionnel de santé peut se servir des informations sur la description de la pathologie présentées dans l'étape 1 de la phase 1 si les signes et symptômes du patient correspondent bien à une pathologie bien identifiée. L'enregistrement électronique ou sur un support papier des informations du patient se fait souvent durant ce moment d'échanges.

Un cas suspect d'une maladie très précise peut se décider sur base des signes et symptômes sans forcément recourir à une confirmation du laboratoire. C'est

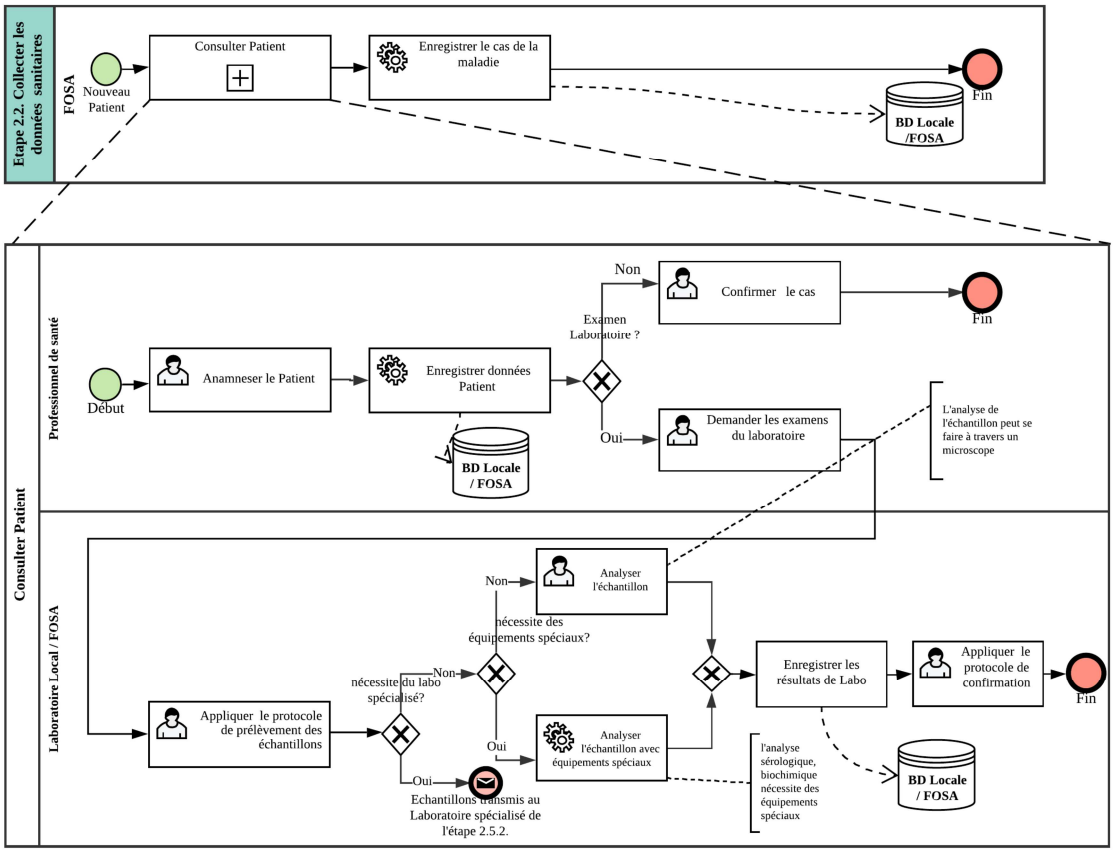


FIGURE 3.27 – Collecte des données des patients dans une formation sanitaire.

le cas par exemple du tétanos néonatal qu'on peut confirmer cliniquement. Si par contre la pathologie soupçonnée exige une confirmation du laboratoire, on peut soit transmettre les échantillons prélevés à un laboratoire spécialisé ou les analyser localement si la FOSA dispose des équipements et intrants appropriés.

Le laboratoire local de la FOSA se servira des recommandations de l'étape 2 de la phase 1 en appliquant le protocole de prélèvement des échantillons qui apporte les détails sur les types d'intrants à prélever, le nombre des échantillons, les éventuels réactifs à utiliser, les conditions spécifiques de prélèvement, etc. Les résultats de l'analyse des échantillons à travers des équipements spéciaux ou non sont enregistrés sur un support électronique ou papier. L'application du protocole de confirmation du cas proposé également à l'étape 2 de la phase 1 peut nécessiter des examens additionnels parfois de nature différente.

Enregistrer le cas de la maladie La FOSA enregistrera le patient comme étant un cas suspect d'une pathologie en l'absence des résultats de l'analyse des échan-

tillons transmis au laboratoire spécialisé. Dans le cas où les analyses réalisées localement confirment une pathologie, le patient sera enregistré comme un cas avéré.

Le processus de collecte des données sanitaires associe la consultation des patients et la confirmation du cas par des examens de laboratoire. L'illustration de la figure 3.28 présente la séquence des actions pour capter les données des patients en consultation. C'est le niveau périphérique dans le système national de santé qui garantit le paquet minimum d'activités médicales. Pour rappel, ce niveau est composé des formations sanitaires (centres de santé et hôpitaux) placées sous la supervision de l'équipe cadre de zone de santé. Cette dernière apporte un appui technique aux FOSA pour bien s'acquitter de leurs tâches et rapporter les données de santé pertinentes et fiables à la hiérarchie dans le but d'anticiper des mesures urgentes permettant d'éradiquer, de limiter l'expansion ou de surveiller la survenue des maladies ou des événements inhabituels portant atteinte à la santé publique des populations.

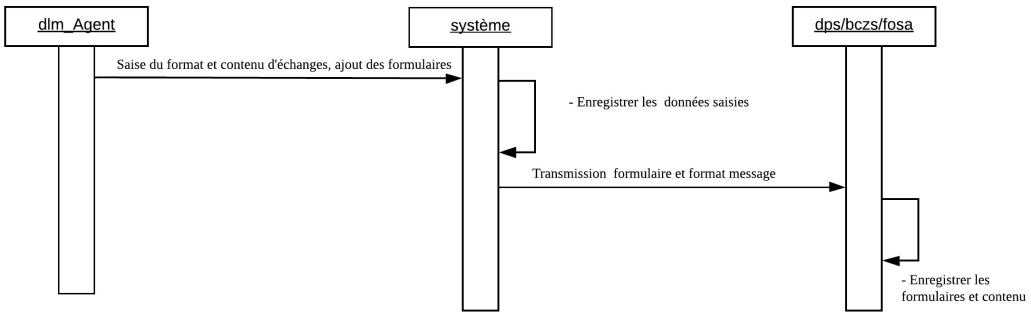


FIGURE 3.28 – Séquences de collecte des données des patients dans les formations sanitaires.

Le diagramme des séquences de la figure 3.28 présente des alternatives imbriquées dans la collecte des données des patients. Le professionnel de santé qui consulte les malades connaît assez sommairement les maladies à rapportage obligatoire. Il peut déjà soupçonner une pathologie particulière sur base des signes et symptômes que présente le patient. La définition simplifiée proposée dans la première phase de la méthode donne une orientation plus ou moins précise.

La première alternative est liée au besoin de confirmation ou pas des soupçons par un laboratoire médical. Si les signes et symptômes permettent au professionnel de santé de diagnostiquer sans recourir au laboratoire d'analyse alors il peut

conclure qu'il s'agit d'un cas vrai. La deuxième alternative fait apparaître un nouvel acteur absent dans le processus de la figure 3.28 page ci-contre. Il s'agit bien du laboratoire spécial à qui transmettre les échantillons pour une analyse beaucoup plus poussée. Si le laboratoire local de la formation sanitaire consultant le patient est équipé pour réaliser ces analyses de confirmation, il le fait selon deux alternatives se rapportant à l'utilisation des équipements spéciaux ou non. La saisie des résultats et la confirmation ou l'infirmation des cas suspects clôture la séquence de collecte des données de santé au niveau périphérique.

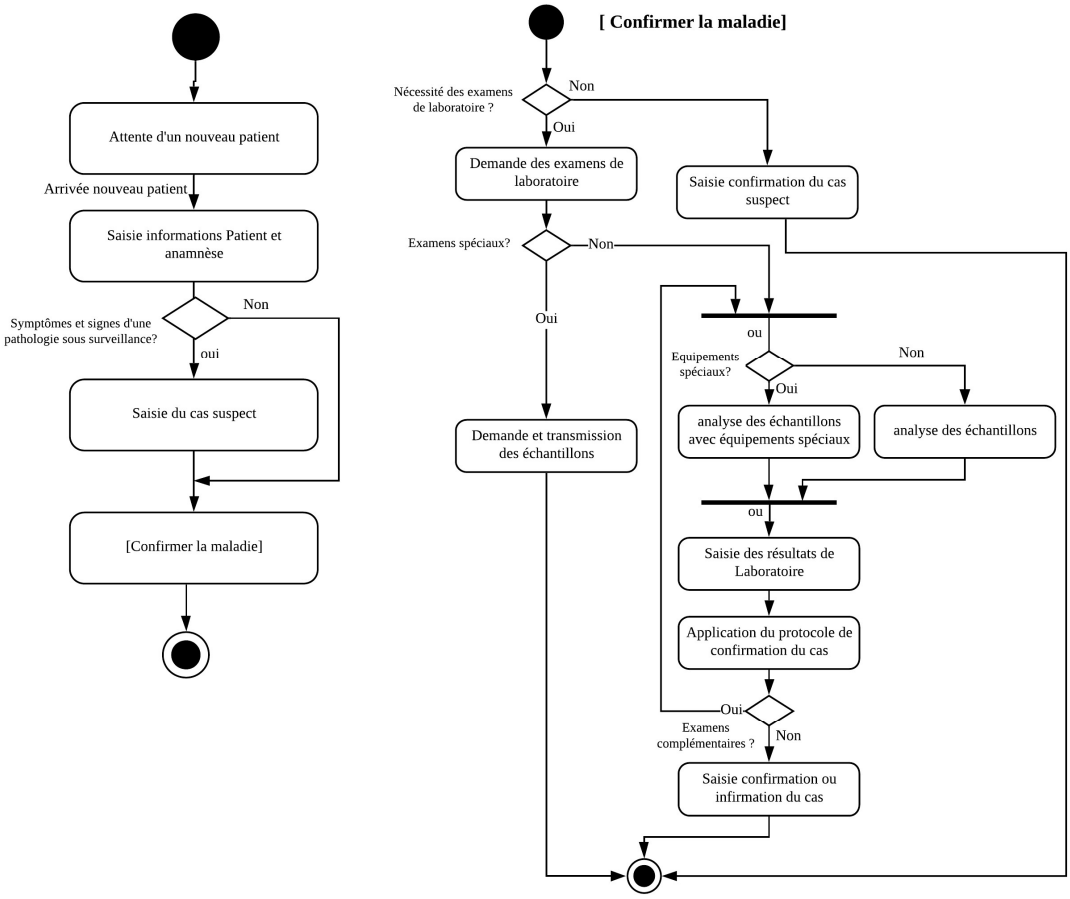


FIGURE 3.29 – Activités liées à la collecte des données sanitaires des populations dans les FOSA.

Les activités se rapportant à la collecte des données sanitaires des populations au sein des formations sanitaires de la figure 3.29 nous apportent un éclairage supplémentaire dans le fonctionnement interne du processus. L'événement déclencheur des activités est l'arrivée d'un nouveau patient. Par 'nouveau' on sous-entend un malade dont on n'a pas encore diagnostiqué l'une des maladies à rapportage

obligatoire au cours d'une période d'observation qui généralement est annuelle. Le processus prévoit la saisie des informations personnelles du patient très utile pour des maladies à notification immédiate suite à leur forte prévalence.

Le professionnel médical peut saisir dans le système le cas suspect si à l'issue de son anamnèse, il parvient à identifier la potentielle maladie. Le processus s'arrête si la consultation clinique l'autorise à confirmer la maladie. Il devra immédiatement changer le statut du cas qui passe de 'suspect' à 'avéré' avant de le rapporter à la hiérarchie. Si la consultation clinique nécessite une confirmation du laboratoire d'analyse, le processus restera en attente du retour des résultats des analyses médicales.

Les analyses peuvent être réalisées dans un laboratoire local, régional, national voire international en fonction des équipements et intrants qu'il faut pour isoler l'agent pathogène. Dans la mesure du possible les techniciens de laboratoire de la formation sanitaire ou des personnes formées peuvent prélever les échantillons d'analyse selon le protocole de prélèvement suffisamment documenté dans la première phase (étape 1.2). A ce stade nous excluons le cas des pathologies dont les prélèvements des échantillons réclament des milieux de conservation très particuliers et des techniques très spécialisées par exemple le prélèvement de la moelle osseuse ou du liquide céphalo-rachidien. Ces prélèvements seront réalisés lors des investigations menées par une équipe pluridisciplinaire avec équipements très appropriés. L' étape 2.5 fournira plus de détails sur le déroulement des investigations ainsi que les activités souvent préconisées durant cette période cruciale de confirmation ou non de la maladie dans la population.

Bien que les résultats d'analyses médicales soient négatifs, le protocole de confirmation du cas peut proposer d'autres possibilités permettant de prendre en charge les cas des faux-vrais. Pour illustrer, reprenons le cas de la tuberculose. Le protocole de confirmation prévoit les possibilités suivantes :

- Positif si :
  - *2 frottis d'expectoration positifs pour les bacilles acido-alcoolorésistants (BAAR) ou*
  - *un frottis d'expectoration positif pour la présence de BAAR à l'examen microscopique et des anomalies radiologiques ou*
  - *un frottis d'expectoration positif pour la présence de BAAR à l'examen microscopique et un prélèvement d'expectoration positif pour la culture BAAR.*

- Même si les résultats sont négatifs, on peut confirmer la maladie dans les cas suivants :
  - *deux échantillons d'expectoration, prélevés à au moins 2 semaines d'intervalle, négatifs pour la présence de BAAR à l'examen microscopique mais anomalies radiologiques évocatrices d'une TB pulmonaire ou*
  - *au moins deux échantillons d'expectoration négatifs pour la présence de BAAR à l'examen microscopique mais anomalies radiologiques évocatrices d'une TB pulmonaire étendue (interstitielle et miliaire) ou*
  - *frottis d'expectoration initiaux étaient négatifs, mais pour lequel on a tout de même fait une culture qui s'est avérée positive.*

Ce protocole démontre qu'il est possible de compléter une analyse de confirmation du cas par des examens complémentaires si les initiaux ne donnent pas satisfaction. C'est le cas de la culture des frottis d'expectoration ou des examens radiologiques en compléments des examens microscopiques négatifs.

Etape 2.3 : Rappeler et/ou remonter les données sanitaires

Cette section est consacrée à la gestion de la remontée des données sanitaires vers les instances hiérarchiques pour la consolidation et l'analyse des tendances dans une vision beaucoup plus générale. Elle s'intéresse aussi au rappel des structures censées produire et diffuser lesdites données. Les formations sanitaires disposent des données des cas produites lors de la consultation des patients telle que décrite dans l' étape 2.2 de la phase 2. Elles ont l'obligation de les remonter au BCZS pour consolidation, analyse et transmission des données agrégées au niveau intermédiaire qui est la Division Provinciale de la Santé.

Les provinces, à leur tour, transmettent leurs données agrégées au niveau national qui produit les bulletins épidémiologiques(voir le modèle F.1 page 259). L'ensemble des processus de remontées des données sanitaires et du rappel des structures de santé sans données est schématisé dans les figures 3.30 page suivante et 3.31 page suivante. L'ordre de lecture des figures est (1) – (2) – (3) – (4) – (4') – (3') – (2') – (1').

Le processus démarre normalement par (1) où les formations sanitaires consultent les cas enregistrés lors de la collecte des données de l'étape 2.2. S'agit-il d'une maladie à notification immédiate ? Alors les cas suspects ou avérés doivent être transmis sans tarder au BCZS. Ce dernier renvoie un accusé de réception aux FOSA fournisseuses des données avant de les enregistrer dans sa base locale.

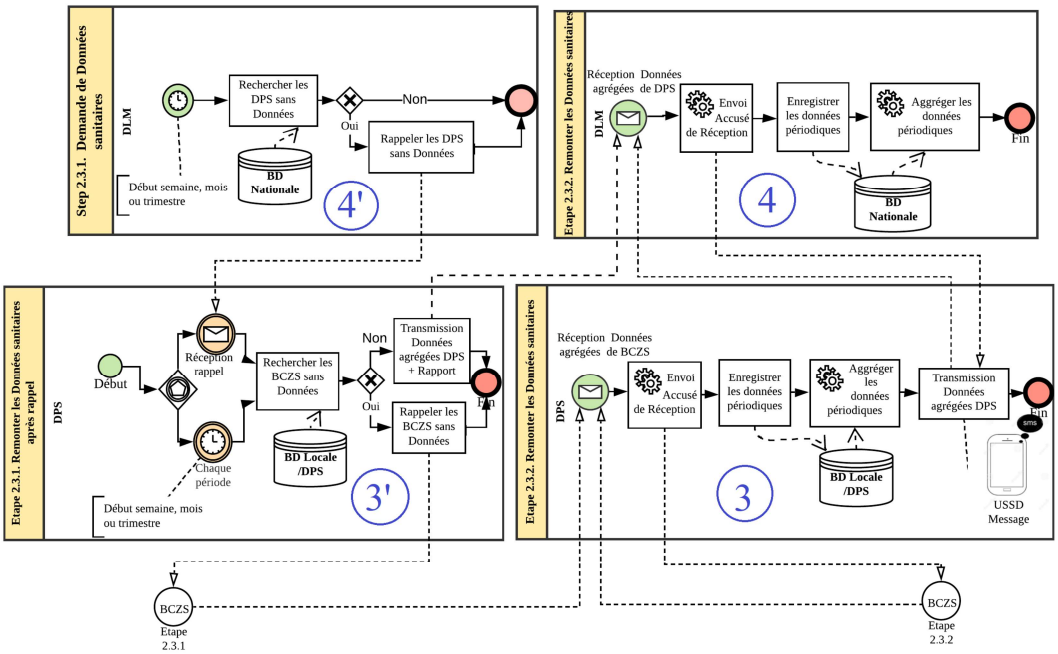


FIGURE 3.30 – Remontée des données agrégées des provinces vers le niveau national.

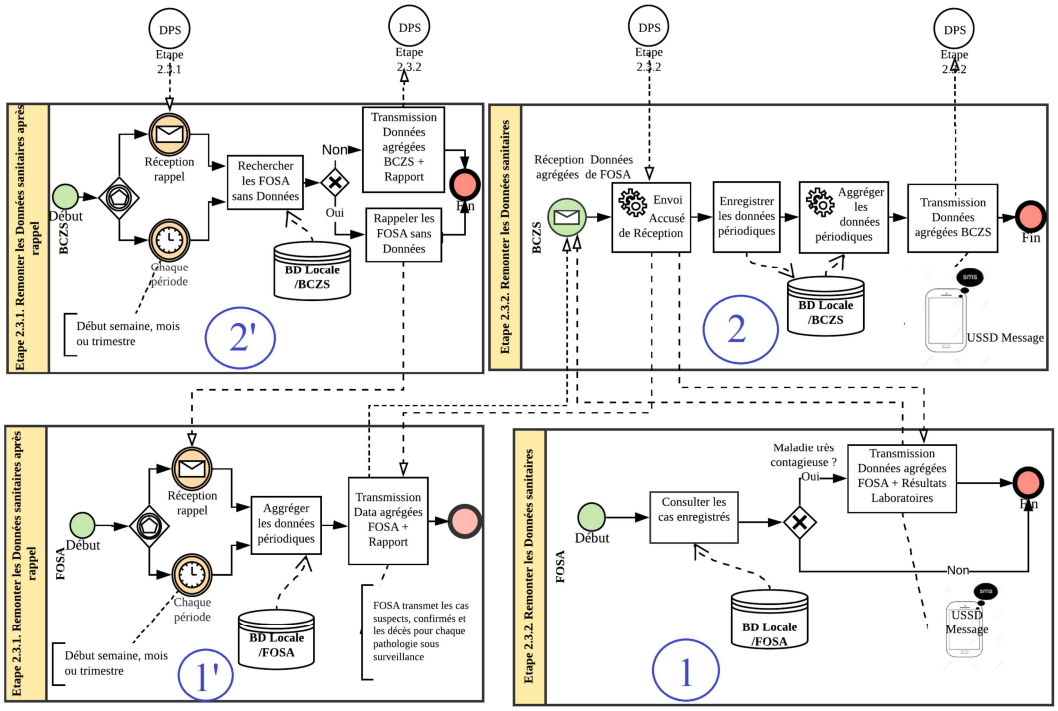


FIGURE 3.31 – Remontée des données agrégées des zones de santé vers le niveau provincial.

Le BCZS reçoit les données de toutes les FOSA sous sa supervision. Il agrégera les données de sa zone de santé et les transmet au niveau intermédiaire à savoir la DPS (voir (2)). La DPS (3) tout comme la DGLM (4) produisent à leur tour des données agrégées de chaque maladie au niveau provincial et national.

A l'exception des maladies à notification immédiate, il existe des périodicités de rapportage des cas propres à chaque maladie. (1'), (2') et (3') concrétisent ces rapportages hebdomadaire, mensuel ou trimestriel des maladies. Ces transmissions réglementaires s'accompagnent souvent d'un rapport et éventuellement des résultats des examens au laboratoire.

Etant donné que l'absence de rapportage ne signifie pas zéro cas en épidémiologie, un accent particulier a été mis sur la fonction de rappel automatique des structures sanitaires sans données périodiques attendues. C'est ainsi que chaque niveau hiérarchique vérifie la disponibilité des données des maladies selon leur périodicité dans son stockage interne. Par rapport à chaque maladie et selon sa périodicité de rapportage, la DGLM (4') rappelle aux DPS sans données de les communiquer. La DPS (3') recherche dans son stockage interne les BCZS n'ayant pas rapporté les données des maladies concernées et leur envoie des rappels. Elle transmettra ses données agrégées aussitôt réceptionnées des BCZS (3).

A la réception du rappel, le BCZS (2') recherche ses FOSA n'ayant pas rapporté sur les cas des maladies sous examen et dans le respect de leur périodicité. Il rapportera les données agrégées reçues des FOSA à sa hiérarchie (2). Il arrive souvent que les données transmises soient incohérentes. C'est le cas par exemple où le nombre de décès rapporté est plus grand que celui des cas suspects. En réalité, le nombre de décès est inclus dans celui des cas suspects. La figure 3.32 page suivante prévoit les éventuelles corrections que chaque structure peut apporter sur ses données sur base de demande de correction venant de sa hiérarchie. Pour rendre compréhensible les figures 3.30 page ci-contre et 3.31 page précédente, nous avons volontairement omis de représenter les demandes de correction provenant de l'analyse simple de données transmises par les structures sanitaires à leur hiérarchie. La transmission de ces demandes ne sera pas très différente du flux de rappel des données manquantes aux structures sanitaires bien expliqué dans cette section.

Chaque structure retransmet les données agrégées corrigées à sa hiérarchie conformément au point (2) de la figure 3.31 page ci-contre ou aux points (3) et (4) de la figure 3.30 page précédente. Le traitement effectué avant une nouvelle transmission à la hiérarchie prévoit de signaler qu'il s'agit des données actualisées

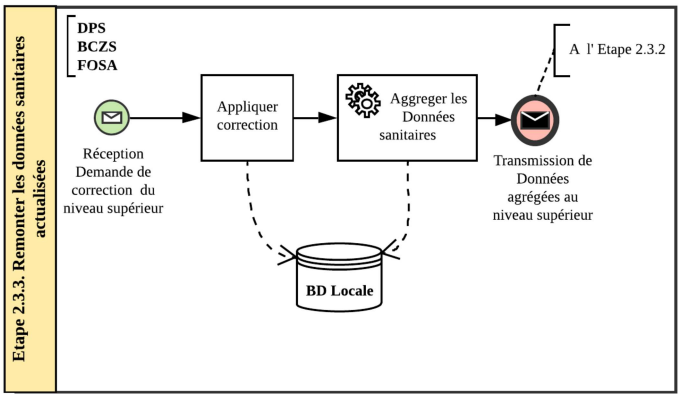


FIGURE 3.32 – Correction des données sanitaires erronées.

pour éviter toute saisie redondante.

Les séquences de transmission des données de la maladie à notification immédiate (figure 3.33) se déclenchent face à une maladie à forte prévalence épidémique. Bien que le diagramme prévoie l'agrégation des données à chaque niveau du système de santé avant leur transmission à la hiérarchie, il existe toutefois des maladies, tel le choléra, dont un seul cas suffit pour obliger un rapportage instantané.

Chaque structure retransmet les données agrégées corrigées à sa hiérarchie conformément au point (2) de la figure 3.31 page 116 ou aux points (3) et (4) de la figure 3.30 page 116. Le traitement effectué avant une nouvelle transmission à la hiérarchie prévoit de signaler qu'il s'agit des données actualisées pour éviter toute saisie redondante.

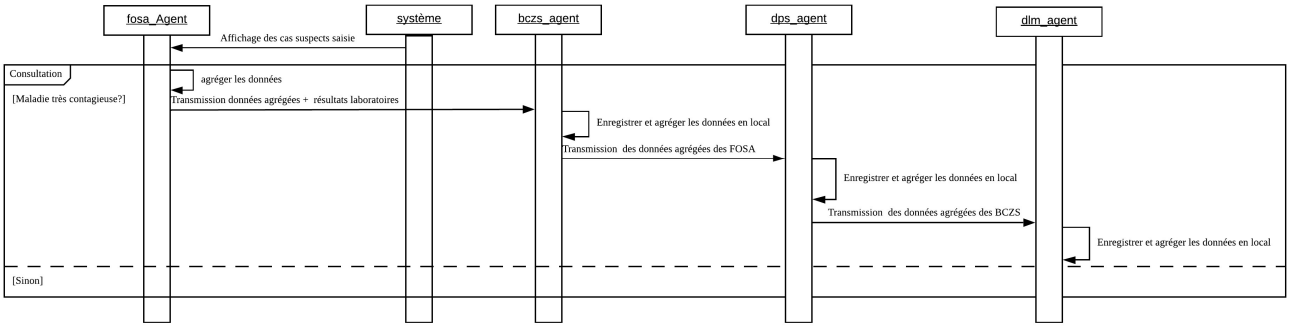


FIGURE 3.33 – Séquences de transmission des données des maladies à notification immédiate.

Le fort potentiel épidémique de la maladie fait que chaque niveau de la structure de santé doit transmettre les informations se rapportant aux cas suspects à

sa hiérarchie pendant qu'il s'organise soit pour investiguer soit pour organiser la riposte.

La remontée des données selon la périodicité de rapportage de chaque maladie est représentée dans la figure 3.34. L'évènement déclencheur de ces actions peut aussi bien être le moment convenu (hebdomadaire, mensuel ou trimestriel) ou le rappel de la hiérarchie qui constate l'absence des données d'une maladie sous surveillance de la part des structures placées sous sa supervision.

Le système prévoit un accusé de réception destiné à chaque producteur de données sanitaires de la part de la structure réceptrice. Ce retour d'information a été sollicité par les émetteurs des données dans le but de les encourager. La pratique actuelle ne prévoit nulle part la confirmation de la réception des données. Par conséquent, il est parfois difficile de certifier la source de provenance des informations de santé des populations que chaque structure dans la hiérarchie communique.

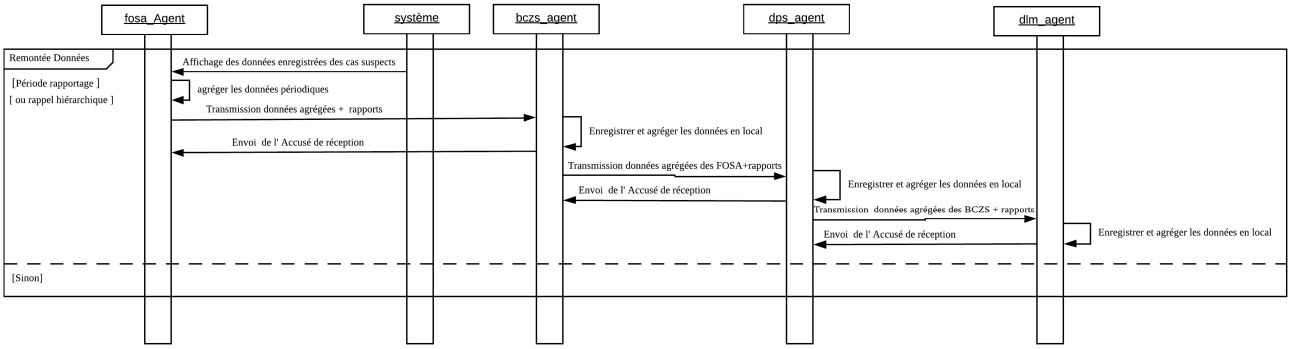


FIGURE 3.34 – Remontée des données des maladies selon leur périodicité.

Le rappel des structures n'ayant pas communiqué les données sanitaires des populations selon la périodicité de rapportage des maladies est représenté à travers la figure 3.35 page suivante . Chaque niveau du système de santé de la RDC est libre de signaler l'absence des données aux structures sous sa dépendance à n'importe quel moment de l'analyse des données sanitaires. Néanmoins, notre figure met en exergue le cas idéal où le contrôle sur l'exhaustivité de données commence par le niveau national représenté par *dlmAgent*. Ce dernier doit vérifier la présence des données de toutes les provinces par maladie et pour la période de rapportage. Il enverra un rappel aux DPS sans données sanitaires.

Les mêmes opérations de contrôle et d'éventuels rappels aux structures sanitaires dépendantes se font au niveau de DPS vers les BCZS et de BCZS vers les

FOSA. A la réception des données sollicitées c'est le processus de remontée des données (cfr figure 3.34 page précédente) qui sera exécuté automatiquement.

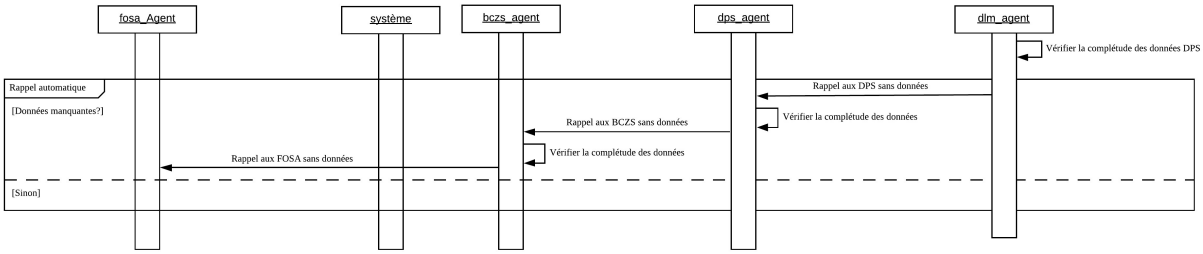


FIGURE 3.35 – Chaque structure de niveau supérieur doit rappeller aux structures inférieures n'ayant pas rapporté les données sanitaires périodiques de le faire.

L'analyse sommaire des données sanitaires peut déboucher sur la détection de certaines incohérences des chiffres communiqués. Pour solliciter la correction des données erronées, la figure 3.36 représente les demandes de correction de niveau hiérarchique vers les producteurs desdites données. Ce processus pourrait conduire à une correction en cascade provenant du niveau périphérique vers le national.

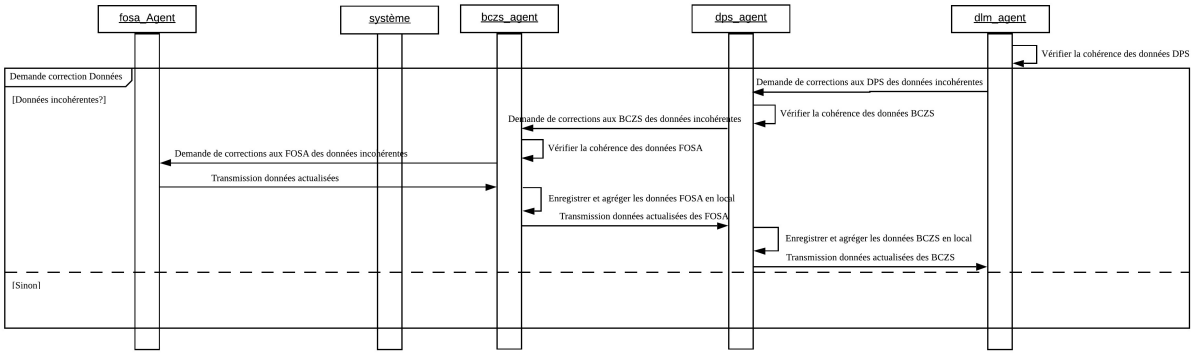


FIGURE 3.36 – Séquence de correction des données incohérentes.

Les activités se rapportant au rapportage des maladies à notification immédiate sont représentées dans la figure 3.37 page suivante. L'événement déclencheur des activités est l'arrivée d'un nouveau patient dont les signes et symptômes permettent au professionnel de santé de bien confirmer la maladie à fort potentiel épidémique. Sans tarder, la structure d'accueil du patient communique les données agrégées de ladite maladie à sa hiérarchie. La remontée de ces données se fera aussi rapidement vers les autres structures dans la hiérarchie administrative.

Remarquons que ces activités appliquent le sous-processus « *Confirmer la maladie* » de l' étape 2.2 de la phase 2 pour s'assurer qu'il s'agit réellement du cas suspect de la maladie soupçonnée

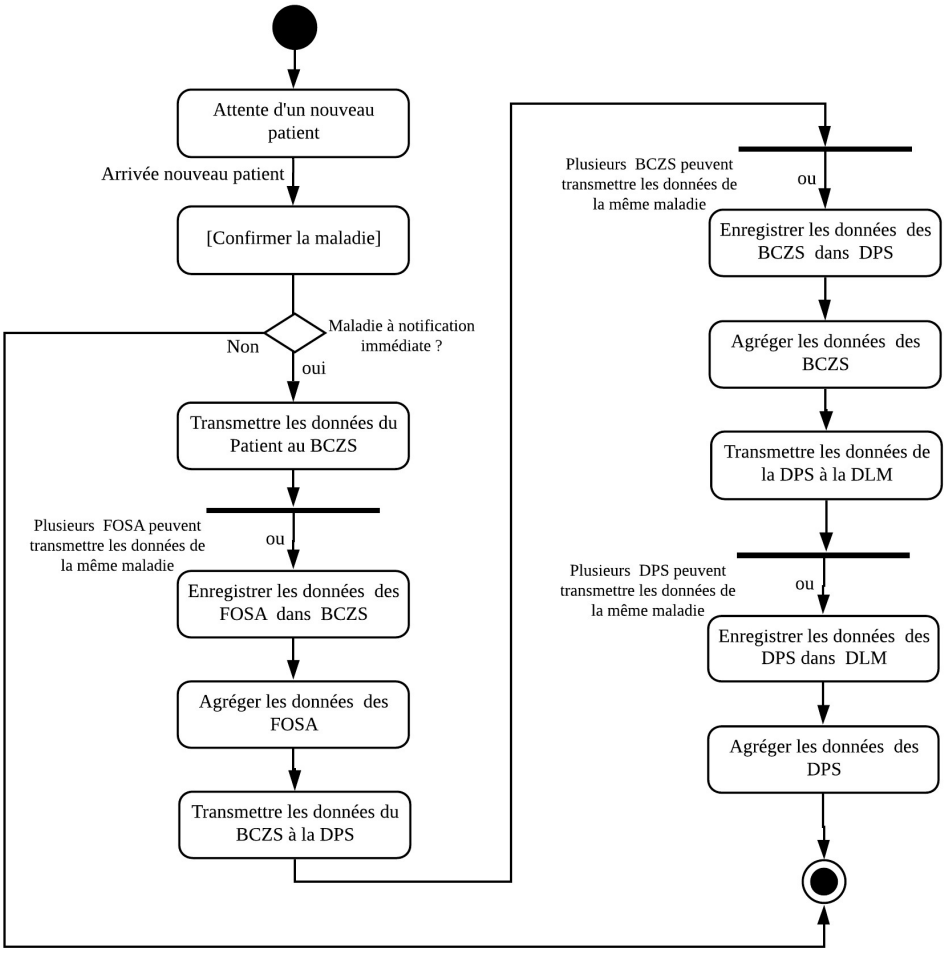


FIGURE 3.37 – Activités se rapportant aux maladies à notification immédiate.

Quant à la remontée périodique de données sanitaires (figure 3.38 page suivante), l'événement déclencheur est l'atteinte de la période de rapportage. Chaque FOSA agrège ses données périodiques et les transmet à son BCZS de rattachement. Chaque BCZS transmet les données agrégées de ses FOSA à sa DPS de rattachement qui, à son tour, transmet les données de ses BCZS au niveau national. Il convient de noter que nous avons également prévu les cas où la remontée des données était due au rappel de la hiérarchie ou à la demande de correction des données jugées erronées après une analyse sommaire.

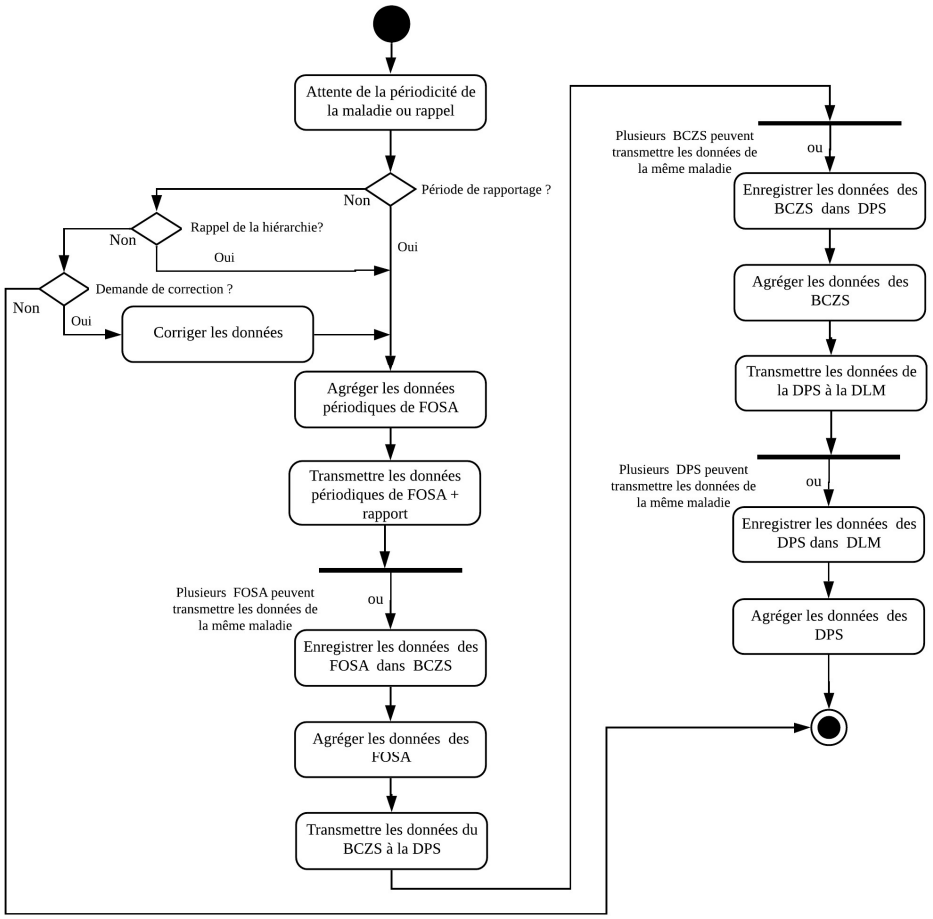


FIGURE 3.38 – Rapportage des données sanitaires par périodicité, rappel ou demande de correction.

Etape 2.4 : Analyser les données sanitaires

Les analyses des données sanitaires se font sous trois aspects : les séries temporelles, les caractères individuels et les lieux géographiques. Les séries temporelles sont des analyses de tendance. Ce sont les définitions des seuils épidémiques (3.4 page suivante) qui permettent de confirmer que l'épidémie a démarré. Il arrive souvent qu'on recoure à la modélisation quand on ne peut pas mesurer. La modélisation peut permettre de mesurer l'impact d'interventions.

L'analyse passera aussi par le suivi de l'histoire naturelle des épidémies. Par exemple, chaque année la France enregistre une épidémie de grippe qui est définie par un franchissement du seuil épidémique qui peut se calculer par un lissage de données sur plusieurs années (cf. figure 3.39 page 124). La comparaison de la courbe issue des observations courantes avec celle qui est calculée (en rouge sur

Tableau 3.4 – Seuil des quelques maladies sous surveillance.

Maladie	Seuil épidémique	Outils	Observation
1. Paludisme	Augmentation anormale de cas d'une semaine à l'autre par rapport aux semaines précédentes et par rapport aux mêmes semaines des années antérieures (pendant 3 semaines)	Graphique de l'année en cours et des années précédentes	Les épidémies de paludisme sont redoutées dans les régions de montagne (Kivu et Bas – Congo)
2. Choléra	Dédoublement de cas d'une semaine à l'autre par rapport aux semaines précédentes (Pendant 3 semaines dans une région endémique) 1 cas dans une région indemne de choléra	Graphique en cours	1 cas dans une zone indemne Notification Immédiate
3. Diarrhée sanglante	Dédoublement de cas d'une semaine à l'autre par rapport aux semaines précédentes (pendant 3 semaines)	Graphique en cours	
4. Fièvre jaune	1 cas	Graphique en cours	Maladie rare Notification immédiate
5. Peste	1cas	Graphique en cours	Maladie rare Notification Immédiate
6. Polio	1cas	Graphique en cours	Maladie à éradiquer Notification Immédiate
7. Rougeole	10 cas par semaine dans une zone de santé 3 cas par semaine dans une Aire de santé 1 cas dans un camp de déplacés/réfugiés	Graphique en cours	En principe il faut faire des calculs par zones de santé Faire attention car beaucoup de cas ne consultent pas
8. TNN	1cas	Graphique en cours	Maladie à éliminer
9. MPV	1cas	Graphique en cours	
10. Meningite	2 à 3 cas par semaine ($\leq 30000 hab.$) 5 cas(30 000 -100 000 hab.) 10 –15 cas ($\geq 100000 hab.$) 5 cas pour les zones de santé voisines de celle de l'épidémie Dédoublement de cas d'une semaine à l'autre par rapport aux semaines précédentes (pendant 3 semaines)	Graphique en cours	Notification hebdomadaire
11. FHV	1 cas	Graphique en cours	Maladie rare Notification Immédiate
12. Coqueluche	Augmentation anormale de cas d'une semaine à l'autre par rapport aux semaines précédentes et par rapport aux mêmes semaines des années antérieures (pendant 3 semaines)	Graphique en cours	Faire attention car beaucoup de cas ne consultent pas
13. Syndrome non identifié	1cas	Graphique	Maladie rare Notification immédiate

CONSIDEREZ QUE : le seuil d'alerte est atteint lorsqu'on observe le dédoublement des cas d'une semaine à l'autre pendant 2 semaines ; Le seuil épidémique lorsque le dédoublement des cas est observé d'une semaine à l'autre pendant 3 semaines.

la figure) permet à chaque fois qu'on dépasse ce seuil épidémique de considérer que l'épidémie a démarré et ne durera que quelques semaines avant de retomber.

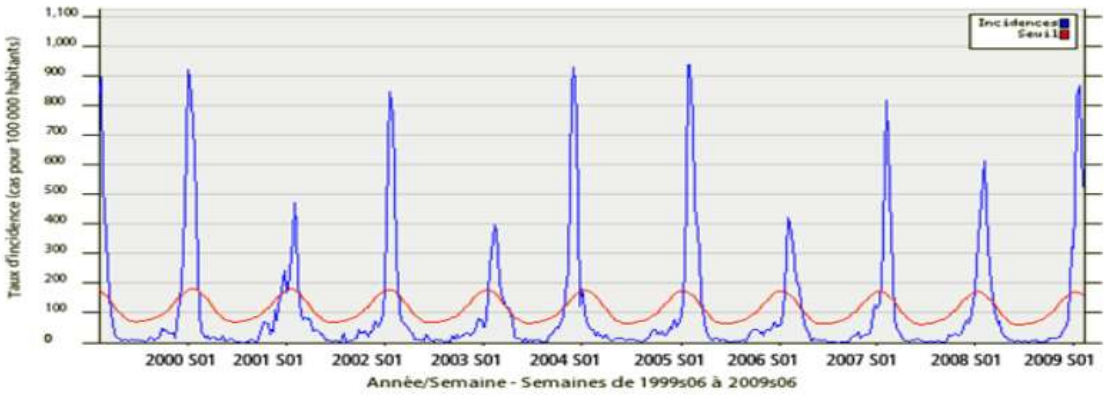


FIGURE 3.39 – "Histoire naturelle" de l'épidémie de Grippe en France de 20006 à 2010 (source InVS).

On peut aussi utiliser les systèmes de surveillance pour étudier l'impact de l'intervention. La figure 3.40 page suivante affiche l'incidence des hépatites A entre 1987 et 1997 aux Etats-Unis. L'introduction du vaccin contre l'hépatite A a apporté une nette amélioration depuis l'année 2004 comme le témoigne la baisse de la prévalence. On remarque que l'hépatite A qui était très prévalente dans les états de l'ouest et du sud des États-Unis - populations hispaniques - a été très largement contrôlée par l'introduction d'un vaccin qui a été donné avant tout aux enfants de 2 ans et moins. Fait intéressant, c'était eux qui étaient au cœur de l'épidémie, qui infectaient les adultes. Simplement en contrôlant les enfants, on a quasiment fait disparaître l'hépatite A grâce à la vaccination aux Etats-Unis.

L'impact des interventions peut également être mesuré par la modélisation. Prenons le cas d'une épidémie de rougeole au Niger représentée par la figure 3.41 page ci-contre [GRAIS R. et al., 2008]. L'épidémie suit un cours assez habituel, d'augmentation puis diminution. Une intervention a démarré à la 23ème semaine avec la vaccination des enfants. C'était dans une population qui pourrait être un camp de réfugiés par exemple. Donc on démarre cette intervention de vaccination sur l'ensemble des enfants et on regarde l'impact que cela a sur la courbe épidémique. La baisse des cas suspect laisse deviner que l'intervention a eu un impact majeur car dès qu'on a commencé la vaccination, l'épidémie a décru. Mais la modélisation nous apprendra qu'en fait, du fait simplement que l'ensemble des enfants susceptibles d'être infectés avaient été infectés à cette date-là, même sans vaccination l'épidémie aurait suivi un cours descendant.

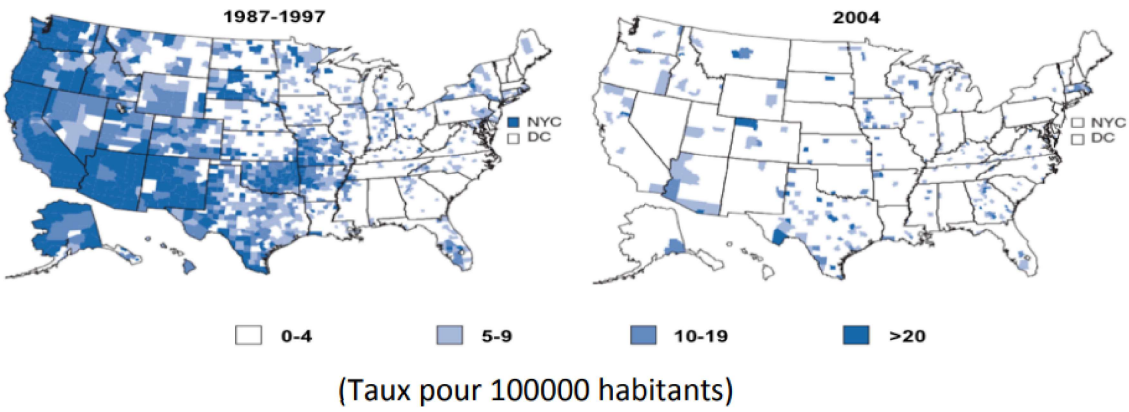


FIGURE 3.40 – Impact d'une intervention : Vaccin hépatite A–Etats Unis (Source :National Notifiable Disease Surveillance System).

Donc, la modélisation nous permet de relativiser notre analyse. Si on n'avait pas fait cette modélisation et si on n'avait eu que la courbe bleue (la plus interne), on aurait pensé que c'est grâce au vaccin qu'on a stoppé l'épidémie. En modélisant, on se rend compte qu'en fait l'épidémie allait s'arrêter toute seule parce que l'ensemble des enfants qui étaient susceptibles d'être infectés avaient déjà été infectés.

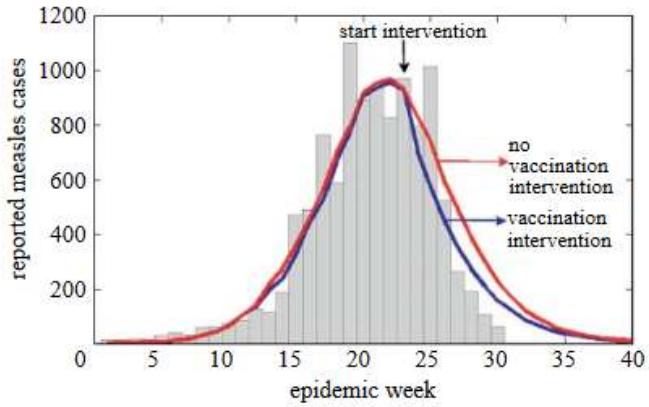


FIGURE 3.41 – Impact d'une intervention : modélisation Rougeole au Niger

L'étape d'analyse des données sanitaires de la méthode CHICKEN explique aux professionnels de santé les outils pouvant servir à une prise de décision rapide et efficace face à l'avènement des nouveaux cas de santé publique ou à la résurgence des maladies autre fois éradiquées.

Dans chacun des trois niveaux de la structure de santé du pays, les analyses doivent être menées en vue d'une détection précoce des tendances qu'on peut vite

corriger par des interventions ponctuelles et urgentes. Le défaut de compétences des acteurs et l'absence des outils appropriés font que le degré d'exigence diffère selon qu'on intervient au niveau périphérique (peu de moyens) ou au niveau national. C'est ainsi que l'on propose de manière simple aux FOSA la procédure de production manuelle d'un graphique pour une série temporelle (voir Annexe G page 261).

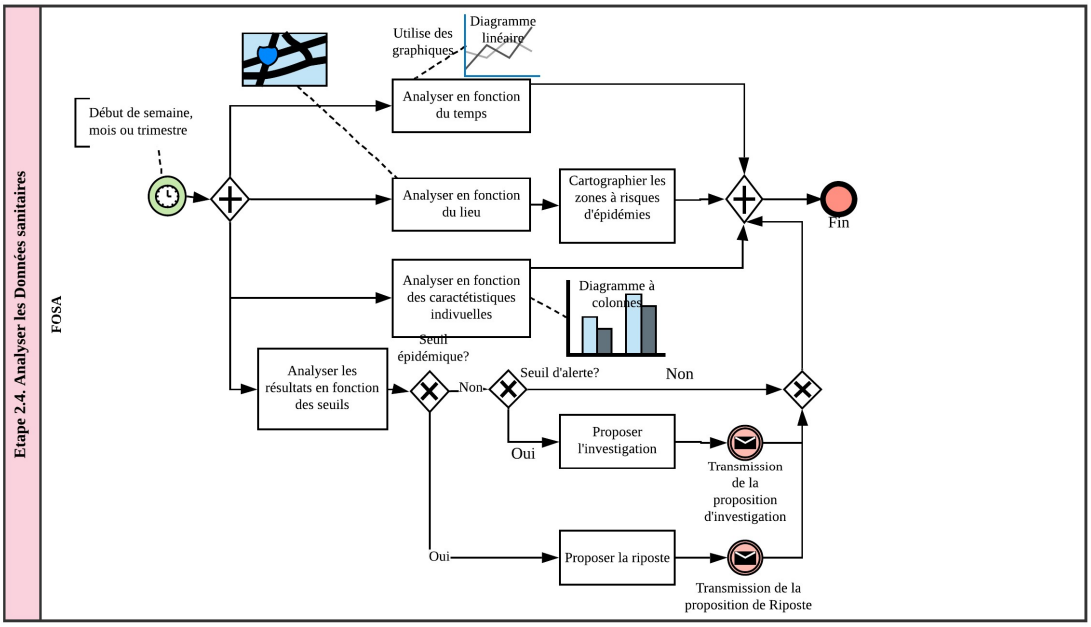


FIGURE 3.42 – Analyse des données au niveau de FOSA.

Bien qu'une FOSA n'ait que les données des patients consultés durant une période et que leur volume est fonction des fréquentations des populations, nous mettons quand-même à leur disposition le type d'analyses qu'elle sera appelé à réaliser à n'importe quel moment de son existence. La figure 3.42 présente les quatre types d'analyses à mener avec les données sanitaires collectées.

Les analyses temporelles se font à l'aide des graphiques tel que le diagramme linéaire pour observation l'évolution des cas suspects, des décès dans les semaines de l'année. Sur une carte géographique, on peut représenter les données de santé étalées sur le quartier au sein d'une aire de santé pour comprendre l'évolution des éventuelles transmissions en fonction de mobilité des populations conformément aux infrastructures de communication ou aux liaisons naturelles du genre cours d'eau traversant les quartiers.

Les analyses basées sur les caractéristiques individuelles permettent de comprendre les facteurs déterminants de la maladie. Elles renseignent sur les tranches

d'âges les plus concernées et les sexes les plus touchés par la maladie sous surveillance. Quant aux analyses des données en fonction des seuils des maladies, elles déterminent s'il faut solliciter une investigation ou organiser carrément la riposte contre l'épidémie.

Les analyses fournissent beaucoup plus de détails avec l'accroissement des données collectées au niveau hiérarchique. La figure 3.43 ajoute deux tâches supplémentaires réalisables uniquement au niveau intermédiaire et national : détecter les incohérences des notifications et décrire les facteurs de risque. Le BCZS, lors de l'analyse des données de ses FOSA en fonction des seuils, peut calculer le taux d'attaque et le taux de létalité de la population. Ces deux ratios sont capitaux pour vite se prononcer sur les mesures préventives ou correctives à mettre en place pour protéger les populations les plus vulnérables. Les facteurs de risque peuvent également découler des analyses des données et de l'environnement physique.

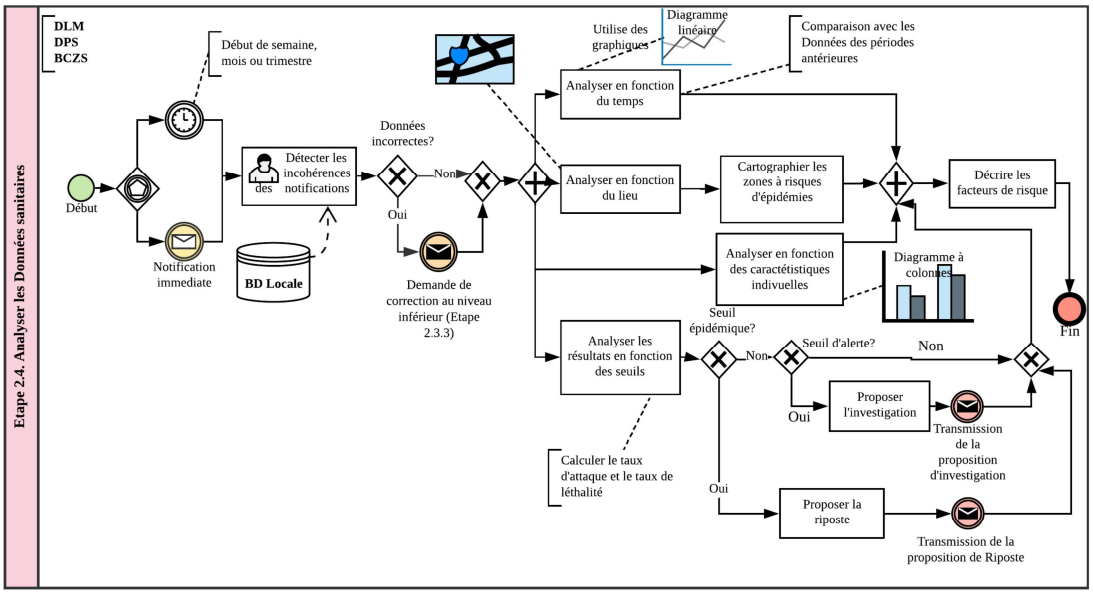


FIGURE 3.43 – Analyse des données au niveau de Structures hiérarchiques.

Les analyses effectuées au niveau provincial regrouperont les données de plusieurs BCZS dépendant hiérarchiquement d'une DPS. Des tendances non remarquables au niveau périphérique peuvent devenir évidentes lors que la lecture se fait au niveau intermédiaire. Cette vision plus élargie des lieux physiques pourrait déboucher sur la mise en place des actions concertées entre BCZS dans le but d'anticiper une propagation de l'épidémie par exemple.

La vision nationale de la répartition des épidémies par province, BCZS et FOSA pourrait conduire aux actions d'envergure nationale pour lutter contre une même épidémie quoique clairsemée. La mise en commun des ressources permettra sans doute d'optimiser les moyens parfois faibles mis à la disposition des structures sanitaires pour faire face aux évènements de la santé publique.

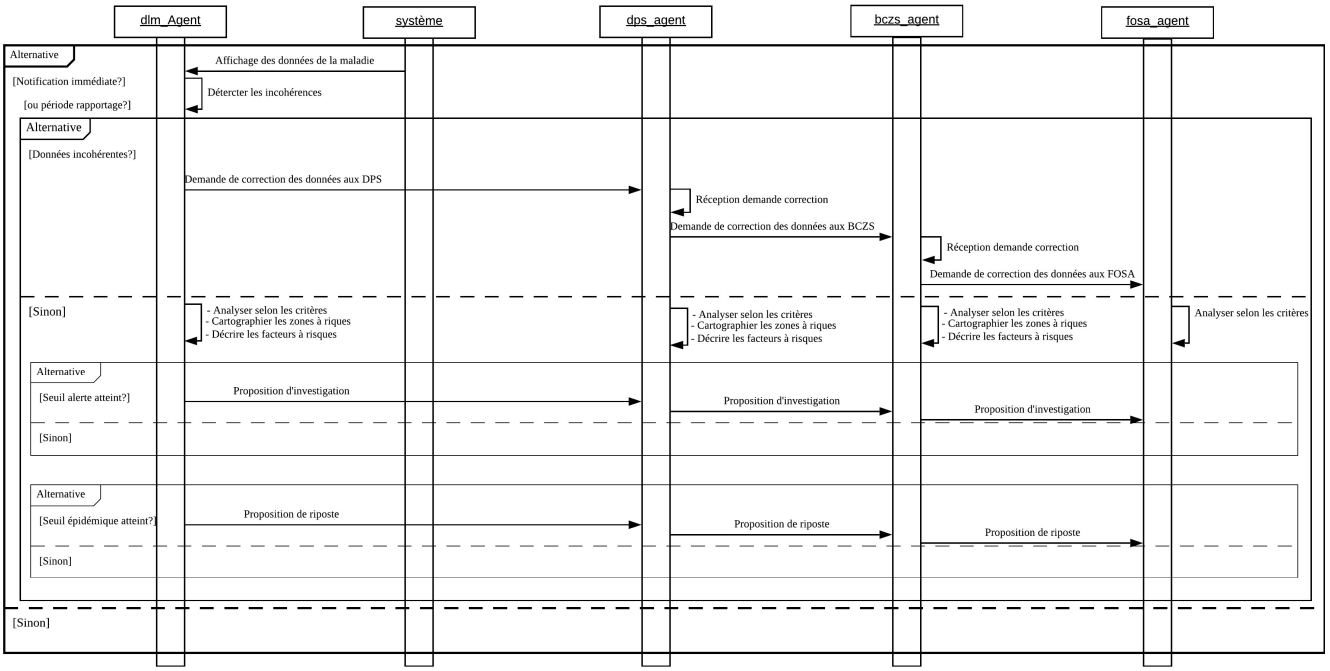


FIGURE 3.44 – Séquences d'analyse des données sanitaires.

Les séquences d'analyse des données de la maladie figure 3.44 se déclenchent soit par une notification immédiate ou à terme de la périodicité de reportage des données de ladite maladie. Chaque structure du système sanitaire est libre d'analyser les données en sa possession et solliciter une éventuelle correction auprès du fournisseur desdites données. Dans notre diagramme de séquences, nous avons représenté un scénario dans lequel l'analyse commence au niveau hiérarchique le plus élevé (national). Lorsque l'analyse des données présente des incohérences, le niveau national demande la correction au niveau intermédiaire (DPS) fournisseur desdites données. Si le niveau intermédiaire constate que les incohérences qui ont échappé à son contrôle proviennent du niveau périphérique, la demande de correction est transmise au BCZS qui, éventuellement, contactera les FOSA ayant rapporté les données à corriger.

Dans le meilleur des cas les données de santé agrégées devraient être les plus

correctes possibles si avant la consolidation et la transmission à la hiérarchie chaque structure procédait au contrôle systématique et à la correction des erreurs. Toutefois, il y a des traitements en urgence déclenchés par des maladies à fort potentiel épidémique qui obligent un rapportage rapide bien souvent avant une analyse formelle.

L'analyse des données peut déclencher la mise en place d'une équipe d'investigation sur la maladie ou une équipe d'organisation de la riposte contre la maladie selon que l'analyse confirme respectivement l'atteinte du seuil d'alerte et du seuil épidémique. Les initiatives sur ces interventions sont prises du niveau hiérarchique vers le niveau périphérique.

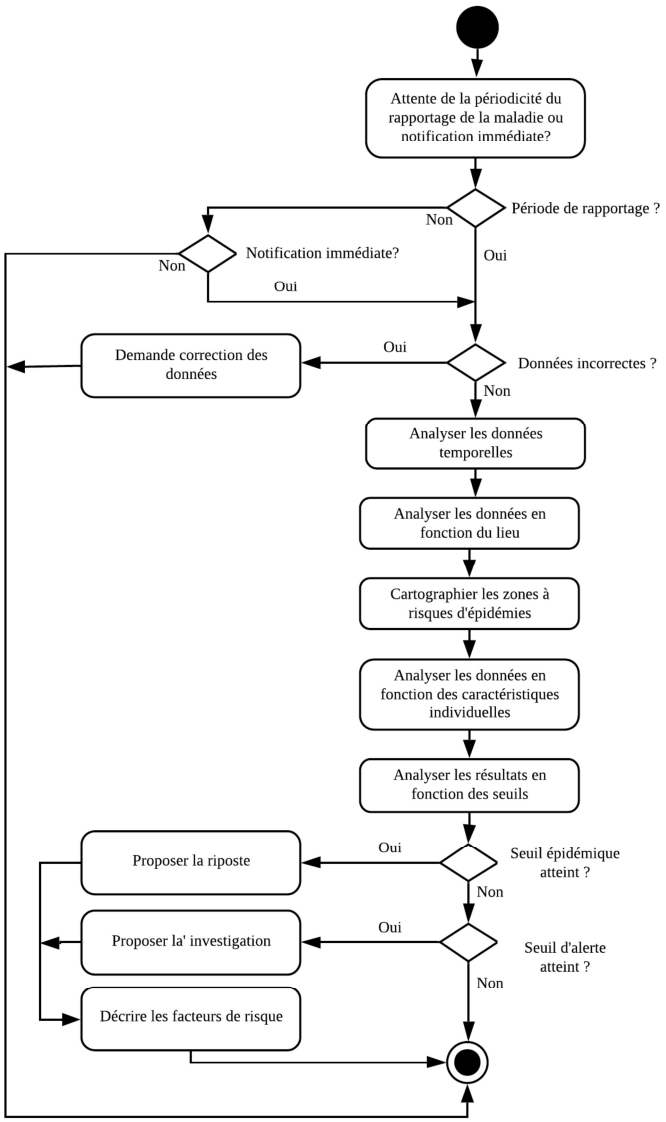


Figure 3.45 – Activités liées à l'analyse des données sanitaires.

Les activités liées aux analyses des données des maladies (figure 3.45 page précédente) nous présentent les actions que les structures sanitaires doivent mener pour comprendre le comportement de la maladie dans la population en vue de limiter sans propagation ou anticiper sa survenance grâce aux outils de surveillance. Bien que ces différentes analyses sont représentées s'exécutant linéairement, il sied de rappeler que dans la pratique certaines analyses peuvent s'exécuter en parallèle par des acteurs différents.

L'analyse temporelle renseigne sur le début de l'épidémie par comparaison des cas suspects rapportés à l'historique des cas des années antérieures pour la même période de l'année. Les cas suspects rapportés sur une carte géographique donnent une vue rapide de leur dispersion dans l'espace. Cette analyse spatio-temporelle permet de prendre des mesures limitant la propagation en tenant compte des mouvements de population ainsi que leur mode de contact en fonction du type d'urbanisme de leur ville.

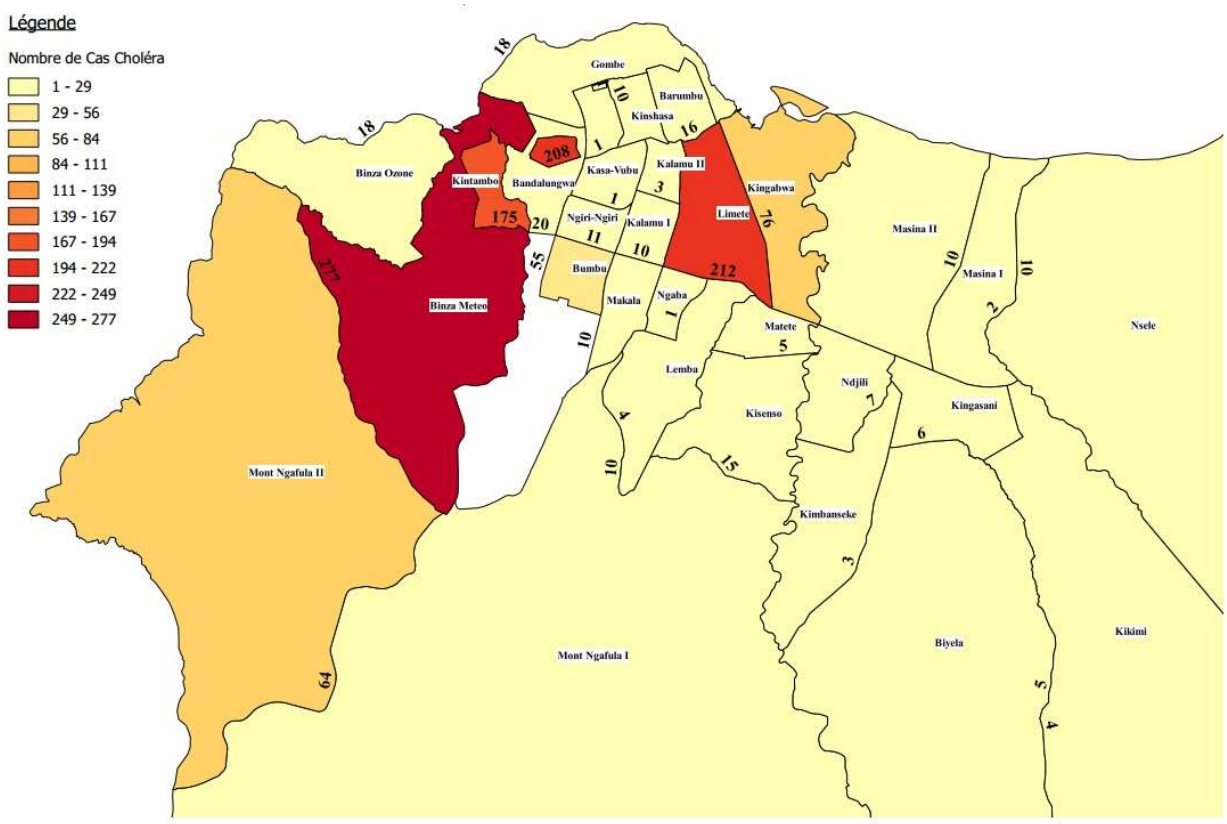


FIGURE 3.46 – La cartographie des cas de Choléra en 2017 dans les zones de santé situées au Nord-Ouest de la Ville-Province de Kinshasa.

La cartographie des zones à risque est une opération préventive facilitant la

délimitation du champ d'intervention prioritaire pour une action efficace dans un intervalle de temps relativement court. La figure 3.46 page ci-contre présente le nombre total des cas suspects du choléra dans la Province-Ville de Kinshasa durant l'année 2017. Les cas sont rapportés dans les zones de santé concernées par les 35 que compte la province. La zone de santé Binza-météo a rapporté le plus de cas (277) suivi par la Zone de santé de Limeté (212). L'analyse cartographique a permis d'étendre les actions de riposte aux zones de santé contigues à celles ayant une forte prévalence des cas.

C'est grâce aux analyses que 26 des 518 zones de santé de la RDC ont été déclarées « zones de santé sanctuaires du choléra ». La mise en place de kits d'intervention aux abords desdites zones écourte le temps d'action pour contrôler la survenue et la riposte de ladite maladie. La description des facteurs de risque est également une activité importante d'autant plus qu'elle prépare les populations du milieu à prendre des dispositions nécessaires pour limiter l'exposition aux facteurs susceptibles de déclencher la maladie.

Etape 2.5 : Gérer l'investigation

Toute augmentation inhabituelle de l'incidence de la maladie (nouveaux cas) ou un événement inhabituel dans la communauté doit être investiguée. Le système utilisé pour les enquêtes dépend de l'intensité de l'événement, de la gravité de la maladie, du nombre de personnes / communautés touchées, des dommages potentiels pour la communauté ou la propagation de la maladie et de l'efficacité des interventions disponibles.

Les résultats de l'investigation des épidémies ou autres événements sanitaires inhabituels permettent souvent d'identifier les personnes qui ont été exposées à une maladie infectieuse ou affectées par un évènement sanitaire inhabituel. L'investigation fournit des informations utiles pour prendre des mesures immédiates et améliorer les activités de prévention à plus long terme. La procédure utilisée pour l'investigation d'éventuelles épidémies dues à des maladies infectieuses peut également s'appliquer aux autres problèmes sanitaires survenant dans la ZS, par exemple l'augmentation de l'incidence de maladies chroniques ou non-transmissibles.

Les objectifs de l'investigation sont les suivants :

- identifier et traiter les cas supplémentaires qui n'avaient pas été notifiés ou reconnus ;

- collecter les données et prélever des échantillons pour confirmer le diagnostic en laboratoire ;
- identifier les facteurs qui contribuent à l'apparition de la maladie / à la survenue de l'événement ;
- mettre en œuvre des mesures pour prévenir les événements ;
- décrire la manière dont se transmet la maladie et définir les populations à risque ;
- choisir les activités de riposte appropriées pour suivre l'épidémie ou l'évènement sanitaire.

L'organisation d'une investigation nécessite diverses activités dont les plus importantes sont reprises dans la figure 3.47. Bien que dans la pratique, en fonction de l'ampleur des épidémies à investiguer, certaines tâches peuvent être ignorées, nous tenons à présenter le scénario le plus complet possible où l'ensemble de ces tâches sont prioritaires.

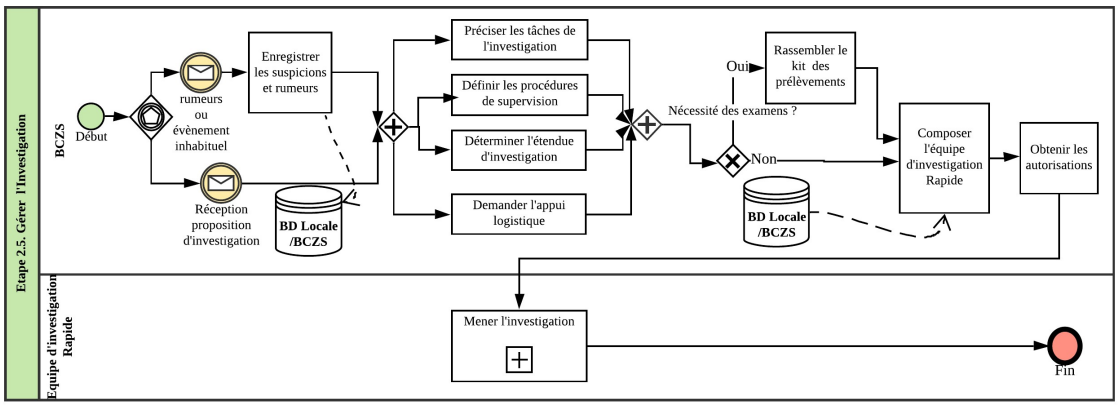


FIGURE 3.47 – Organisation de l'investigation d'une épidémie ou évènement de santé publique.

Le fait déclencheur de l'action est généralement la réception des propositions d'investigations lancées par les FOSA, le BCZS ou la DPS. Il peut également s'agir des rumeurs ou d'un évènement inhabituel ayant trait à la santé publique des populations. Pour mener à bien l'investigation, voici quelques préalables à considérer :

- *Préciser les tâches de l'investigation* : selon qu'il s'agit d'une maladie chronique ou d'une épidémie à forte prévalence ou pas, les tâches à réaliser ne sont pas les mêmes. D'où l'intérêt de les définir au préalable pour éviter toute

confusion par la suite. Faudra-t-il rechercher un nombre de précis de cas supplémentaires ou surveiller simplement les tendances ? combien d'aires de santé à investiguer ?

- *Définir les procédures de supervision* :
  - établir un plan de communication pour les équipes ;
  - préparer un diagramme indiquant les différents niveaux hiérarchiques et la manière dont l'information doit circuler aussi bien au sein de l'équipe chargée de l'investigation entre la ZS et les autres niveaux ;
  - définir les méthodes de communication et la fréquence des communiqués à l'intention des autorités tout au long de l'épidémie ;
  - mettre en place des procédures pour communiquer avec la communauté et les principaux partenaires, et pouvoir échanger avec eux les informations importantes concernant l'identification des risques associés à l'épidémie ou à l'évènement et les mesures de riposte ;
  - mettre en place des procédures pour communiquer avec la communauté et les principaux partenaires, et pouvoir échanger avec eux les informations importantes concernant l'identification des risques associés à l'épidémie ou à l'évènement et les mesures de riposte.
- *Définir l'étendue de l'investigation* : A partir des informations disponibles sur la maladie suspectée, son mode de transmission et ses facteurs de risque, on fixe les limites géographiques et la population cible de l'investigation. Les recherches débuteront dans l'aire de santé la plus touchée puis s'étendra aux formations sanitaires voisines afin de vérifier s'il y a une observance des cas similaires ou une augmentation du nombre de cas avec le même diagnostic.
- *Demander l'appui logistique* : la virulence de l'épidémie, la difficulté d'accès aux aires d'investigation nécessite souvent une demande d'appui logistique aux partenaires techniques et financiers. Il peut s'agir des véhicules tout-terrains, de kit de protection individuelle, de kit de prise en charge, etc.
- *Rassembler le kit de prélèvement* : les prélèvements des liquides, sang, selles et autres sont parfois très utiles si la confirmation de l'épidémie nécessite des examens de laboratoire. Les milieux de conservation de ces prélèvements sont importants pour ne pas fausser les résultats des analyses. C'est ainsi qu'il faudra par exemple disposer des tubes avec des anticoagulants pour conserver le sang ou le milieu Cary Blair pour des selles d'un malade

soupçonné de choléra. L'équipe doit préparer ces matériels en fonction des maladies suspectées.

- *Composer l'équipe d'investigation rapide* : les fonctions des membres de cette équipe pluridisciplinaire sont bien définies. A ce stade, il est question de proposer rapidement les individus ayant le profil requis pour participer à la mission d'investigation ponctuelle.
- *Obtenir les autorisations* : les autorisations administratives sont toujours obligatoires avant d'organiser une quelconque descente sur le terrain pour questionner les populations. Elles ont pour avantage de rendre officielle la mission et de faire participer les autorités locales dans la collecte des informations fiables auprès des populations. Cet acte pourrait faire éviter à l'équipe une fin de non-recevoir de la part de la population à visiter.

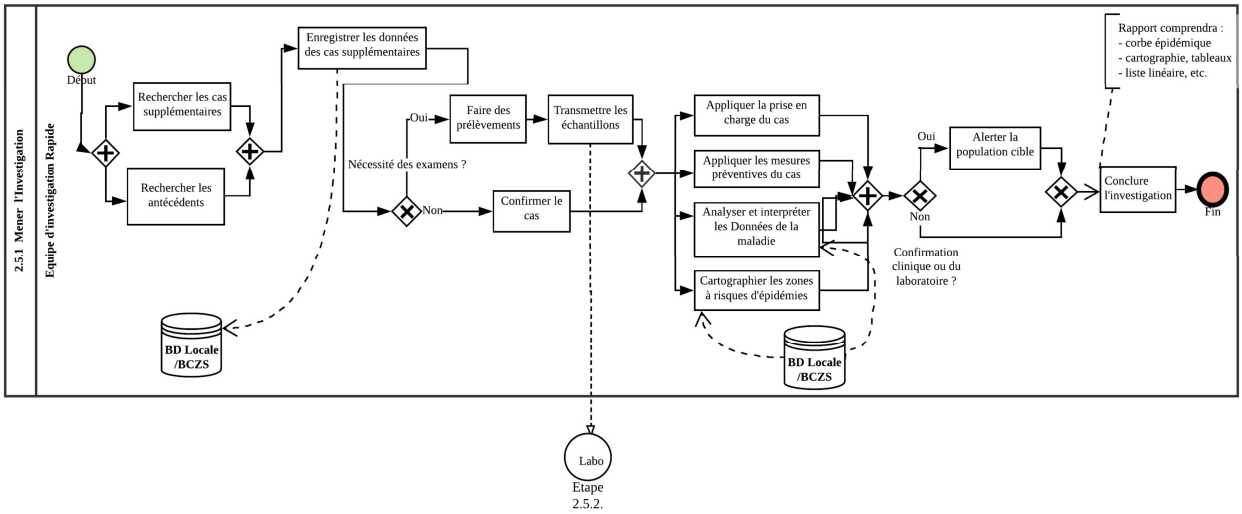


FIGURE 3.48 – Conduite de l'investigation d'une épidémie ou évènement de santé publique.

La conduite de l'investigation (figure 3.48) proprement dite démarre après que tous les préalables soient réunis. Durant toute la durée de l'investigation, l'équipe effectuera les actions suivantes :

— visiter l'aire de santé touchée par l'épidémie ainsi que les aires environnantes à la recherche active des cas supplémentaires ;

— rechercher si possible les antécédents de l'épidémie ;

— rapporter les données des cas supplémentaires aux autorités ;

— confirmer le cas à partir des signes clinique ou faire des éventuels prélèvements des échantillons d'analyses médicales et les transmettre au laboratoire spécialisé ;

— appliquer la prise en charge de cas selon le protocole harmonisé ;

— faire appliquer les mesures préventives du cas pour limiter une éventuelle propagation ;

— analyser et interpréter les données collectées à la lumière de l'historique des épidémies de la zone sous examen ;

— cartographier les zones à risque pour préparer une riposte sélective ;

— alerter la population-cible des risques que présente la maladie ;

— conclure l'investigation par la production d'un rapport circonstancié.

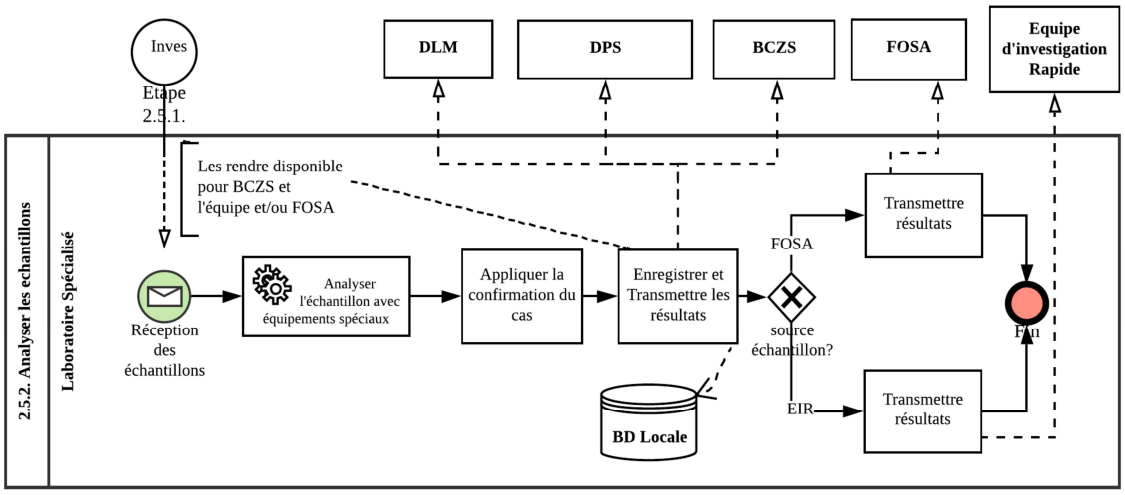


FIGURE 3.49 – Analyse des échantillons de l'équipe d'investigation d'une épidémie ou évènement de santé publique.

La transmission en temps réel des résultats des analyses des échantillons au laboratoire est capitale pour une prise de décision éclairée. Malheureusement, il arrive souvent que lesdits résultats ne soient pas communiqués le plus rapidement possible ni à l'équipe d'investigation ni au BCZS des aires visitées. La figure 3.49 décrit comment un laboratoire doit obligatoirement transmettre les résultats de ses analyses au même moment aux autorités de la Pyramide sanitaire et à l'entité ayant fourni lesdits échantillons.

Pour conclure son rapport d'investigation, l'équipe adhoc aura parfois besoin des résultats des analyses durant la descente sur terrain pour alerter la population des aires visitées et aires voisines de la présence ou non de l'épidémie suspectée.

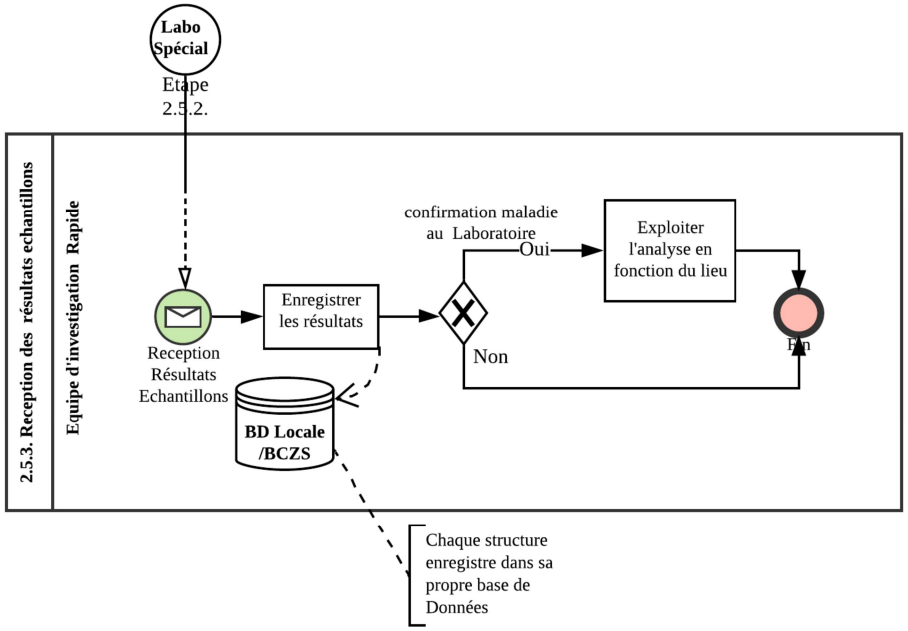


FIGURE 3.50 – Réception des résultats de l'analyse des échantillons au Laboratoire.

Le cas idéal où le laboratoire transmet rapidement les résultats à l'équipe est représenté dans la figure 3.50. L'analyse de la cartographie des cas permet rapidement de déterminer l'étendue géographique des zones à risque à alerter.

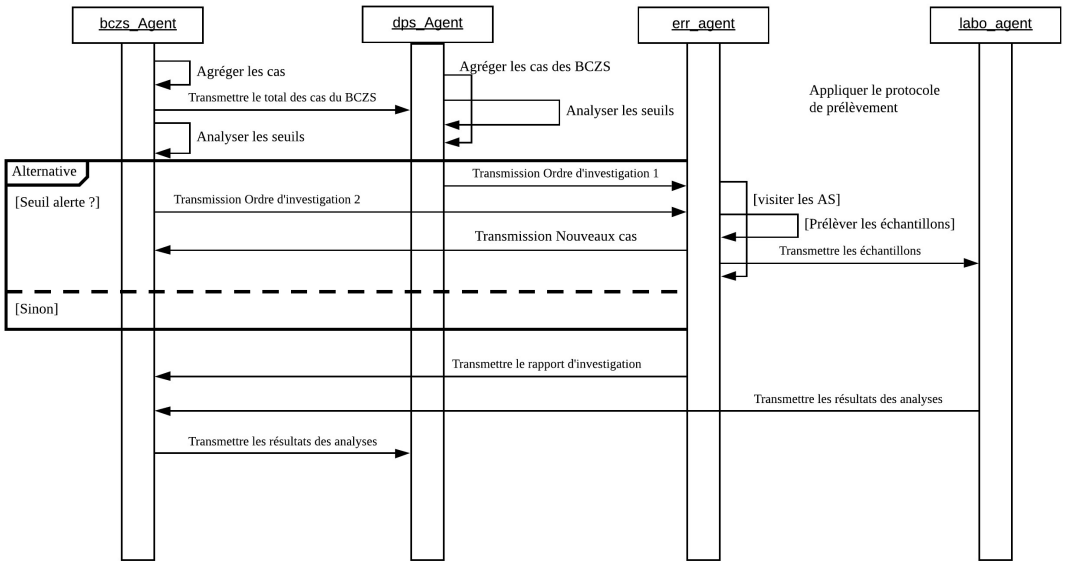


FIGURE 3.51 – Investigation d'une épidémie dans des aires de santé.

Pour enquêter sur une zone sanitaire, l'équipe d'investigation doit recevoir l'ordre et la mission de la hiérarchie de la zone sanitaire. Il peut s'agir du BCZS ou

de la DPS. Bien qu'il soit obligé de transmettre les données agrégées de ses FOSA à sa hiérarchie périodiquement, le BCZS analyse lesdites données afin de vérifier si le seuil épidémique ou d'alerte de la maladie sous surveillance est atteint. Le diagramme des séquences (Figure 3.51 page précédente) donne un aperçu des interactions qui existent entre les acteurs pour mener à bien l'investigation.

La DPS qui compile des données de plusieurs BCZS vérifie sur les seuils sont atteints au niveau provincial ou entre des zones de santé contigües. Dans ce cas, elle peut via le BCZS donner également l'ordre d'investigation. Quel que soit le donneur d'ordre, l'équipe d'investigation transmettra les nouveaux cas et le rapoort de sa mission au BCZS gérant les aires de santé visitées. Les éventuels échantillons prélevés sont transmis directement aux laboratoires spécialialisés. Ces derniers doivent transmettre les résultats des analyses toujours au BCZS des aires d'où les échantillons ont été prélevés. Le BCZS à son tour doit partager ces résultats avec la DPS, l'équipe d'investigation et les FOSA concernées.

Les activités se rapportant à l'organisation de l'investigation peuvent se présenter de manière beaucoup plus simplifiée dans la figure 3.52 page suivante où nous remarquons que c'est l'ordre d'investigation qui déclenche la visite des aires de santé concernées et probablement les aires contiguës. Chaque fois qu'un nouveau cas suspect est trouvé, l'équipe d'investigation doit le rapporter au BCZS approprié.

Si la maladie suspectée peut être confirmée par des analyses des laboratoires alors l'équipe d'investigation procèdera au prélèvement des échantillons et assurera leur transmission vers les laboratoires d'analyses médicales spécialisés. Compte-tenu de la courte période d'investigation, limitée à quelques trois ou quatre jours, les résultats des analyses ne sont généralement pas disponibles durant la mission. Dans tous les cas de figure l'équipe d'investigation doit conclure sa mission par la production du rapport d'investigation qui comprend un résumé d'orientation, la présentation des aires visitées, les actions menées, l'interprétation des données ainsi que les recommandations. Remarquons que les activités notées entre crochets peuvent être affinées dans des sous-activités beaucoup plus détaillées.

Etape 2.6 : Gérer les alertes

Cette section présente les différentes fonctionnalités que requiert la gestion des alertes médicales. Elle rassemble les techniques dont on a besoin pour commu-

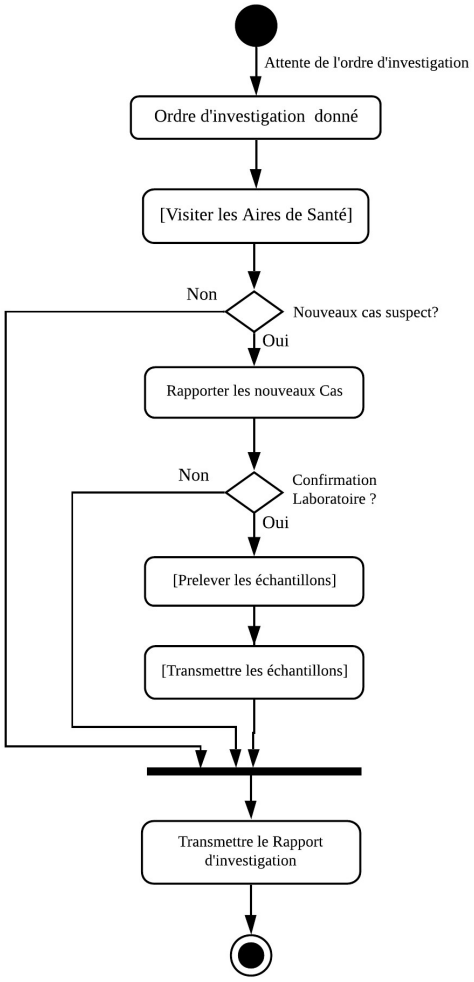


FIGURE 3.52 – Les activités liées à l'investigation d'une épidémie dans des aires de santé.

niquer efficacement entre les professionnels de santé d'une part, et les structures sanitaires et les populations d'autre part.

Les alertes sanitaires ont pour but de normaliser le processus de communiquer des informations utiles sur la maladie aux populations les plus exposées ou proches de l'épicentre de ladite pathologie. Elles doivent être instantanément accessibles et contenir des informations succinctes sur les signes et symptômes des maladies ainsi que leurs mesures préventives. Elles fournissent également des conseils précieux aux professionnels de santé sur la prise en charge des patients. Une alerte sanitaire doit présenter les caractéristiques principales suivantes :

1. *Brève* - les populations n'ont généralement pas la capacité de comprendre une longue description d'une maladie ;

2. *Durable* - inclut des informations qui resteront pertinentes sur la maladie pendant plusieurs mois ;
3. *Sûre* - évite d'utiliser des absolus (toujours, jamais) en prenant en compte et en respectant le jugement clinique du prestataire sur le terrain ;
4. *Respectueux* - utilise un langage respectueux en évitant une description subjective ou péjorative de la maladie. Limite les informations conformes à la réglementation en la matière et à la politique nationale ;
5. *Pertinente* - contient des informations utiles et exploitables.

Un petit groupe du personnel composé aussi bien des professionnels de santé que des membres de relais communautaire devrait être responsable de la rédaction, de la traduction en langues vernaculaires, de la révision et de la mise à jour des alertes sanitaires. La présence d'une petite équipe de rédacteurs d'alerte hautement qualifiés et expérimentés pourrait aboutir au développement d'alertes sanitaires plus efficaces et de meilleure qualité.

Pour créer des alertes sanitaires efficaces, la procédure suivante sera respectée :

1. Convoquer une petite équipe multidisciplinaire avec un leadership des professionnels et des administratifs du système sanitaire pour coordonner la création et la conservation des alertes sanitaires ;
2. Développer et suivre un processus standardisé pour identifier la maladie, la population-cible, le personnel de santé en utilisant un langage approprié et en écrivant l'alerte initiale ;
3. Utiliser des rapports mensuels des équipes d'investigation et de riposte pour élaborer des critères d' « hygiène » des alertes (c'est-à-dire examen, modification ou suppression des alertes sanitaires obsolètes). Ce processus de révision devrait être normalisé dans toute l'organisation pour mettre à jour ou retirer les alertes

Dans la méthode CHICKEN nous prévoyons le cas le plus courant où les alertes sanitaires peuvent être lancées à n'importe quel niveau de la pyramide sanitaire de la RDC. Généralement, l'ordre sera du niveau supérieur au niveau inférieur c'est-à-dire National vers Provincial, Provincial vers BCZS et BCZS vers les FOSA.

Nous avons également créé deux organisations pour regrouper les structures sanitaires contiguës et les FOSA traversées par une même rivière. Ces deux organisations permettent d'ouvrir une collaboration de même niveau entre les structures

sanitaires quel que soit leur appartenance ou non à une même structure hiérarchique.

La figure 3.53 illustre un scénario le plus évocateur d'un système collaboratif. Nous sommes face à une maladie dont la confirmation passe par les résultats des analyses aux laboratoires. Les équipes d'investigation ont prélevé et transmis des échantillons pour analyse aux laboratoires spécialisés. Ces derniers, lors de la remise des résultats, incluent le niveau national (DGLM) sur la liste des destinataires (voir étape 2.5 de la phase 2).

Si les résultats de l'analyse confirment la présence de la maladie alors la DGLM, grâce à la cartographie nationale, recherchera la DPS (niveau intermédiaire) chargée de la gestion technique et administrative des lieux de provenance des échantillons analysés pour lui lancer l'alerte sanitaire.

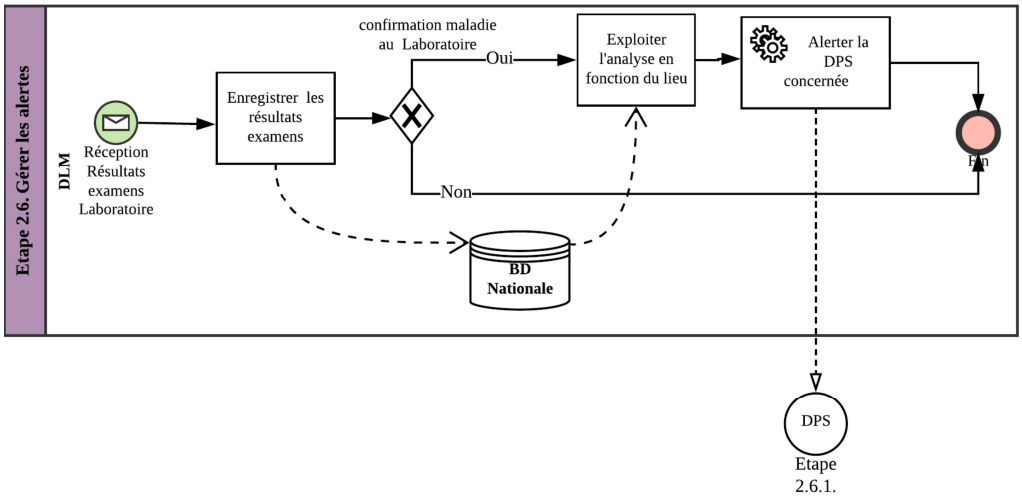


FIGURE 3.53 – Transmission des alertes nationales aux DPS.

Le niveau intermédiaire (DPS) peut lancer les alertes sous deux conditions (figure 3.54 page ci-contre) : soit recevoir les alertes provenant du niveau hiérarchique (DGLM) ou recevoir les résultats positifs des analyses des échantillons par les laboratoires. La DPS alertera en priorité le BCZS d'où provenaient les échantillons analysés positivement. Ensuite, se servant de son organisation d'appartenance, elle va également alerter les DPS qui lui sont contiguës de l'existence de la maladie dans son (ses) BCZS.

Le BCZS lancera les alertes sous les mêmes conditions que le niveau intermédiaire (figure 3.55 page 142) : soit recevoir les alertes provenant du niveau hiérarchique (DPS) ou recevoir les résultats positifs des analyses des échantillons par les laboratoires. Le BCZS alertera en priorité les FOSA d'où provenaient les

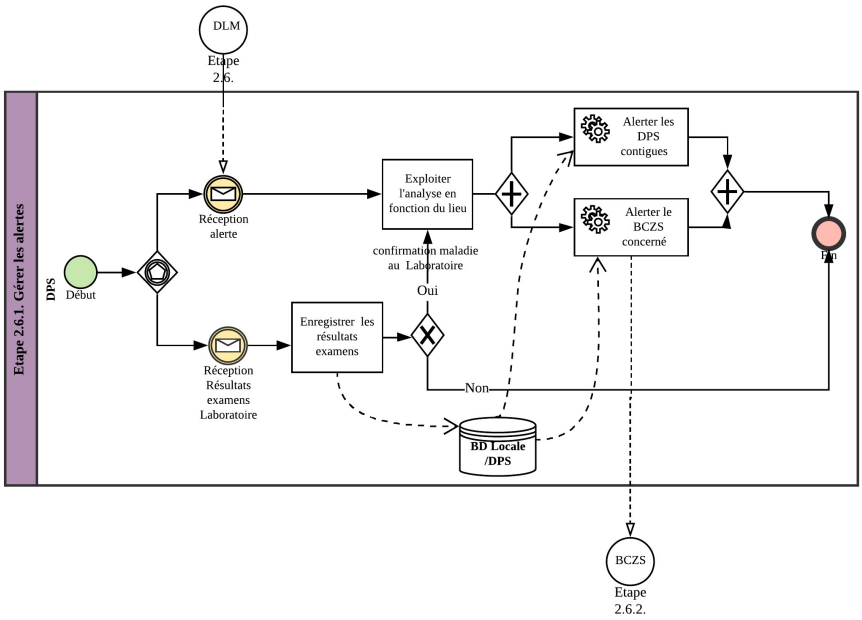


FIGURE 3.54 – Transmission des alertes nationales aux BCZS.

échantillons analysés positivement. Il a également intérêt à alerter les RECO à travers lesquels il pourra atteindre la population. A partir des informations sur son organisation d'appartenance, il alertera ses voisins immédiats de la présence confirmée par les laboratoires d'une maladie dans ses aires de santé.

Si les échantillons d'analyses médicales ont été fournis par une FOSA(figure 3.56 page suivante), elle peut être informée des résultats de laboratoire directement. A partir des informations sur son organisation d'appartenance, elle alertera ses voisins immédiats de la présence confirmée par les laboratoires d'une maladie dans son aire de santé.

Il existe des maladies telles que le choléra qui se transmet en utilisant de l'eau contaminée. Les eaux de rivière peuvent servir de vecteur de la maladie. Face à une telle maladie, la FOSA concernée alertera également toutes les FOSAs appartenant à l'organisation *"traversées par la même rivière* ».

La FOSA pourra également se servir des coordonnées téléphoniques des patients porteurs de la maladie pour les informer de la confirmation par les laboratoires. En perspectives, nous comptons intéresser les opérateurs de télécommunications pour alerter aussi toute personne dont le téléphone est identifié de manière quasi permanente dans un rayon de quelques mètres autour des malades confirmés. Cette identification pourra s'affiner sur les personnes susceptibles de se contaminer depuis que les malades étaient devenus infectieux.

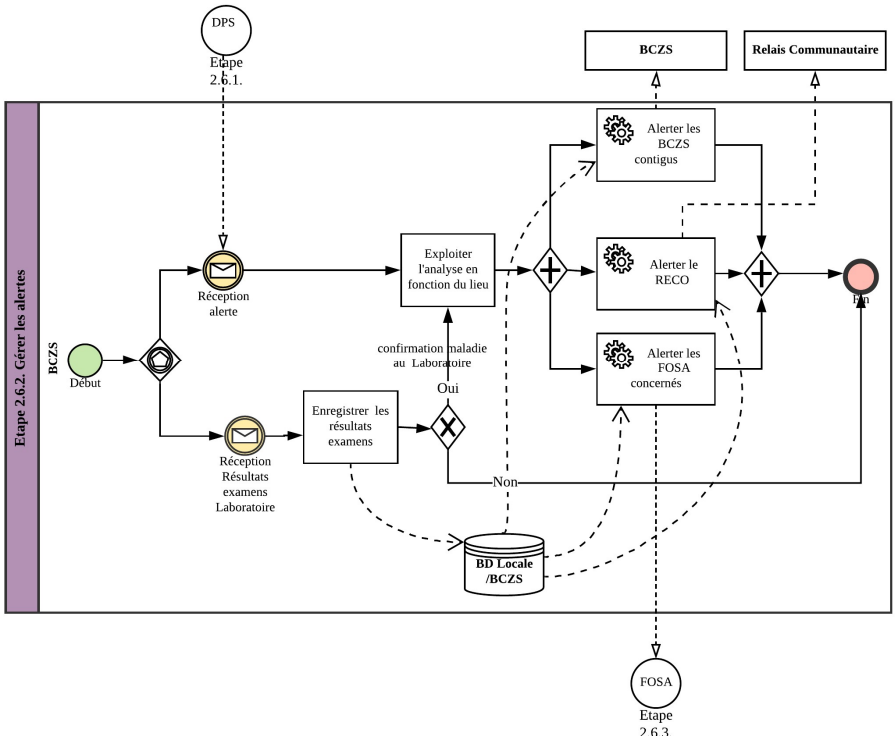


FIGURE 3.55 – Transmission des alertes de BCZS aux FOSA.

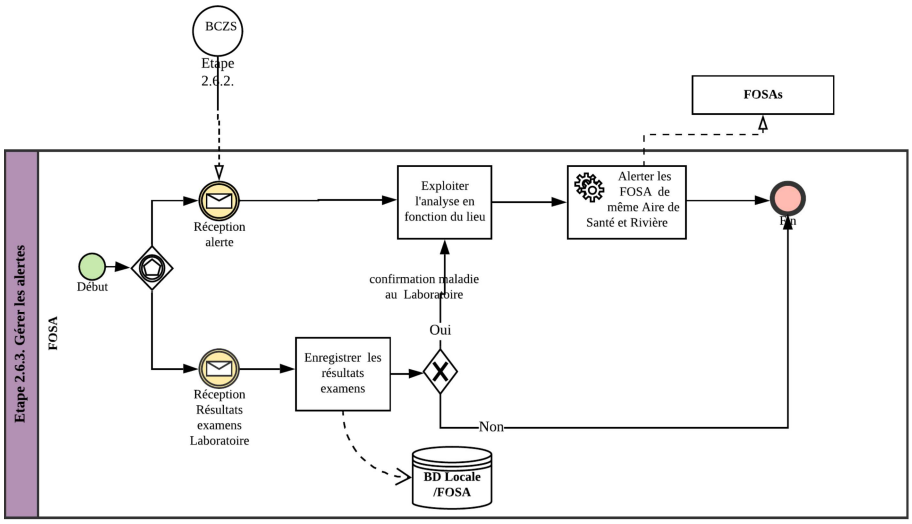


FIGURE 3.56 – Transmission des alertes de santé aux FOSA des organisations communes.

Les alertes sanitaires sont lancées au niveau périphérique puisqu'il est proche des populations. Etant donné que tous les évènements sanitaires ne réclament pas l'attention des populations, nous avons retenu les cas des maladies dont les informations peuvent guider le comportement des populations pour en limiter les

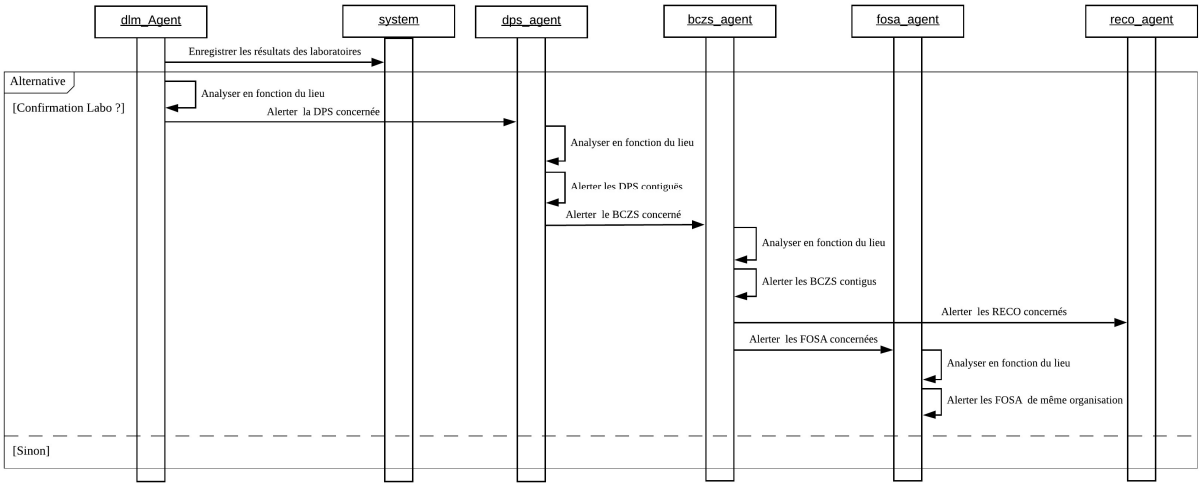


FIGURE 3.57 – Séquence de transmission des alertes sanitaires à travers les structures de santé.

effets dévastateurs ou la propagation. Généralement, ces maladies se confirment par les analyses des échantillons au laboratoire. Le diagramme des séquences (figure 3.57) déroule les actions menées à partir du niveau national à la réception des résultats des laboratoires confirmant la présence d'une maladie dans une aire de santé.

Pour toute maladie contagieuse confirmée au laboratoire, la DGLM informera uniquement les DPS d'où provenaient les échantillons. C'est la responsabilité de la DPS d'informer ses voisines immédiates et ses BCZS directement concernés. Chaque BCZS alertera ses voisins immédiats de la présence de ladite maladie, ses relais communautaires et probablement ses FOSA.

Quant à la FOSA qui reçoit la confirmation de la maladie, elle a deux possibilités pour relayer les alertes. Elle informe toutes les formations sanitaires de son aire de santé ou des aires contiguës et éventuellement les autres FOSA appartenant à son organisation de regroupement telle *" traversées par une même rivière"*.

Les activités se rapportant à la transmission des alertes entre les structures sanitaires peuvent être présentées de manière plus simplifiée dans la figure 3.58 page suivante où nous remarquons que c'est l'arrivée des résultats des analyses médicales qui déclenche les alertes, évidemment si la maladie est confirmée. Chaque structure hiérarchique délègue au dépendant la responsabilité d'informer ses voisins et les autres structures sous sa supervision.

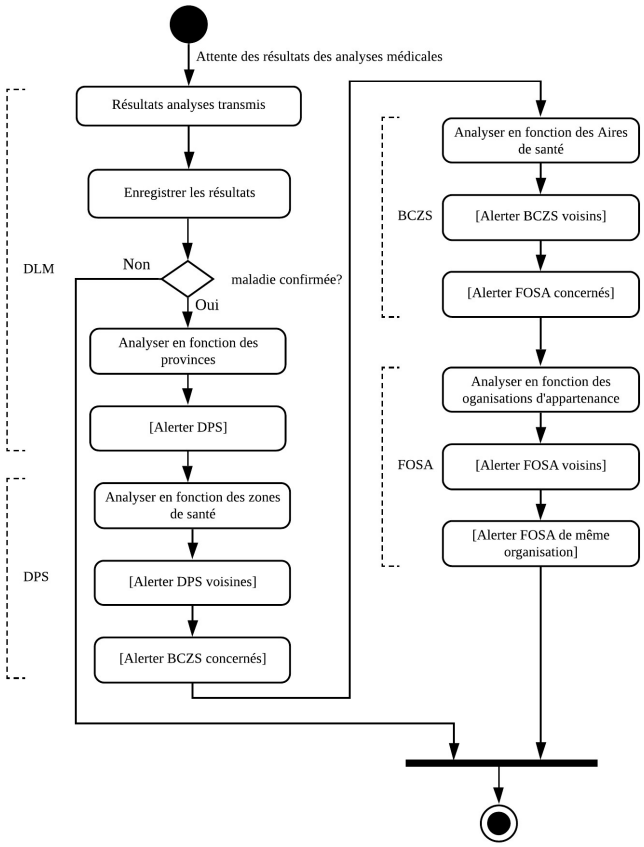


FIGURE 3.58 – Activités liées à la transmission des alertes sanitaires du niveau hiérarchique au niveau périphérique.

3.3.3 Phase 3 : Riposter contre la maladie

Les informations nécessaires pour bien identifier une maladie sous surveillance ont été détaillées dans *la phase 1 - Décrire la maladie à surveiller* (cf. Phase 1) de notre méthode. La description complète de la maladie fournie dans la *phase 1* a servi les professionnels de la santé, durant la deuxième phase de la méthode à savoir : *"Surveiller les données sanitaires de la maladie"* (cf. Phase 2), à collecter les données des patients, les analyser avant d'organiser des investigations de terrain dans le but de confirmer ou infirmer la présence de la maladie.

La troisième et dernière phase de la méthode CHICKEN regroupe l'ensemble des actions à mener pour riposter contre une maladie confirmée dans la population. Les quatre étapes constitutives de cette phase de notre méthode sont représentées dans la figure 3.59 page suivante ci-dessous. Les détails des activités de chacune des étapes seront déroulés dans la suite de cette section.

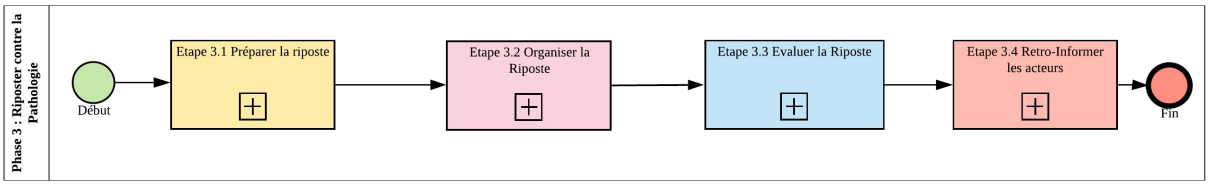


FIGURE 3.59 – Phase 3 : les étapes de la riposte contre la maladie.

Etape 3.1 : Préparer la riposte

La préparation aux situations d'urgence face aux épidémies et la capacité d'identifier les épidémies s'avèrent médiocres dans bon nombre de pays en développement [ABUBAKAR A. A. et al., 2010], sur la base des critères choisis parmi les recommandations des directives techniques nationales du SIMR.

Notre méthode fournit les outils dont les professionnels de santé ont besoin pour bien identifier les épidémies dans les deux premières phases. Un accent particulier a été mis sur la préparation à la riposte (cf. section 3.3.1 page 97) à l'étape 5 de la première phase. Dans cette étape, nous avions souligné l'importance de la mise en place d'un comité de gestion des urgences sanitaires, des profils des membres de l'équipe de réponse rapide ainsi que les principales fournitures et équipements pour la riposte aux épidémies.

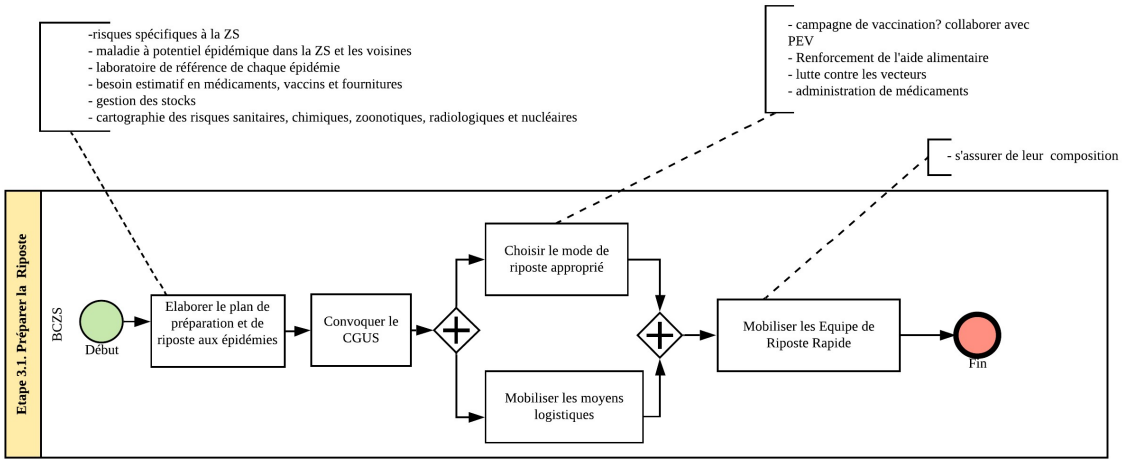


FIGURE 3.60 – Préparation de la riposte contre la maladie.

La présente étape constitue une vérification des préalables disponibles dès la phase de la description de la maladie. La riposte contre la maladie est menée sous la supervision du BCZS. L'ensemble des actions préparatoires pour organiser la riposte sont présentées dans la figure 3.60.

Si l'application des recommandations de la deuxième phase a permis de confirmer la maladie, le BCZS mènera les actions suivantes :

- *Elaborer le plan de préparation et de riposte aux épidémies*. Ce plan comprend :
  - les risques spécifiques de la zone de santé,
  - la maladie à potentiel épidémique dans la zone de santé et ses voisines,
  - les différents laboratoires de référence par rapport à la maladie suspectée,
  - le besoin estimatif en médicaments en complément aux fournitures et équipements de la zone de santé,
  - la gestion des stocks de manière à couvrir le besoin en minimisant la dégradation des intrants
  - la cartographie des risques sanitaires, chimiques, zoonotiques, radiologiques et nucléaires.
- *Convoquer le Comité de Gestion des Urgences Sanitaires*. Les fonctions et responsabilités des membres de ce comité ont été définies au début de la méthode à la fin de la première phase. Une proposition des membres sur base de profil a permis la mise en place d'un comité en attente d'une convocation ultérieure. A ce stade, le BCZS réunit les membres dudit comité pour décider ensemble des stratégies à appliquer lors de la riposte.
- *Choisir le mode de riposte approprié*. En fonction du taux d'attaque de la maladie, du nombre d'aires de santé contaminées, des traitements efficaces disponibles et des moyens techniques et financiers à leur disposition, le CGU choisira le mode d'intervention conforme au besoin. Comment casser la chaîne de contamination ? Faudra-t-il mettre les malades en quarantaine dans des centres spécialisés de traitement ? Une vaccination immuniserait-elle la population susceptible ? Si oui, sur quelle étendue faudra-t-il appliquer cette intervention et comment impliquer le Programme élargi pour la vaccination (PEV) ? Faudra-t-il renforcer l'aide alimentaire pour lutter contre les malnutris ? avons-nous besoin d'une campagne de lutte contre les vecteurs ? avons-nous suffisamment des médicaments à administrer aux patients ? Disposons-nous de suffisamment d'équipement de protection individuelle au cas où le personnel médical risque la contamination ? Autant de questions auxquelles le CGU doit très rapidement répondre.

- *Mobiliser les moyens logistiques*. Le choix du mode de riposte se fait au même moment que celui des moyens humains, financiers et de locomotion. Le BCZS préalablement doté de kit de riposte pourrait intervenir efficacement contre des épidémies attaquant un nombre très limité de la population. Face aux grandes épidémies, le BCZS doit solliciter des appuis logistiques de la part de ses voisins ou de sa hiérarchie. Il dressera rapidement un état de besoin réaliste à partager avec les partenaires financiers sous la supervision de la DPS voire de la DGLM.
- *Mobiliser les équipes de riposte rapide*. L'ERR est une équipe pluridisciplinaire composée d'un épidémiologiste, d'un clinicien, d'un technicien ou biologiste médical, d'un vétérinaire, d'un spécialiste en hygiène et assainissement et d'autres spécialistes en fonction de l'épidémie ou de l'évènement sanitaire. Les personnes dont le profil correspond au besoin de cette équipe ont été bien identifiées lors de la première phase de notre méthode. Le BCZS contacte urgemment ces membres pour réaliser la mission de contrôle de la propagation de l'épidémie voire de son éradication. Il pourra solliciter ses voisins ou sa hiérarchie en cas de besoin des membres au profil rare.

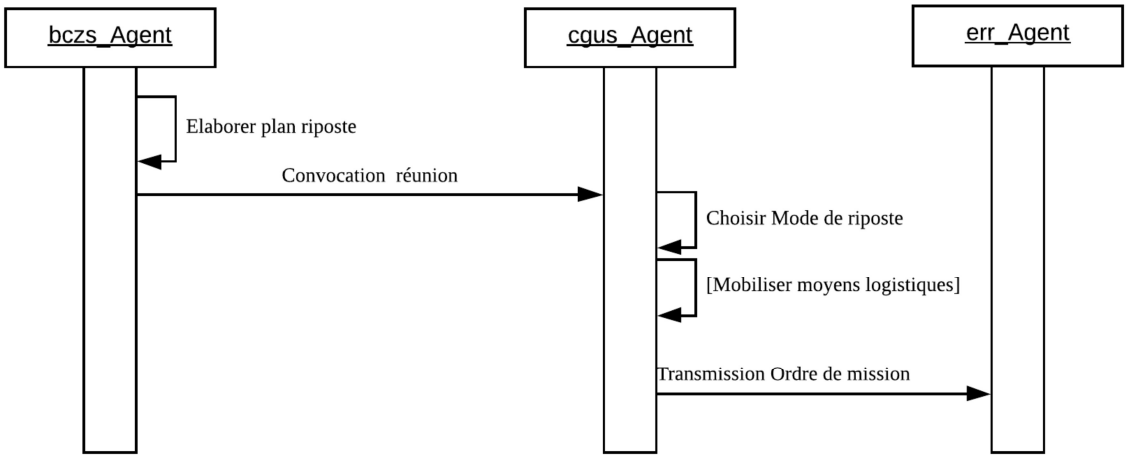


FIGURE 3.61 – Séquences des activités de préparation de la riposte.

Le diagramme des séquences (figure 3.61) décrit comment le BCZS convoque le CGUS pour une réunion d'urgence de préparation des actions à mener pour organiser la riposte. Si l'intervention exige des appuis financiers importants, le CGUS doit recourir aux partenaires et aux structures hiérarchiques pour mobiliser les moyens logistiques nécessaires avant de convoquer l'ERR pour réaliser la mission.

L'action *"Mobiliser moyens logistiques "* du CGUS est composée d'un ensemble d'interactions aussi bien avec les autres BCZS, les DPS et les Programmes spécialisés dans le but de réunir tout ce dont on a besoin pour riposter efficacement. Nous n'avons pas voulu détailler tous les autres acteurs pour simplifier la compréhension du processus.

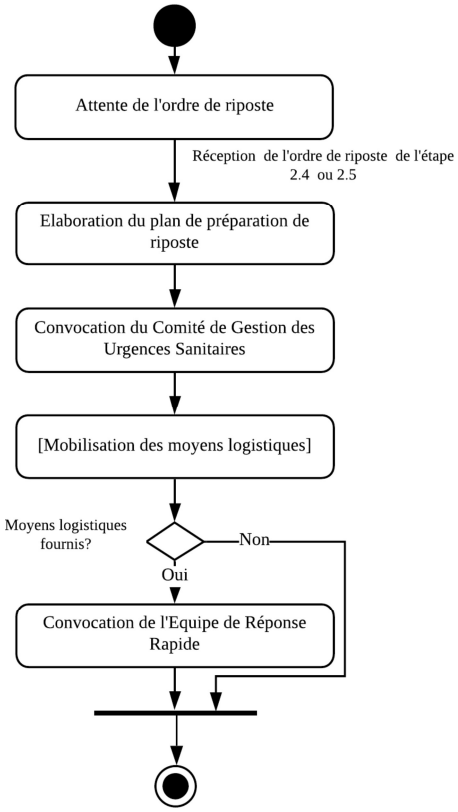


FIGURE 3.62 – Activités liées à la préparation de la riposte contre la maladie.

Les activités se rapportant à la préparation de la riposte peuvent être présentées de manière plus simplifiée dans la figure 3.62 où nous remarquons que c'est l'arrivée de l'*ordre de riposte* qui déclenche le processus. Il convient de souligner que cet ordre pourrait aussi bien provenir des résultats des analyses des données de santé des populations au niveau de chaque structure de la pyramique sanitaire(cf. l'étape 2.4 de la phase 2) que des recommandations issues d'une mission de l'équipe d'investigation (cf. l'étape 2.5 de la phase 2).

En fonction de l'étendue de la propagation de la maladie, plusieurs équipes mixtes peuvent être mises en place. Les membres de ces équipes proviendront de plusieurs niveaux de la pyramide sanitaire du système de santé. Une équipe de coordination sera désignée pour organiser les activités de toutes les autres équipes.

Etape 3.2 : Organiser la riposte

L' organisation de la riposte passe par le respect des étapes opérationnelles proposées à l' étape 3.1 de la phase 3 pour la mise en œuvre des actions planifiées. Quelles que soient les causes spécifiques de l'épidémie ou de l'évènement sanitaire, le succès de la riposte dépend des facteurs d'ordre général, comme la prise en charge des cas, la disponibilité des fournitures et la compétence du personnel de santé. Les facteurs communs aux activités de riposte comprennent les éléments suivants :

- Renforcement de la prise en charge des cas et des mesures de lutte contre l'infection ;
- Mise à niveau des compétences du personnel de santé ;
- Renforcement de la surveillance au cours des activités de riposte ;
- Information et éducation de la communauté ;
- Interventions efficaces (distribution des médicaments ou campagnes de vaccination).

Les étapes opérationnelles que l'équipe de réponse rapide doit respecter lors de l'organisation de la riposte contre une épidémie sont schématisées dans la figure 3.63. Elles peuvent être détaillées comme suit :

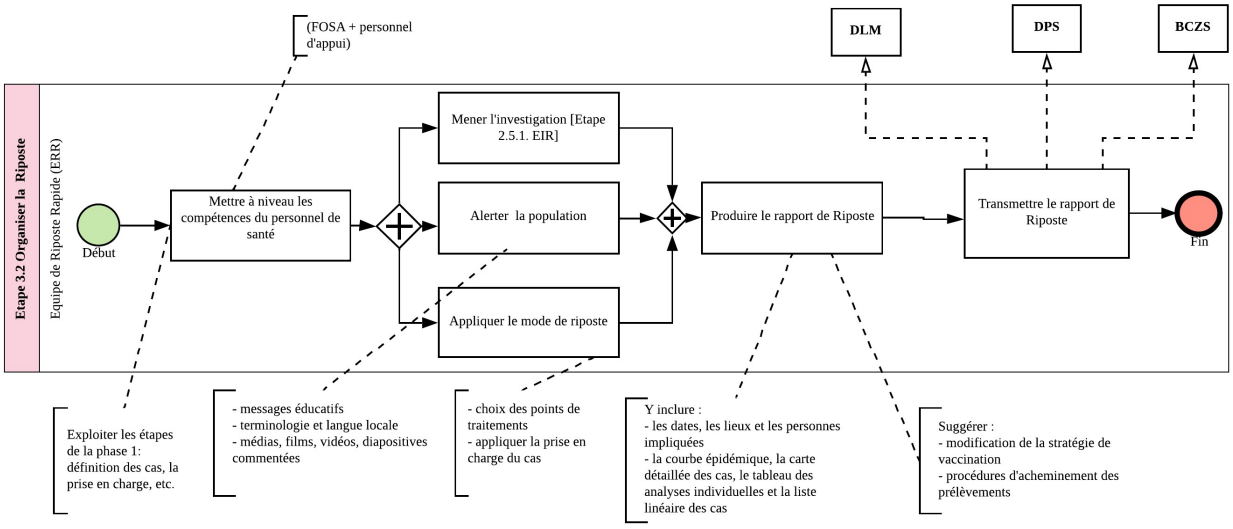


FIGURE 3.63 – Organisation de la riposte contre la maladie.

- *Mettre à niveau les compétences du personnel de santé* : généralement, l'ERR collabore avec les professionnels de santé et le personnel d'appui pour

réaliser la riposte. Une formation simple et circonstanciée de ce personnel s'avère très indispensable pour la réussite de la mission. On y évalue toujours l'utilisation correcte de la définition standard de la maladie. On harmonise le protocole de prise en charge (la vérification de la posologie et de la sélection des molécules à administrer aux malades). Les membres de l'ERR doivent bien maîtriser la description de la pathologie sous surveillance (cfr. l'étape 1.1 de la phase 1) pour actualiser les connaissances de leurs collaborateurs dans la mission de riposte ;

- *Mener l'investigation* : durant la phase de riposte, les membres de l'ERR continuent à chercher les nouveaux cas dans la population qu'ils vont rapporter au BCZS. Pour ce faire, l'exploitation des processus de l'étape 2.4 de la Phase 2 seront utilisés pour mener à bien l'investigation ;
- *Appliquer le mode de riposte retenu* : l'investigation se fait au même moment que la prise en charge des cas. Les analyses antérieures ont permis de déterminer l'étendue de l'intervention ainsi que la riposte appropriée qui peut être la campagne de vaccination, la médicamentation, l'amélioration de l'accès à l'eau potable, l'amélioration de l'élimination des déchets humains, l'amélioration des pratiques de manipulation des aliments, etc.
- *Alerter la population* : pour casser la chaîne de contamination ou réduire la prévalence d'une épidémie, l'ERR recourt à des messages éducatifs (indiquant les signes et symptômes de la maladie, le comportement à adopter, les gestes à poser, le lieu de prise en charge des cas, etc.) dans la langue vernaculaire des populations concernées. Elle pourra utiliser la communication directe à travers un message clair transmis à la population par lance-voix, les SMS de la téléphonie mobile, les masses médias, les films, les vidéos, etc.
- *Produire le rapport de Riposte* : à la fin des activités de riposte, un rapport approprié balisera la route pour les prochaines interventions. Dans le meilleur délai, l'ERR doit le produire en prêtant attention aux éléments suivants à y faire figurer : les dates, les lieux et les personnes impliquées, la courbe épidémique, la carte détaillée des cas, le tableau des analyses individuelles et la liste linéaire des cas. Le rapport(voir le modèle en annexe F page 257) pourra également faire des suggestions pour l'amélioration des politiques nationales sur des aspects tels que la stratégie de vaccination, les procédures d'acheminement des prélèvements, l'hygiène et assainissement des milieux, etc.

- *Transmettre le rapport de riposte* : l'absence de rapport écrit empêche le partage de bonnes expériences entre les zones de santé. Chaque ERR a l'obligation morale de produire un rapport qui servira de guide dans l'avenir aux autres structures sanitaires face aux mêmes maladies. Le rapport produit sera transmis simultanément à toutes les autorités hiérarchiques de la pyramide sanitaire de la RDC en commençant par le BCZS.

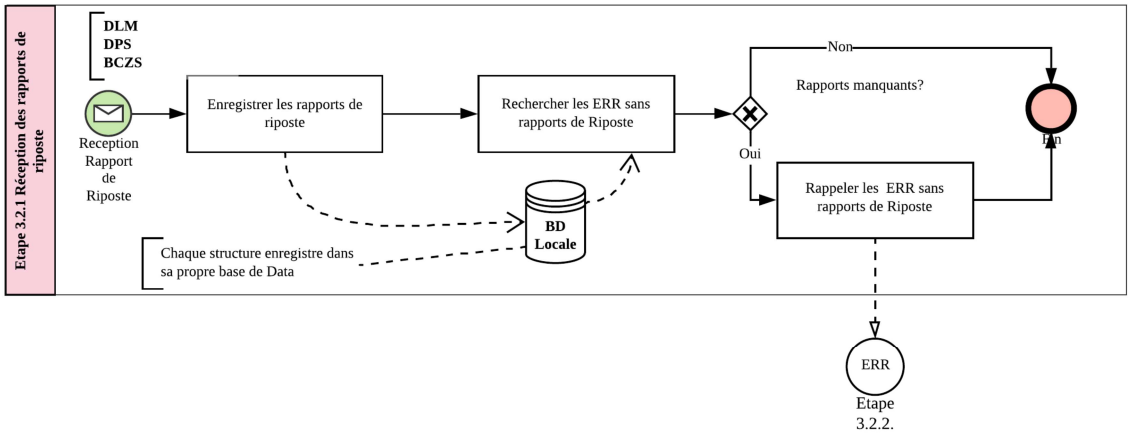


FIGURE 3.64 – Traitement des rapports de la riposte.

Pour contrôler le caractère contraignant du rapport à produire par chaque ERR après sa mission, nous avons prévu un processus de réception des rapports de riposte(Figure 3.64).

Etant donné que la mise en place d'une ERR (section 3.3.3 page 145) dans une zone de santé est communiquée à toutes les instances hiérarchiques de la pyramide du système sanitaire de la RDC, il devient aisé de vérifier la disponibilité ou non des rapports à produire dans un délai précis. Chaque structure sanitaire enregistre dans sa propre base de données tous les rapports que les ERR lui transmettent dans le temps. Elle peut par la suite rechercher dans sa base les ERR ne lui ayant jamais remis un rapport deux semaines après la clôture officielle de la période de riposte. Le processus prévoit des relances périodiques aux ERR concernées.

Le traitement des relances des rapports manquants par une *Equipe de Riposte Rapide* est schématisé par la figure 3.65 page suivante où l'on a prévu deux actions à mener par les membres en réponse : *produire le rapport de riposte* et le *transmettre* simultanément à toutes les instances hiérarchiques de la pyramide sanitaire. Bien que la figure ne présente que la relance du BCZS, structure hiérarchique directe de l'ERR, le niveau intermédiaire (DPS) et le niveau national (DGLM) peuvent également signaler l'absence d'un rapport attendu d'une ERR. Le traitement de

leur relance est rendu explicite à travers la description des interactions entre acteurs dans le diagramme des séquences.

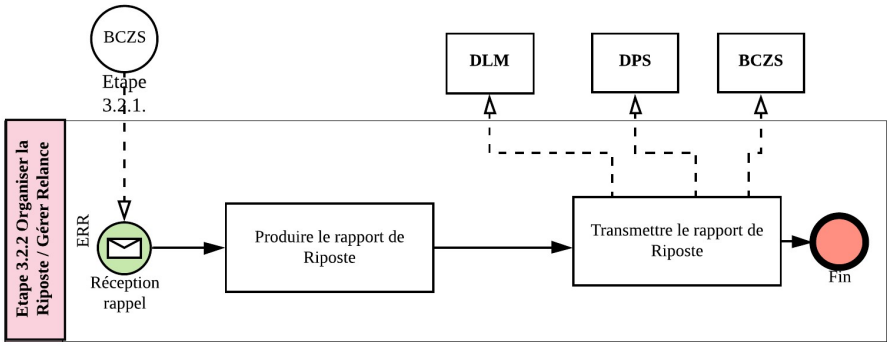


FIGURE 3.65 – Relance des rapports de la riposte manquants.

La séquence des activités liées à l'organisation de la riposte contre une épidémie ou évènement sanitaire est clairement décrite dans la figure 3.66 page suivante. L'ERR représentée par l'acteur *err_Agent* met à niveau les connaissances des personnels d'appui (*persAp_Agent*) qu'elle va utiliser dans la riposte. Les deux groupes mèneront les investigations tout en appliquant le mode de riposte retenu aux malades des aires de santé ciblées (*as_Agents*). L'ERR utilisera tous les moyens disponibles pour alerter les populations à travers les relais communautaires (*reco_Agent*) de la présence effective d'une épidémie ou d'un évènement sanitaire d'intérêt public.

A la fin de la campagne de riposte, l'ERR produira un rapport approprié à transmettre simultanément au BCZS (*bczs_Agent*), à la DPS (*dps_Agent*) et à la DGLM (*dlm_Agent*). Ce rapport sera rendu disponible à toutes les structures sanitaires du système de santé de la RDC. Chaque structure de la pyramide sanitaire directement concernée par la riposte pourra demander un rapport manquant à une ERR.

La figure 3.66 page ci-contre traite le cas où le constat de l'absence du rapport est fait par le niveau national (*dlm_Agent*). Ce dernier adresse sa demande de rapport au niveau directement inférieur à savoir la DPS (*dps_Agent*). Chaque acteur destinataire de la demande peut directement transmettre le rapport sollicité s'il en a sinon il relayera ladite demande au niveau inférieur.

Les activités se rapportant au lancement de la riposte contre une épidémie ou un évènement sanitaire sont présentées dans la figure 3.67 page 154 dans laquelle nous avons ajouté les acteurs au regard des activités pour en faciliter la compréhension. Par exemple l'ERR et le personnel d'appui exécutent au même

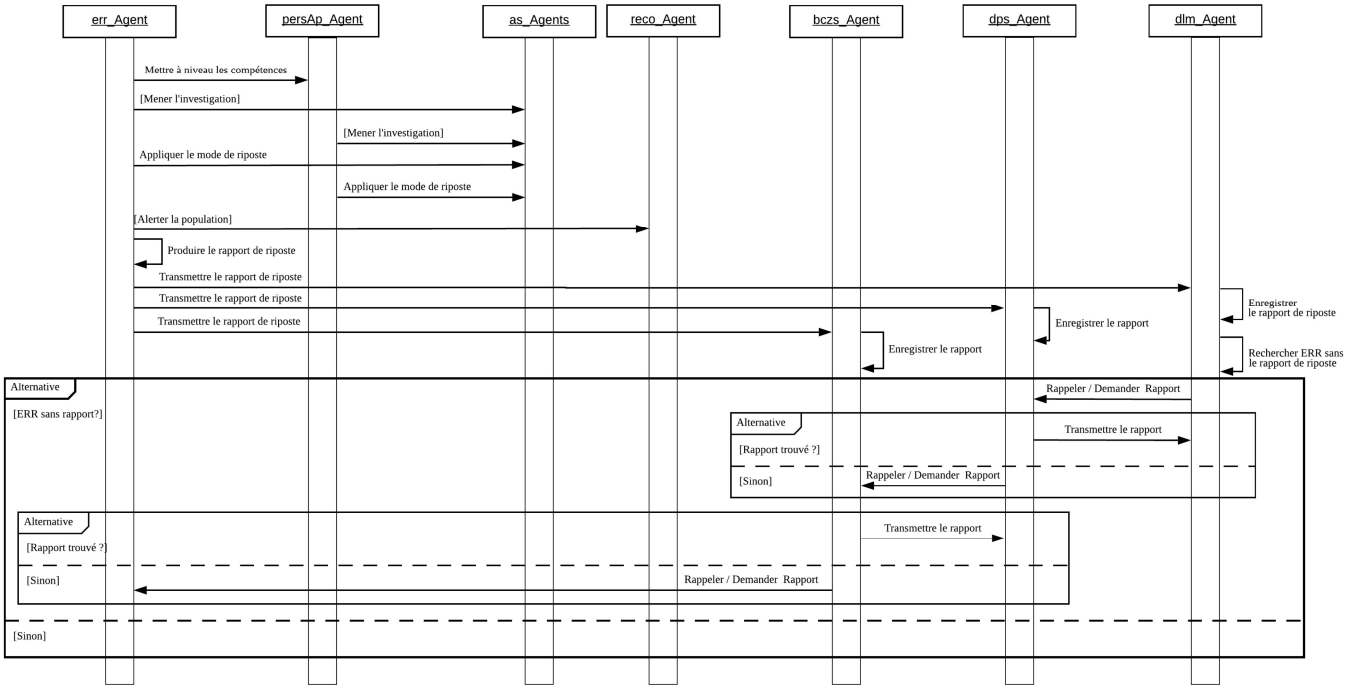


FIGURE 3.66 – Séquence des activités d'organisation de la riposte contre une épidémie.

moment ces activités : « *Mener l'investigation* » et « *Appliquer le mode de riposte* ».

Quant à l'activité *[Gérer Rapport Riposte]*, elle concerne la recherche des rapports manquants ainsi que leur demande auprès de l'autorité proche dans la pyramide sanitaire du système de santé de la RDC. Nous soulignons le fait que la recherche des rapports non transmis par une ERR lancée contre une riposte s'effectue à tout moment par toutes les structures hiérarchiques. Dans notre diagramme, nous présentons un cas plus général où le niveau national ne retrouve pas un rapport de riposte d'une ERR et le demande au niveau intermédiaire DPS qui peut le lui fournir ou le demander à son tour au niveau inférieur. C'est en dernier ressort que la demande pourrait être adressée à l'ERR concernée.

Etape 3.3 : Evaluer la riposte

À la fin de la riposte, une évaluation de la performance des investigations et des mesures de contrôle doit être réalisée. Les données concernant la date d'apparition des premiers cas et du délai de transmission des échantillons d'analyses au laboratoire sont très importantes. Des questions à répondre en vue d'une bonne évaluation sont les suivantes : Combien de cas ont fait l'objet de l'investigation

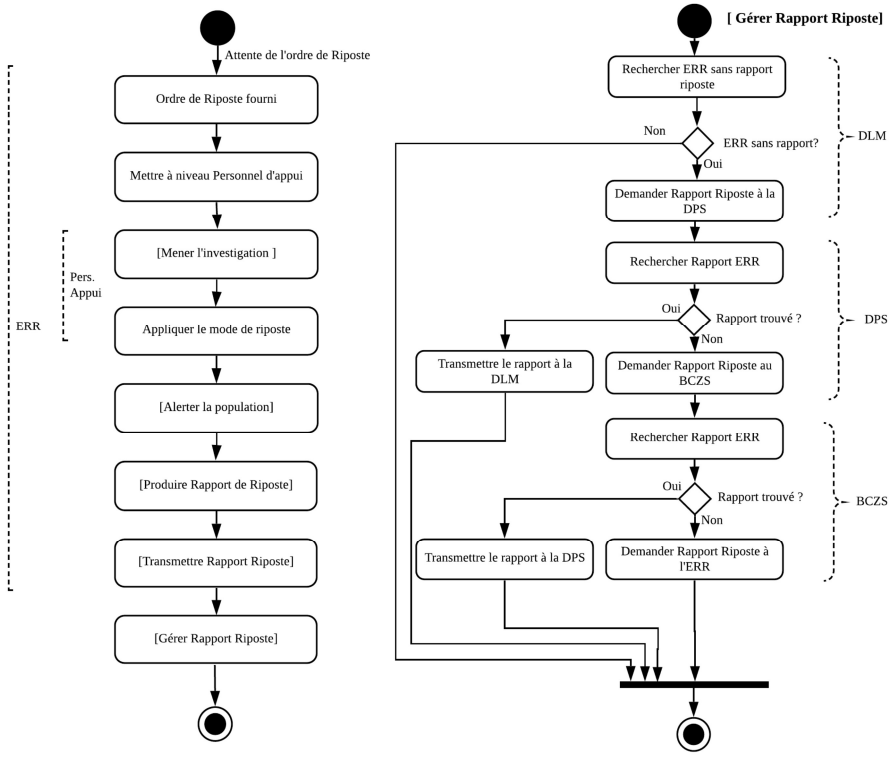


FIGURE 3.67 – Activités se rapportant à l'organisation de la riposte contre une épidémie.

dans les 48h suivant leur signalement ? Combien des résultats des tests de laboratoire ont été transmis dans les 7 jours suivant la réception de l'échantillon en laboratoire ? Quel pourcentage de cas pris en charge dans les 48 heures suivant la notification du cas ? Quel pourcentage des cas-contact pris en charge dans les 48h ?

L'évaluation de la riposte peut fournir des recommandations d'amélioration du système de surveillance. Par exemple, l'analyse de l'épidémie de rougeole dans la province de Qassim (Arabie saoudite) en 2007 a révélé que la plus grande sensibilité du groupe d'âge non vacciné de 6 à 11 mois nécessitait une modification du calendrier de vaccination contre la rougeole dans le pays [JAHAN S. et al., 2008].

En Afrique australe, un certain nombre de pays ont reconnu leur incapacité à mettre en œuvre le système d'alerte précoce du paludisme recommandé par l'OMS, alors que son objectif déclaré était de fournir un système d'alerte simple et pratique. C'est ainsi que le programme de contrôle du paludisme de la province de Mpumalanga(en Afrique du Sud), reconnaissant la nécessité d'un système d'alerte en cas d'épidémie de paludisme, a mis au point ses propres outils partant des données disponibles sur les épidémies antérieures dans la région [COLEMAN M.

et al., 2008].

L'utilisation d'équipements de protection individuelle et de contrôle des infections a été documentée dans la gestion des épidémies de choléra dans le nord du Nigéria. Cette étude suggérait que de simples pratiques d'approvisionnement en eau et d'hygiène des mains, y compris la chloration au point d'utilisation, les réservoirs d'eau potable et le lavage des mains au savon, pourraient contribuer à réduire le risque de transmission dans la communauté et les centres de santé. L'évaluation des interventions antérieures ont démontré qu'il est nécessaire de renforcer les efforts de collaboration du gouvernement avec des organisations non gouvernementales et du secteur privé pour contrôler et prévenir de manière adéquate les épidémies [Oladele D. A. et al., 2012].

L'évaluation de la riposte dans le système de santé de la RDC est schématisée dans la figure 3.68. Chaque structure de la pyramide sanitaire du système de santé doit produire un rapport évaluatif des actions de riposte des structures de niveau inférieur sous sa dépendance.

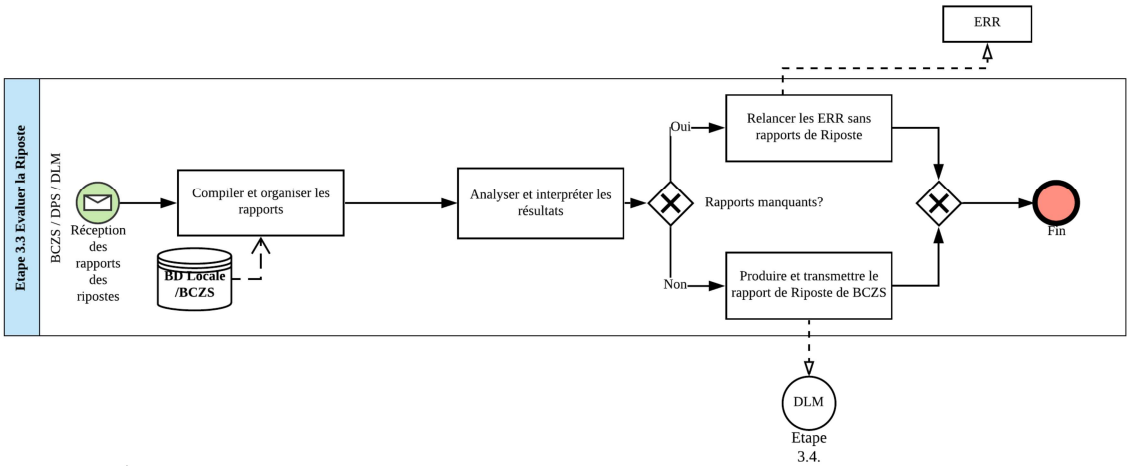


Figure 3.68 – Evaluation de la riposte.

Le niveau périphérique supervisé par le BCZS effectuera les actions suivantes :

- *Compiler et organiser les rapports des ripostes* : toutes les équipes de riposte lancées sur le terrain doivent produire un rapport circonstancié à transmettre au BCZS. Ce dernier doit les collationner et les regrouper par épidémie et/ou évènement sanitaire en vue d'une exploitation ultérieure aisée.
- *Analyser et interpréter les résultats* : il produit des nouveaux graphiques et de nouvelles cartographies représentatives de la situation de l'ensemble de zone de santé. Il fait quand-même l'interprétation des résultats consolidés avant

de revérifier si certaines ERR n'ont toujours pas transmis leurs rapports.

- *Relancer les* ERR *sans rapports de Riposte* : un rappel aux retardataires permettre d'attendre la complétude dans la transmission des rapports de riposte dans le contenu pourrait apporter des nouveaux éléments d'analyses et d'interprétation des résultats.
- *Produire le rapport de riposte de la zone de sante* : la compilation et l'interprétation des rapports de riposte permettent de produire un rapport synthèse assimilable à un bulletin épidémiologique de la zone de santé avec des graphiques et des cartographies facilitant la compréhension des données et des recommandations pertinentes.

L'exploitation des rapports et des données agrégées du niveau inférieur permettra la production des rapports et bulletins épidémiologiques du niveau intermédiaire et national. La DPS produira les rapports épidémiologiques de toute la province à partir des données lui transmises par les BCZS sous sa supervision. Quant au rapport national produit par la DGLM, il reprend les condensés des informations et données agrégées provenant de 26 DPS.

A ce jour, la production des bulletins épidémiologiques se fait de manière irrégulière au niveau national et ce pour certaines maladies dont les données de santé sont disponibles avec les financements des Programmes spécialisés. Les bulletins épidémiologiques au niveau de la province ou d'une zone de santé sont de plus en plus rares. La systématisation de la production et distribution des données de qualité que préconise la méthode CHICKEN fournira des informations dont on aura besoin pour produire lesdits bulletins à tout le niveau de la pyramide sanitaire du pays.

La séquence des activités liées à la production des rapports de riposte contre une épidémie ou un évènement sanitaire est décrite dans la figure 3.69 page suivante. L'ERR représentée par l'acteur *err_Agent* transmet son rapport de riposte au BCZS (*bczs_Agent*). Ce dernier compile et analyse les rapports provenant de plusieurs ERR. Bien qu'il soit obligé de transmettre aux autorités(DPS et DGLM) des rapports même incomplets, le BCZS peux également redemander les rapports aux ERR qui n'ont pas encore rendu les leurs malgré la relance faite à l'étape 3.2 de la phase 2.

La transmission des rapports et des données sanitaires d'un niveau à un autre de la pyramide sanitaire servira à la production des bulletins épidémiologiques. Le BCZS compilera les données sanitaires de ses fosas et les rapports des équipes

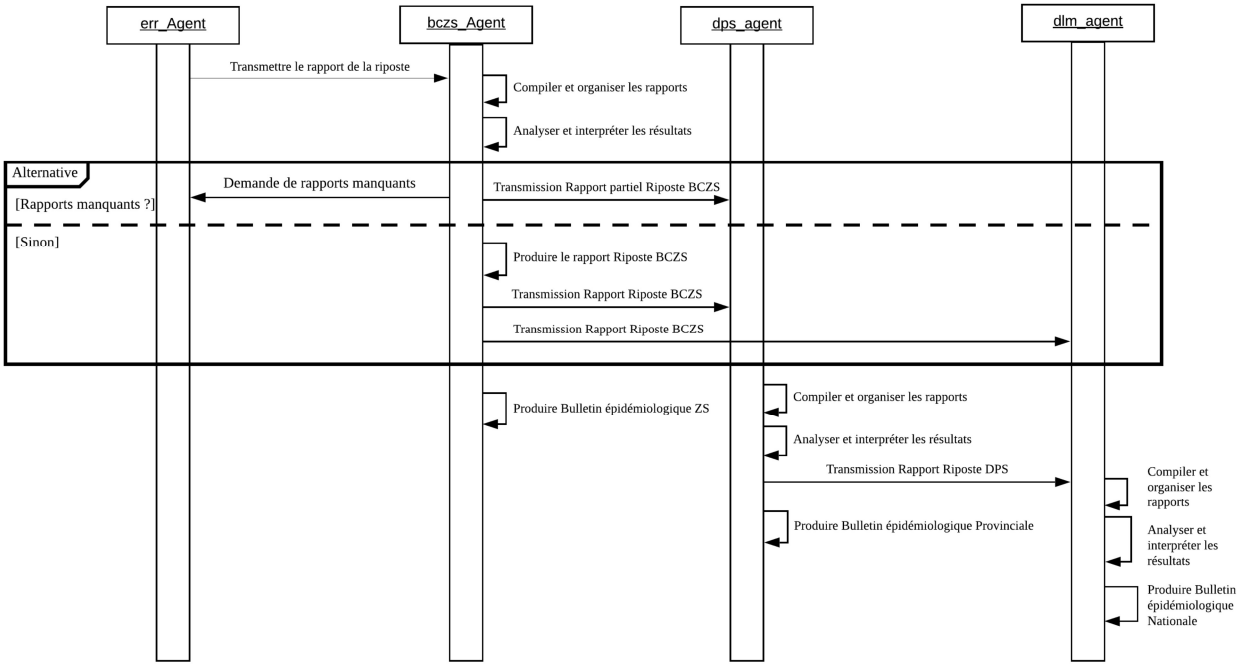


FIGURE 3.69 – Séquence des actions pour produire les rapports de riposte contre une épidémie ou évènement sanitaire.

d'investigation et de riposte pour produire le rapport épidémiologique de sa zone de santé. Il produire en outre un rapport de sa zone à transmettre à la DPS. Cette dernière produire le rapport et bulletin épidémiologique de la province sur base des informations produites par les BCZS sous sa supervision. Le rapport et bulletin nation national est une synthèse des informations de toutes les 26 DPS.

Le diagramme de production des rapports de riposte et des bulletins épidémiologiques de la figure 3.70 page suivante décrit l'ordre chronologique de déroulement des activités du niveau périphérique au niveau national.

Etape 3.4 : Retro-informer les acteurs

Faisant suite aux recommandations des autorités du secteur de santé, la plupart des formations sanitaires et des BCZS fournissent un grand effort de communiquer de façon quasi fiable les données de surveillance au niveau supérieur. Qu'adviendra-t-il de leurs efforts si le niveau supérieur ne les informe pas de l'exploitation et de l'interprétation qui ont été faites de ces données ? Il y a risque que les personnels de santé pensent que les données qu'ils ont communiquées n'étaient pas importantes. Par conséquent, leurs prochaines notifications ne seraient pas aussi fiables que les premières, dans la mesure où ils ne savent pas si

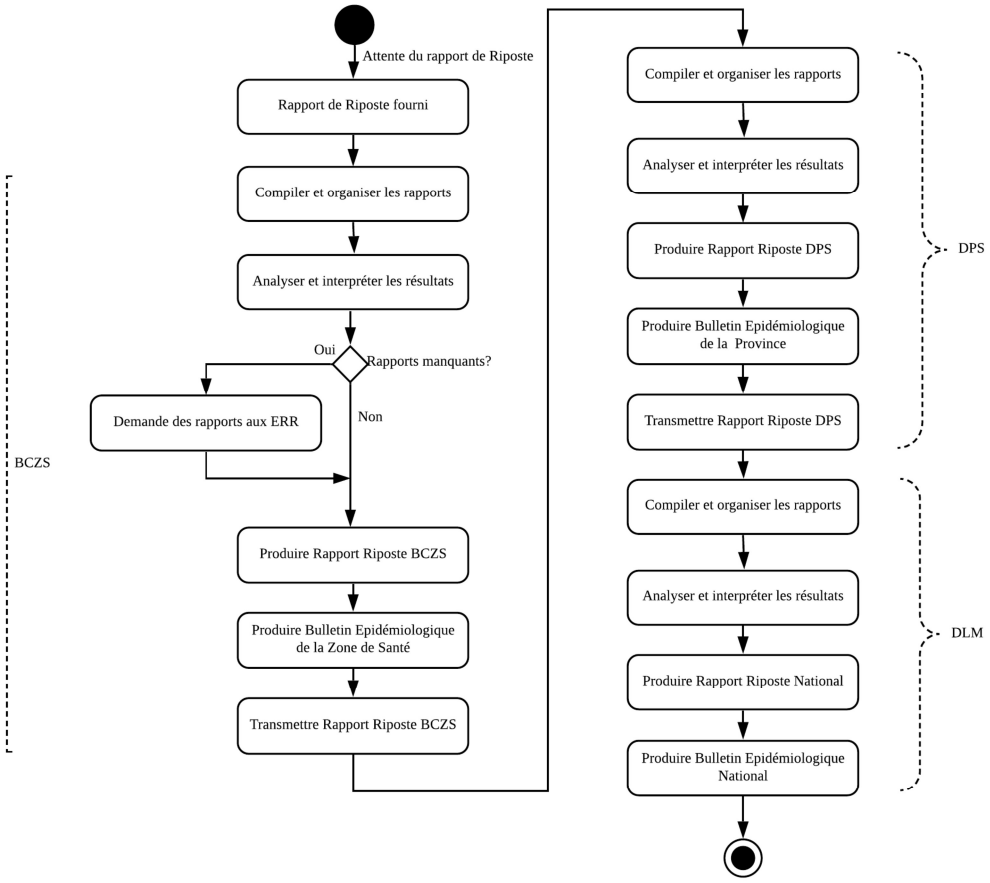


FIGURE 3.70 – Activités se rapportant à l'évaluation de la riposte contre une épidémie.

les informations précédemment transmises ont servi à quelque chose ou non. Les personnels de santé ont une bonne compréhension de la situation à leur niveau, mais en l'absence de rétro-information, ils ne pourront pas apprécier la situation à l'échelon de la ZS, provincial ou national.

Quand ils reçoivent des données, les niveaux national, provincial ou de la ZS doivent répondre aux formations sanitaires qui les leur ont transmises. Par ailleurs, les rapports des évaluations du système national d'information sanitaire de la RDC entre 2009 et 2015 ont souligné la faiblesse de la retro-information du niveau central vers le niveau périphérique [MUHEMEDI S. et al., 2017].

Un problème de santé aussi rare que la poliomyélite mérite qu'on maintienne absolument sa surveillance car une résurgence est toujours possible. Cependant, les dysfonctionnements concernant la promptitude de la rétro-information ont impacté négativement sa surveillance au Burkina Faso [DRABO K. M. et al., 2015]. Le constat est le même dans d'autres pays d'Afrique sub-saharien. Les cas d'Afrique

du Sud [Garrib A. et al., 2008] et de Bénin [Salami L., Ouendo E.-M. et Fayomi B., 2017] peuvent être cités à titre illustratif. Pourtant, cette rétro-information motive les personnels de santé à participer efficacement au système de surveillance. Elle vise également à mieux faire connaître la riposte de certaines maladies, ainsi que les résultats obtenus par les programmes de prévention et de lutte dans la région ou à l'échelle nationale.

Cette rétro-information peut se faire par écrit, notamment par le biais d'une lettre d'information mensuelle, ou oralement, par téléphone ou à l'occasion de réunions périodiques. L'usage d'outils informatiques de partage de documents prolongera la durée de la disponibilité desdites informations et servira d'analyses statistiques d'une série temporelle. Cette section s'intéresse plus précisément à la rétro-information au niveau vers la ZS, mais les mêmes actions s'appliquent aussi bien à l'échelon provincial que national.

La figure 3.71 page suivante décrit le processus de la rétro-information de la riposte contre une épidémie ou un évènement sanitaire du niveau national vers les formations sanitaires dans le respect de la pyramide sanitaire du système de santé de la RDC.

Au niveau national, la DLM compile et organise tous les rapports de riposte provenant soit directement des BCZS, soit des DPS. Elle procède à l'analyse et à l'éventuelle interprétation des résultats au niveau national pour dégager les bonnes pratiques ou des nouveaux traitements à recommander à l'ensemble des professionnels de santé.

La DGLM peut également « actualiser » les *projets de surveillance*. Sur base des rapports de riposte, l'expérience sur terrain peut fournir des informations pertinentes pour améliorer la première phase de la méthode relative à la *description de la maladie à surveiller*. Il peut s'agir de la modification de la définition simplifiée de la maladie, de la prise en charge des cas, de la confirmation des cas dans le laboratoire, bref n'importe quelle étape de la première phase. Le niveau national préparera les fiches récapitulatives et les lettres d'information à transmettre à toutes les 26 DPS du système sanitaire national.

Les fiches et lettres du niveau national seront enregistrées et/ou archivées successivement à par toutes les structures de la pyramide hiérarchique à savoir DPS, BCZS, FOSA et RECO. Dans la pratique, les formations sanitaires ainsi que les relais communautaires sont oubliés dans la rétro-information. Une brève communication par messagerie téléphonique via l'outil facilite leur intégration dans le système.

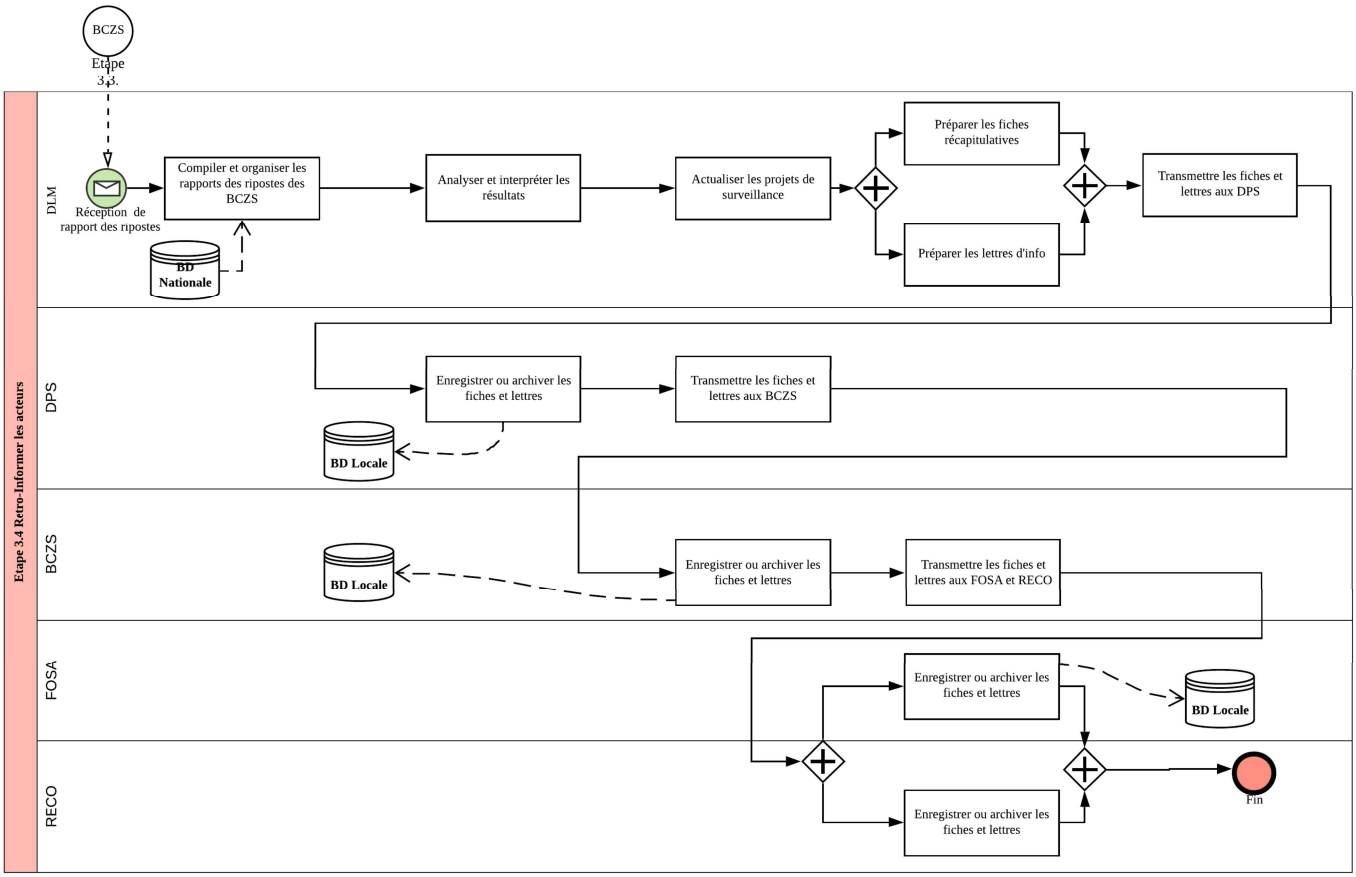


FIGURE 3.71 – Rétro-information de la riposte.

La figure 3.72 page ci-contre présente le diagramme des séquences de la rétro-information du niveau national vers le périphérique en passant par le niveau intermédiaire. Nous avons repris au début de la séquence la transmission des rapports de riposte en provenance des BCZS pour se conformer au processus décrit par la figure 3.71.

La compilation, l'organisation et l'analyse des rapports de riposte porte sur l'ensemble de rapports provenant de plusieurs zones de santé du pays. Le niveau national regroupe les rapports de chaque maladie ou évènement sanitaire avant de les analyser et retrouver les informations d'actualisation de la connaissance de la maladie.

La retro-information oblige le niveau national à produire des fiches et des lettres d'information à transmettre aux professionnels de santé ainsi qu'aux représentants de la population à savoir les relais communautaires. La transmission se fait par la voie hiérarchique selon la pyramide sanitaire du système sanitaire du pays.

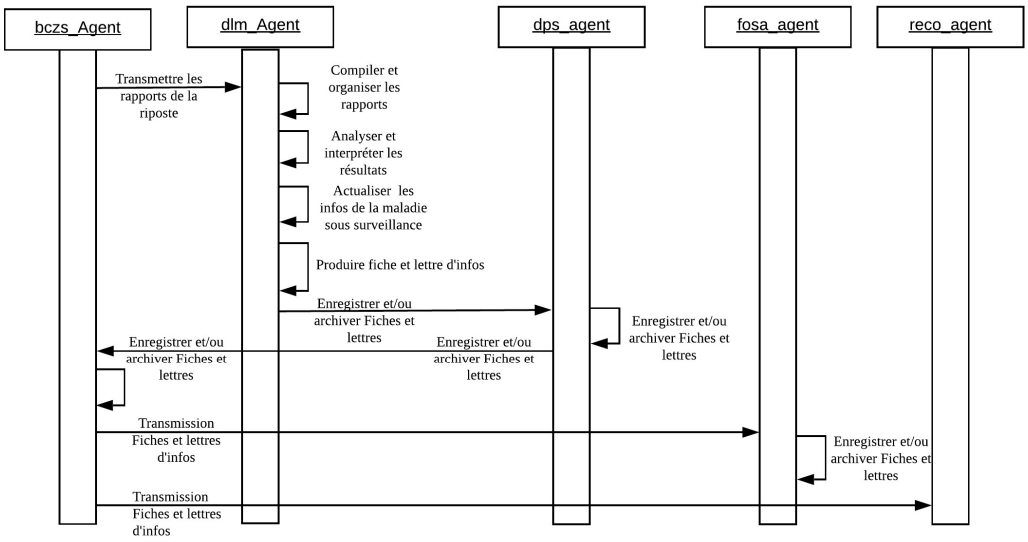


FIGURE 3.72 – Séquence des activités de la rétro-information de la riposte.

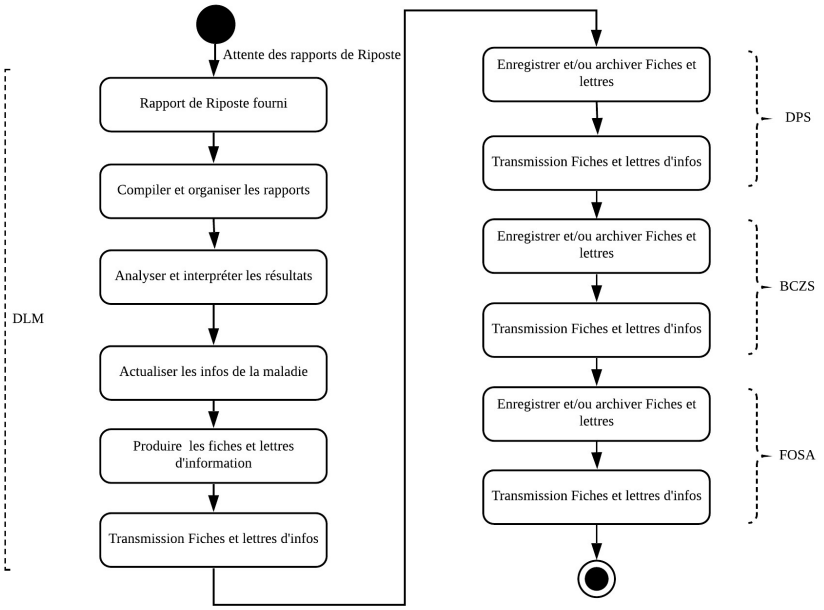


FIGURE 3.73 – Activités liées à la rétro-information des rapports de la riposte.

Le diagramme de production des fiches et lettres d'information sur l'évaluation de la riposte à partir des rapports fournis par les BCZS de la figure 3.73 décrit un cas général de la retro-information du niveau national vers le périphérique. Les fiches présentent souvent un bulletin épidémiologique des maladies sous

surveillance. Les lettres d'information fournissent les analyses et les recommandations pertinentes pour les professionnels de la santé dans le souci d'améliorer soit la surveillance, la prise en charge des cas, la détection précoce ou autres actions urgentes.

Les mêmes efforts fournis au niveau national, à travers la rétro-information, pour encourager les producteurs de données de santé du niveau périphérique peuvent être imités au niveau intermédiaire et périphérique. En effet, la DPS pourra, sur base des rapports de riposte lui transmis par les BCZS, procéder à leur analyse dans le souci de fournir également des lettres et fiches sur l'état épidémiologique de sa province. Il en sera de même pour chaque BCZS qui enregistrera plusieurs cas d'épidémie confirmés dans les aires de santé sous sa supervision. L'analyse des rapports des équipes de riposte rapide pourra servir à la production des fiches d'information ou du bulletin de l'état épidémiologique période de la zone de santé à partager avec ses formations sanitaires et ses relais communautaires.

3.4 Les Méta-Modèles de la méthode CHICKEN

Cette section décrit une approche de méta-modélisation pour la gestion des processus de suivi des maladies épidémiologiques et pandémiques à l'aide de la notation UML (Unified Modeling Language). Un méta-modèle à vues multiples décrit comment chaque vue est associée sémantiquement à d'autres vues. Le méta-modèle décrit les trois phases de la méthode CHICKEN, les vues dans chaque phase et les méta-classes dans chaque vue. Les relations entre les méta-classes dans les différentes vues sont décrites.

Nous abordons cette section par :

— le méta-modèle fonctionnel qui décrit l 'éco-système de santé en RDC

— le méta-modèle métier qui décrit la connaissance de la maladie, la gestion de la maladie, la gestion des données, les acteurs, etc.

— la présentation progressive du méta-modèle organisé par vue.

Par vue, nous attendons les éléments du modèle se rattachant à chacune des phases de notre méthode. Nous présenterons également les éléments servant d'interaction entre les phases. Nous avons aussi ajouté la dimension géographique permettant de gérer la localisation aussi bien des structures sanitaires que des lieux de concentration des cas suspects.

3.4.1 Méta-Modèle fonctionnel

La figure 3.74 présente les concepts clés que nous avons ajoutés au méta-modèle de la méthode CHICKEN pour le rendre utilisable dans le cadre de notre problématique. Il utilise les concepts empruntés de la méthode Adinnov (rôle, acteur, préoccupation, etc.) et de la méthode DOCK(connaissance).

Nous avons apporté quelques spécifications dans notre modèle. C'est le cas des acteurs du système qui peuvent être physique ou institutionnel, les tâches à réaliser sont soit manuelle soit automatique, les objectifs poursuivis sont regroupés en technique et professionnel.

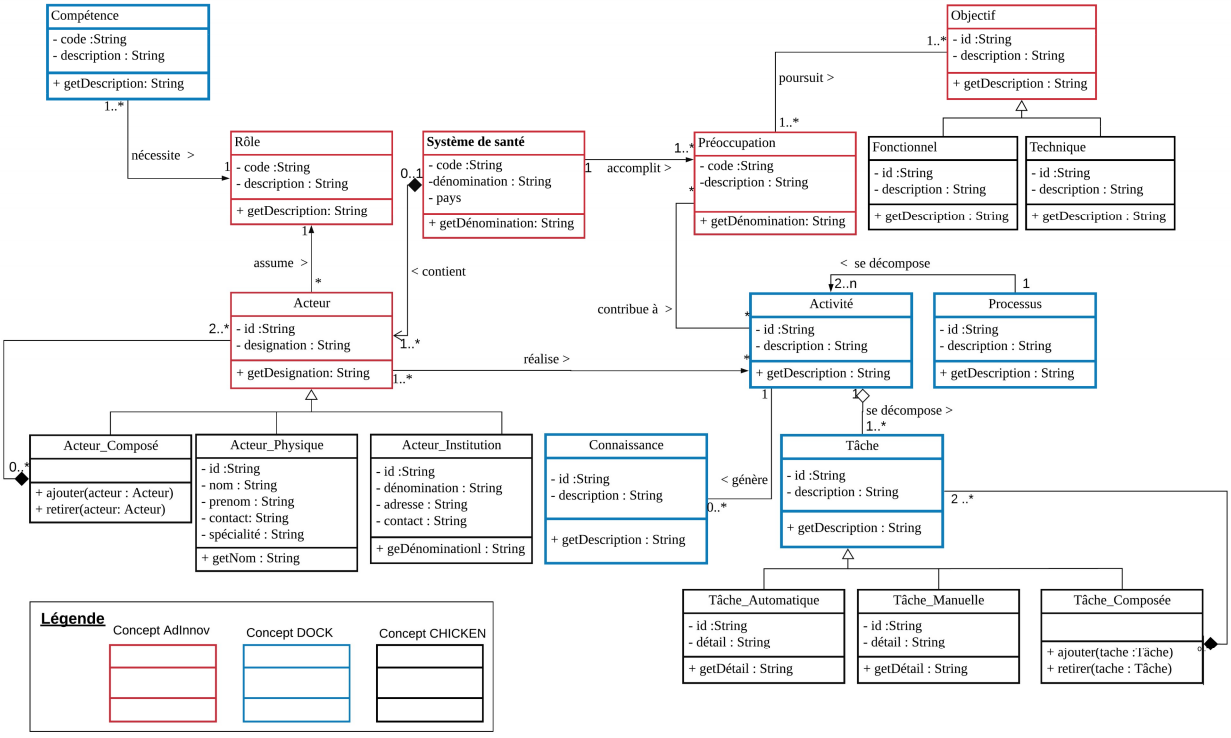


FIGURE 3.74 – Méta-Modèle Fonctionnel de la méthode CHICKEN

Pour découvrir le lien du méta-modèle avec notre méthode, nous avons produit une instanciation du méta-modèle présentée par la figure 3.75 page suivante.L'organisation système de santé(« *Ministère de la Santé* ») peut avoir comme préoccupation comment « *organiser une investigation/Riposte* ». Pour ce faire, elle organisera l'activité « *visiter une aire de santé* » par du personnel des deux acteurs institutionnels à savoir « *DPS_KIn et ZS_Kinshasa* ». Cette activité dispose d'une tâche manuelle «*détecter mode opératoire* » et une tâche automatique «*rapporter nouveaux case* ». Lors de la visite de l'aire de santé, le personnel peut constater

avec étonnement l'application d'un protocole de traitement efficace mais non recommandé par les autorités sanitaires. Ce nouveau protocole peut être considéré comme une nouvelle « *connaissance* » à transmettre aux autorités sanitaires pour sa validation et vulgarisation ultérieure. L"acteur institutionnel « *DPS_KIn* » joue le rôle d' « *Appui technique* » aux formations sanitaires. A ce rôle on associe deux compétences à savoir « *détecter des cas cliniques* » et « *prélèvements et transports des échantillons* ».

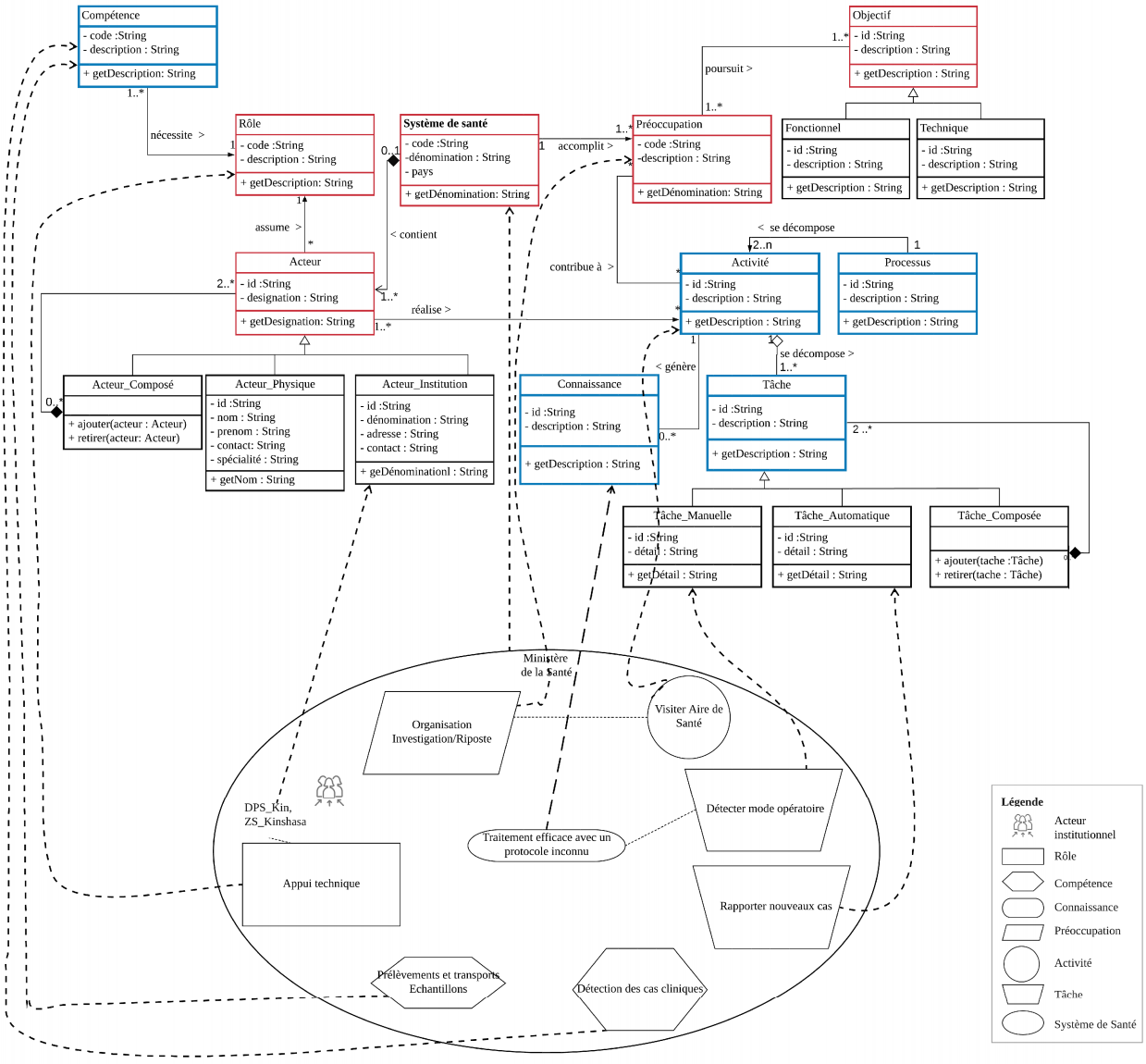


Figure 3.75 – Instanciation du Méta-Modèle Fonctionnel de la méthode CHICKEN

3.4.2 Méta-Modèle métier

La figure 3.76 présente une vue du méta-modèle se rapportant uniquement à la phase de la description de la pathologie. Elle regroupe les classes dont les cinq étapes deladite phase auront besoin pour stocker les informations partageables avec les autres phases de la méthode.

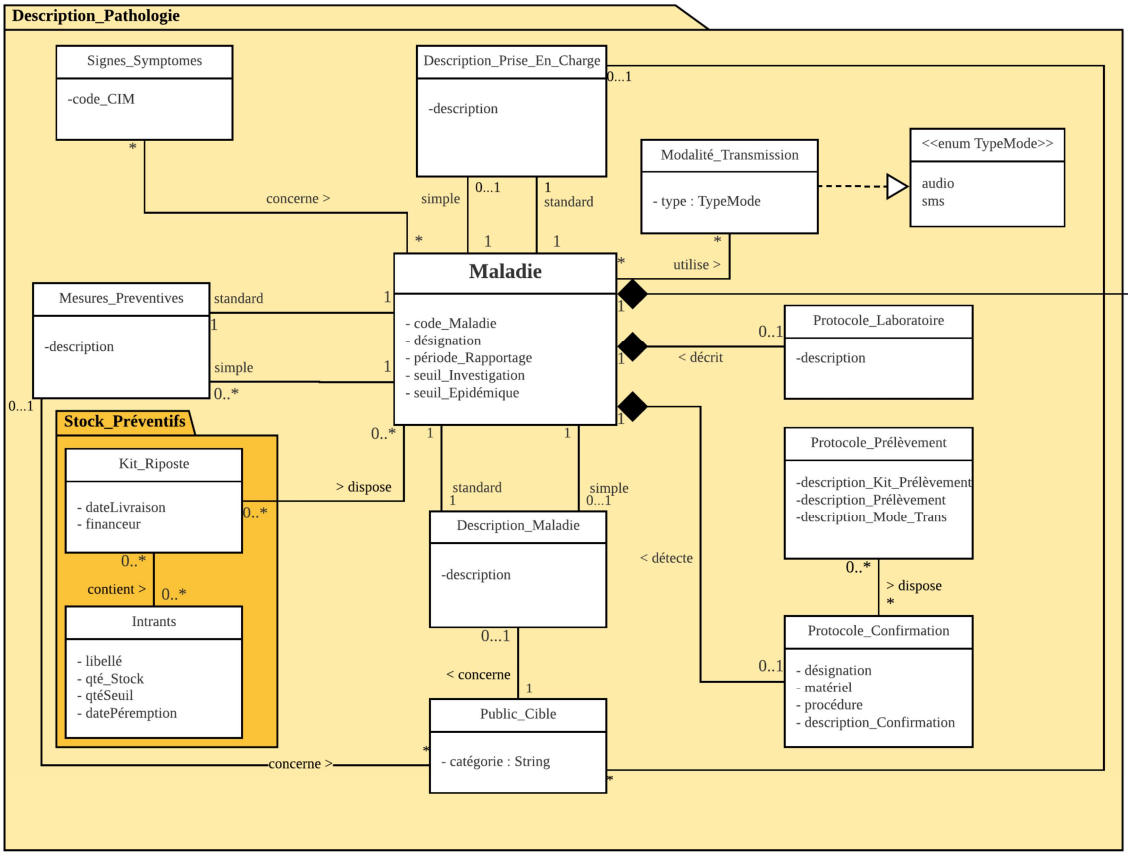


FIGURE 3.76 – Méta-Modèle de la description de la maladie.

La surveillance des données sanitaires est une phase très capitale permettant de prédire la survenance ou non des épidémies à partir de l'historique de la prévalence de la maladie dans la population. Etant donné que l'analyse desdites données se fait sous plusieurs aspects (caractéristiques individuelles, tranche d'âge, série temporelle, seuil d'alerte ou seuil épidémiologique), nous avons regroupé dans le méta-modèle de la phase 2 les classes dont la manipulation permettra de retrouver les informations pertinentes.

Bien que la figure 1.3 page 9 nous ait présenté la liste exhaustive des fournisseurs des informations sur une épidémie ou un évènement d'intérêt sanitaire, nous n'avons pris en compte que les deux sources fiables à savoir les formations

sanitaires et l'équipe d'investigation ou de riposte. Pour faciliter les analyses hiérarchiques, nous avons prévu le stockage des données agrégées par zone de santé, province et au niveau national.

La figure 3.77 présente une vue du méta-modèle se rapportant uniquement à la phase de la surveillance des données sanitaires. Elle regroupe les classes dont les six étapes de ladite phase auront besoin pour stocker les données dont l'analyse conduira à l'organisation des investigations ou de l'organisation de la riposte.

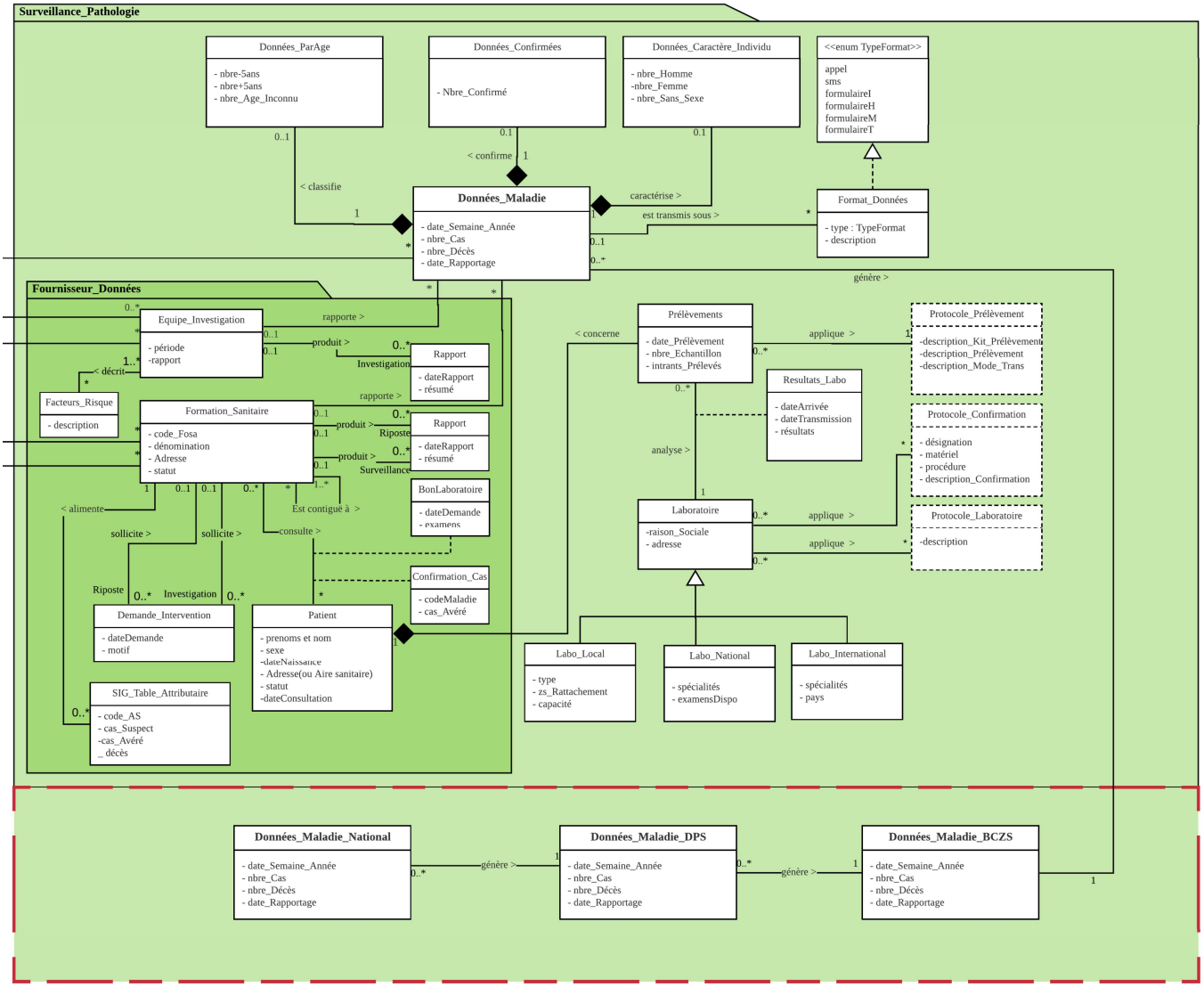


FIGURE 3.77 – Méta-Modèle de la Surveillance de la maladie.

La riposte contre une épidémie ou un évènement d'urgence sanitaire est une étape passive dans la surveillance de la santé des populations car elle intervient généralement après la survenue des cas avérés. Toutefois, l'efficacité de son in-

tervention garantit la protection desdites populations face à la résurgence des mêmes maladies dans l'avenir. C'est ainsi qu'on peut éradiquer certaines pathologies comme la rougeole en pratiquant une vaccination périodique des enfants susceptibles de les attraper et de se contaminer.

Face à la mutation que peut subir les agents pathogènes au point de résister à certains schémas efficaces de traitement, il s'observe de plus en plus des modifications périodiques des protocoles d'intervention ou de traitement. A titre illustratif, les antibiogrammes faits pour évaluer la sensitivité du V.cholerae ont démontré que le *Tétracycline* qui avait une forte sensitivité avant 2011 présente une haute résistance depuis l'année précitée. Pour rendre efficaces les prochaines ripostes, nous devons recenser les bonnes pratiques des actions antérieures et les partager avec les acteurs du système de santé.

La figure 3.78 présente une vue du méta-modèle se rapportant uniquement à la phase de la riposte contre la pathologie. Elle regroupe les classes dont les quatre étapes de ladite phase auront besoin pour stocker les informations sur les bonnes pratiques partageables avec tous les acteurs du système sanitaire.

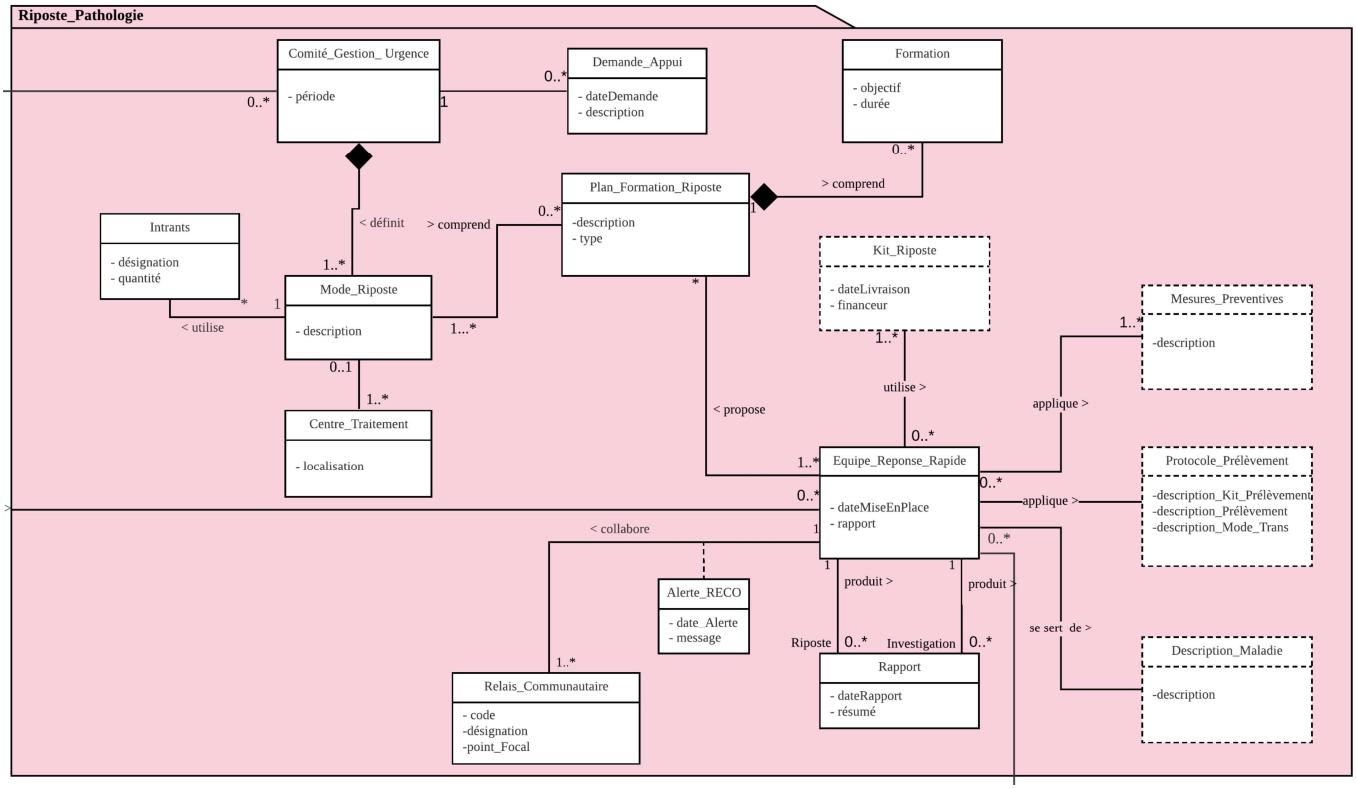


FIGURE 3.78 – Méta-Modèle de la Riposte contre la maladie.

Les trois vues précédentes du méta-modèle constituent les concepts-métiers

dans la gestion des maladies épidémiques ou des évènements d'urgence sanitaire. Notre représentation sera incomplète à l'absence des informations sur l'environnement géographique et les structures organisationnelles. Comment organiser une riposte efficace ou surveiller une population ciblée sans connaître sa localisation ainsi que ses voisins ? Quels sont les structures qui sont intervenues dans une investigation ou une riposte et avec quel personnel ?

Pour répondre à ces préoccupations, nous avons ajouté une vue organisationnelle de notre environnement. Cette vue présente les concepts participant dans l'organisation de la riposte. Elle permettra par exemple de retrouver les formations sanitaires appartenant dans une même organisation par exemple les FOSA traversées par une même rivière, les voisins immédiates d'une DPS ou d'un BCZS. Cette connaissance de l'environnement facilitera un échange d'information entre les structures sanitaires de même niveau.

La figure 3.79 page suivante présente une vue du méta-modèle se rapportant uniquement aux structures sanitaires ainsi que leur localisation. Cette vue permet le regroupement des données selon les structures de la pyramide sanitaire et de faciliter leur représentation dans une carte géographique.

3.4.3 Méta-Modèle par phase

La méta-modélisation est une technique largement répandue pour définir les langages visuels, l'UML étant le plus important. Malgré de nombreux avantages qu'offre la méta-modélisation notamment la facilité d'utilisation, cette approche présente un inconvénient : elle n'est pas constructive, c'est-à-dire qu'elle n'offre pas un moyen direct de générer des instances du langage. Cet inconvénient pose une grave limitation pour certaines applications. Par exemple, lors du développement de transformations de modèle, il est souhaitable d'avoir suffisamment de modèles d'instance valides disponibles pour des tests à grande échelle [Ehrig K., Küster J. M. et Taentzer G., 2009].

Pour prouver que le méta-modèle permettra de générer les modèles d'instances propres à chaque phase de notre méthode, nous avons confronté ledit méta-modèle aux concepts-clé de gestion des maladies épidémiologiques du système de santé de la RDC. Cet exercice a permis pour n'importe quelle maladie de générer les instances des objets se rapportant à sa description, à ses données de surveillance, à l'organisation de sa riposte et aux structures organisationnelles du système de santé de la RDC. La figure 3.80 page 170 présente une instance du méta-

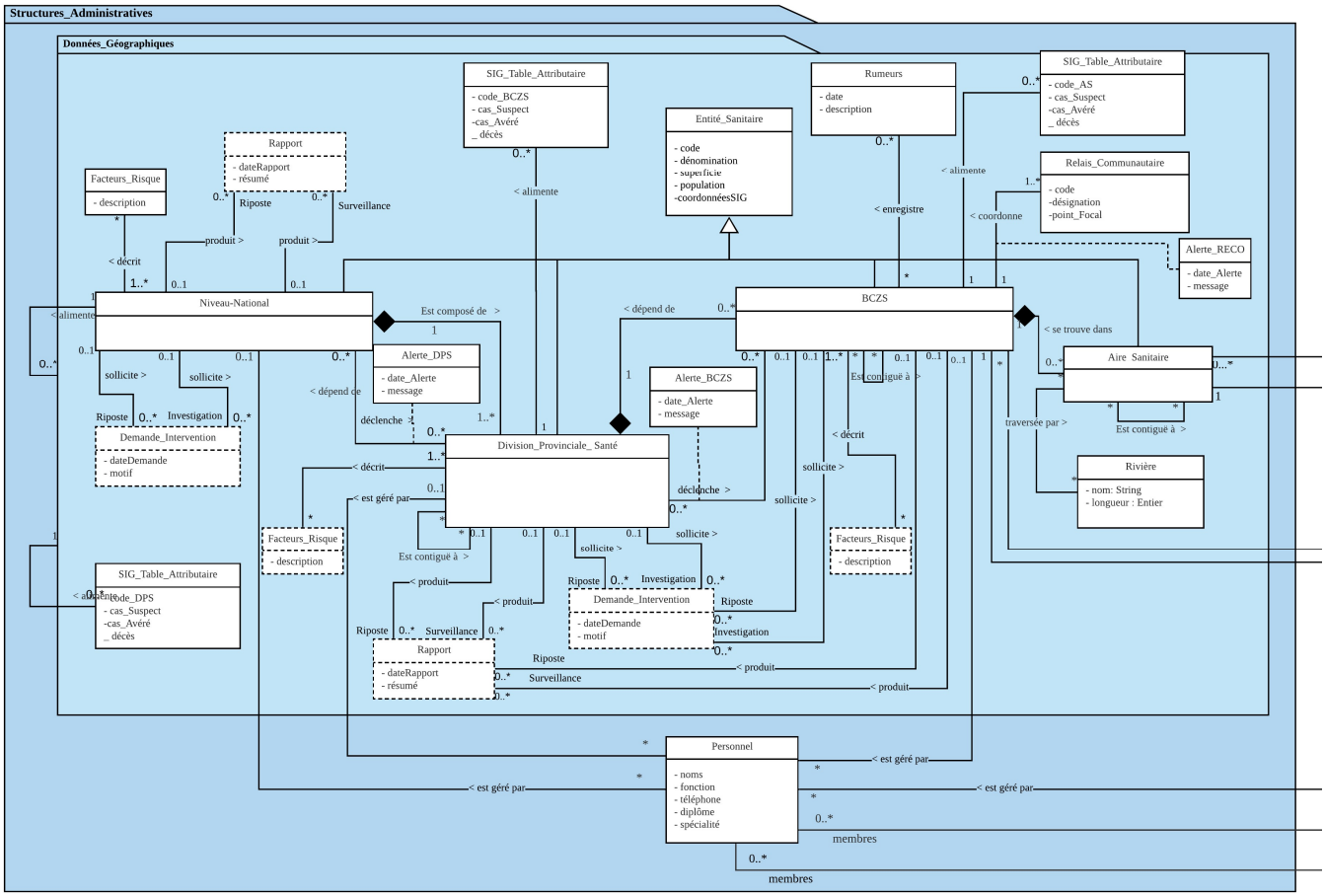


FIGURE 3.79 – Méta-Modèle de la structure Organisationnelle du système de Santé.

modèle se rapportant uniquement à la description de la maladie, le cas échéant, la tuberculose.

Cette instance de la description de la méthode prend en compte de scénarios pas très prévisibles à partir du méta-modèle. C'est le cas par exemple d'un seul protocole de laboratoire qui peut générer trois protocoles de prélèvement et trois protocoles de confirmation. Nous apprenons de cet exemple que contrairement à d'autres maladies disposant d'un diagnostic unique il existe trois différentes manières de confirmer la présence de la tuberculose auprès d'un cas suspect dans le laboratoire.

La surveillance de la maladie passe par les données de surveillance produites par les formations sanitaires et les équipes d'investigation ou de riposte. La figure 3.81 page 171 décrit la provenance desdites données ainsi que les agrégats réalisés avant leur transmission au niveau hiérarchique. Nous remarquons com-

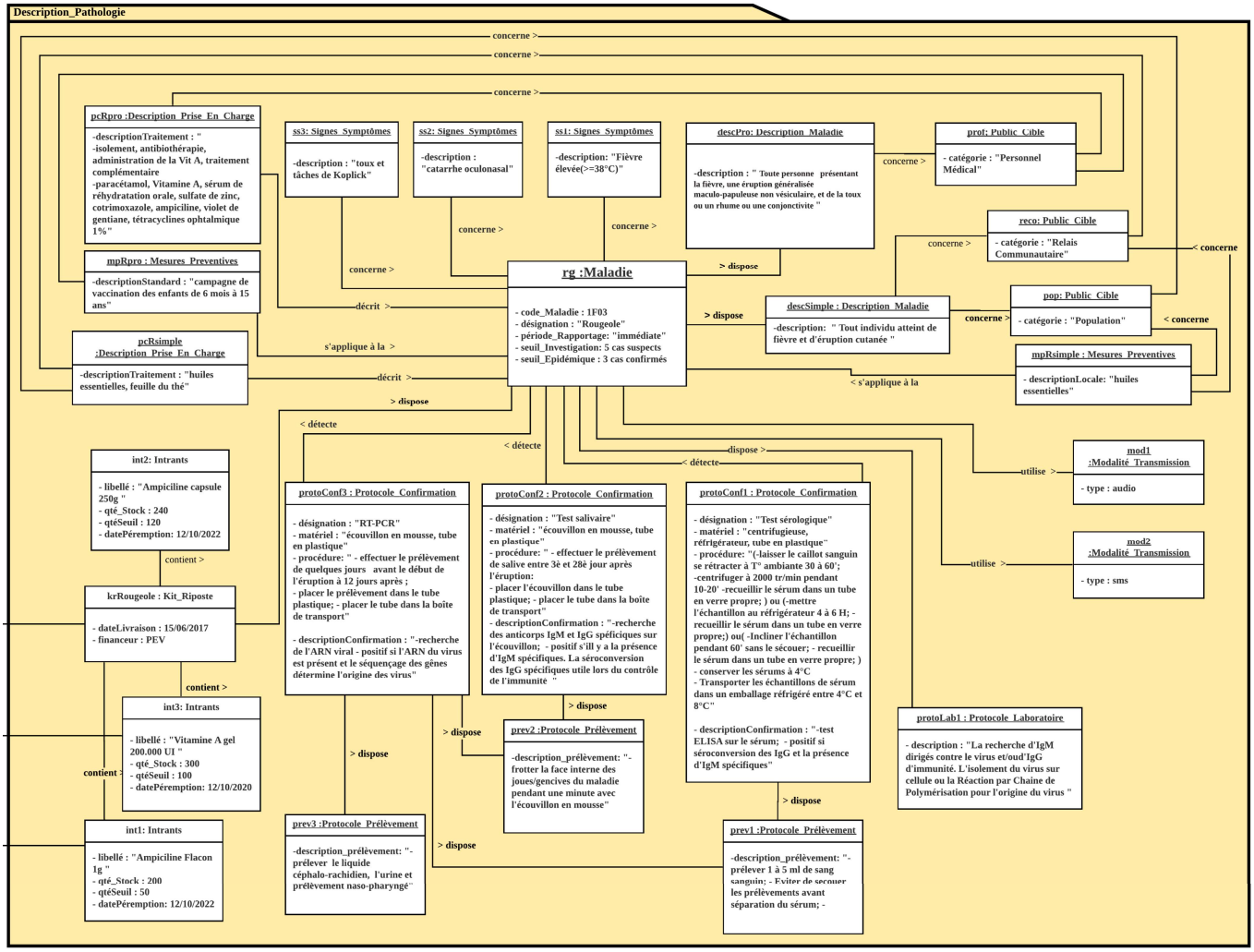


FIGURE 3.80 – Instanciation du méta-Modèle de la description de la maladie.

ment chaque formation sanitaire produit en même temps des données consolidées et réparties par tranche d'âge et par sexe. Le BCZS a les données agrégées de ses FOSA, la DPS l'agrégation ds données de ses BCZS et le niveau national la consolidation des données de toutes les DPS.

Pour faciliter la représentation des cas suspects et avérés par rapport à une maladie précise sur la cartographie, ce modèle d'instance a prévu une association ponctuelle entre la formation sanitaire et une table attributaire représentant sa localisation. Le modèle prévoit également la gestion du personnel composant une équipe d'investigation ainsi que les détails des informations des patients gérés au niveau des formations sanitaires.

La riposte contre une maladie s'effectue après que certains préalables soient

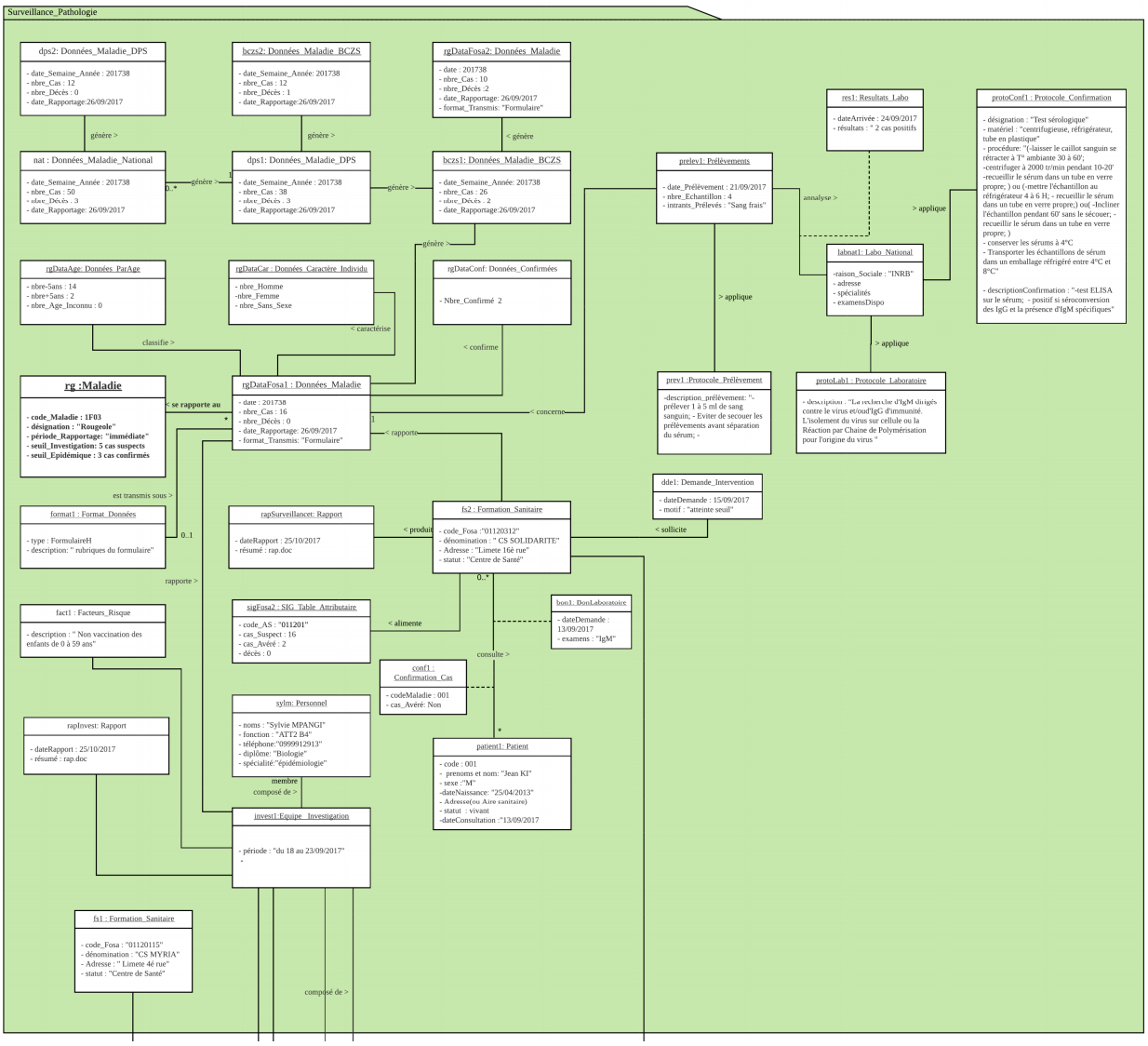


FIGURE 3.81 – Instanciation du méta-Modèle de la Surveillance de la maladie.

remplis notamment l'atteinte du seuil épidémiologique, la constitution de l'équipe de riposte, le recrutement et la formation du personnel d'appui, la présence de kit d'intervention, etc. La figure 3.82 page suivante présente une instance du méta-modèle se rapportant à l'organisation de la riposte. Nous y remarquons plusieurs informations : un comité de gestion des urgences sanitaires est mis en place, une équipe de riposte fait recours au personnel ayant diverses compétences, plusieurs formations au profit de participants à la riposte peuvent être organisées, un mode de riposte choisi peut nécessiter l'utilisation des formations sanitaires comme centre de traitement, des membres de relais communautaire sont associés, un rapport d'investigation peut être produit, un rapport de riposte doit être produit

en vue du partage des expériences avec tous les acteurs du système de santé quel que soit leur niveau dans la pyramide sanitaire, etc.

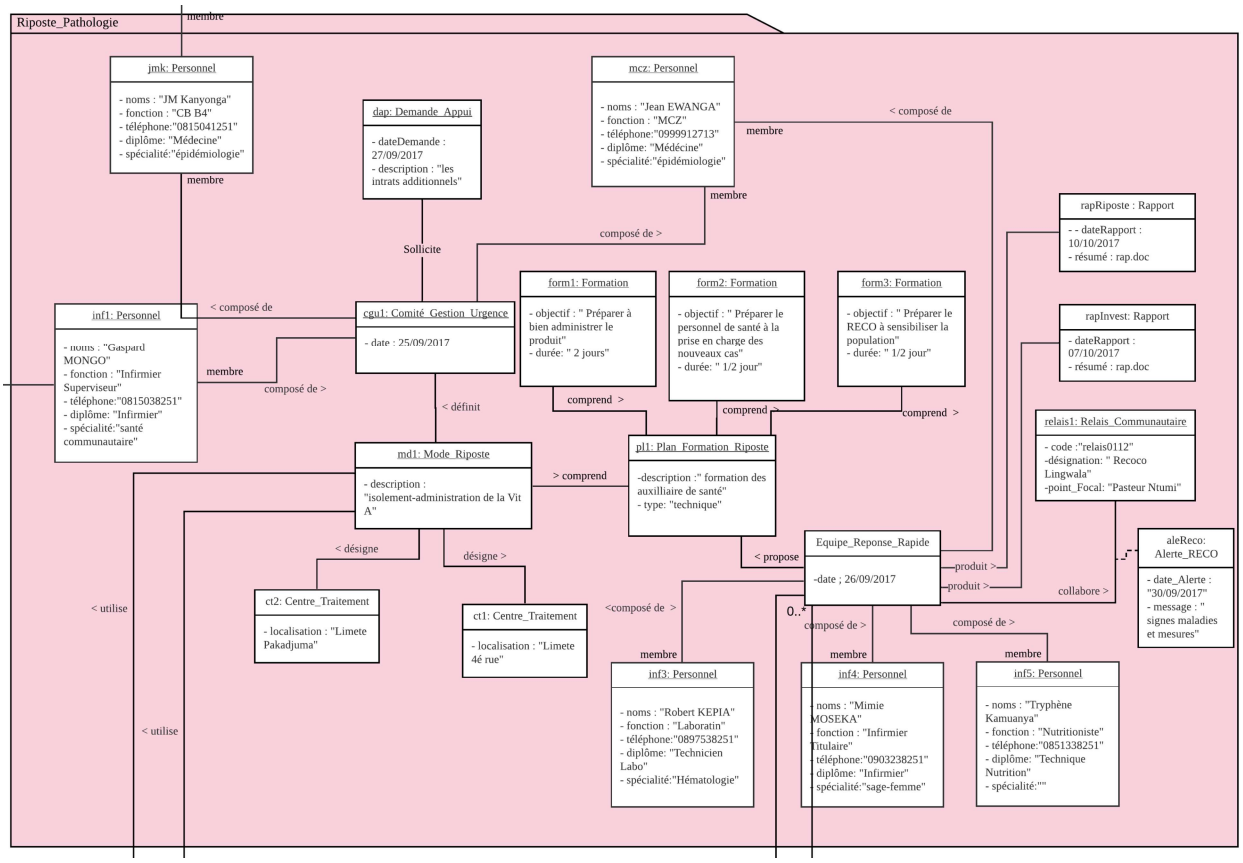


FIGURE 3.82 – Instanciation méta-Modèle de la Riposte contre de la maladie.

Nous soulignons que lors de l'organisation de la riposte, le personnel de santé utilise la prise en charge des cas et les mesures préventives de la maladie décrites dans la figure 3.80 page 170.

L'organisation de l'ensemble des intervenants du système sanitaire ainsi que leur structure administrative de rattachement est représentée dans la figure 3.83 page ci-contre. Ce modèle d'instance permet entre autres, de rattacher un centre de santé à son aire de santé, une aire de santé à sa zone de santé, une zone de santé à sa division provinciale de santé. Ces liens administratifs serviront lors des agrégations de données d'un même niveau pour fournir les informations au niveau hiérarchique.

Deux nouvelles organisations ont vu le jour à travers cette instanciation du modèle à savoir : *"être voisin de ...."* et *"être traversé par une même rivière"*. La première organisation offre l'avantage aux structures sanitaires de même niveau

de collaborer et d'échanger les informations utiles pour l'organisation des investigations ou de riposte. Quant à la seconde, elle pourra servir efficacement lors de la prévention des maladies dont les eaux de rivière peuvent constituer le vecteur. C'est le cas d'un centre de santé situé dans une aire traversée par la rivière. Il doit signaler à tous les centres de centre situés dans les aires de santé en aval de la rivière des cas suspects des maladies telles que le choléra sachant qu'il se transmet rapidement par contact direct avec des déjections humaines.

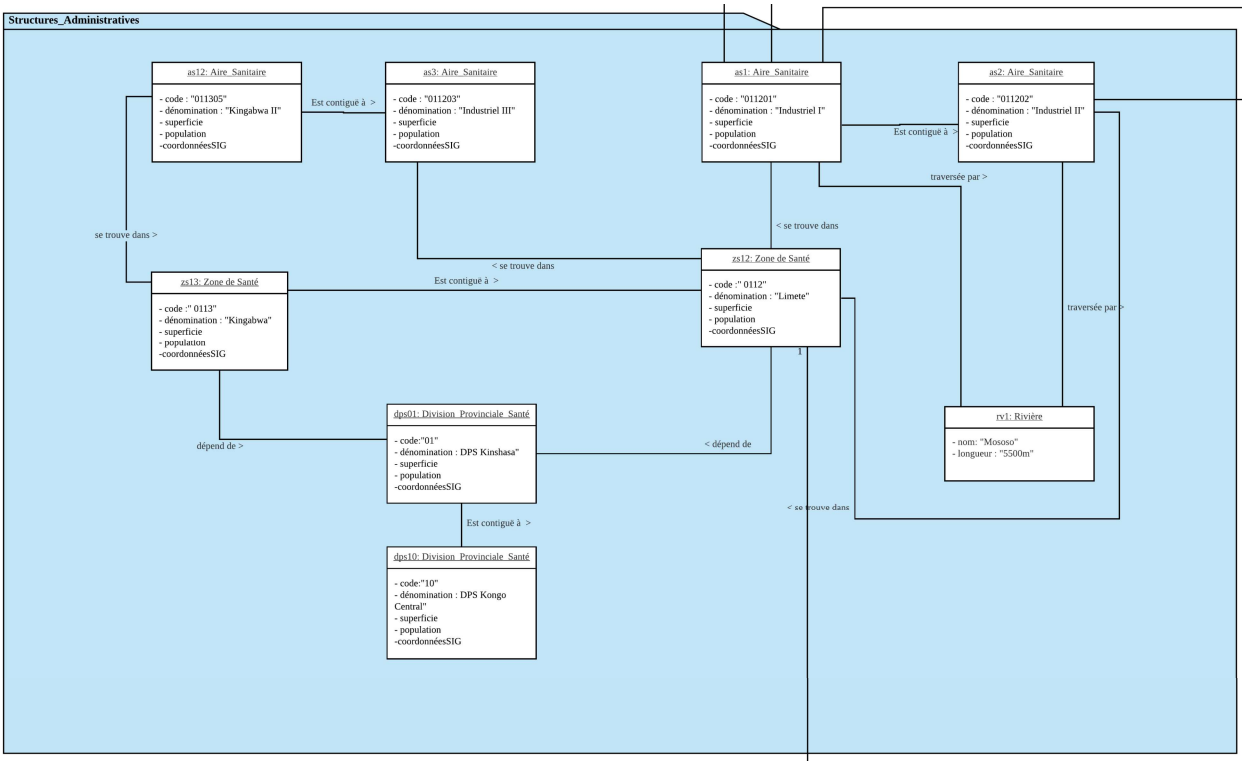


FIGURE 3.83 – Instanciation du méta-Modèle de la Structure Organisationnelle du Système de Santé de la RDC.

Il convient de noter que quoi que le personnel ne soit pas représenté dans ce modèle, il fait partie intégrante de l'organisation humaine qui porte l'organisation. Pour des raisons de clarté, nous n'avons pas ajouté le personnel composant chaque structure organisationnel car ils sont présents dans les deux modèles d'instances précédents.

La figure 3.84 page suivante fait ressortir les interdépendances existant entre les différentes instances du modèle. La maladie, totalement décrite à la première phase, est en relation avec toutes les données de surveillance décrites à la seconde phase de la méthode. Les données de surveillance sont produites par les formations

sanitaires rattachées aux aires de santé de la structure organisationnelle ou par des équipes d'investigation dont le personnel provient de ladite structure.

Il arrive souvent que le personnel de l'investigation intervienne à la riposte. Le mode de riposte retenu dans la troisième phase utilise les informations de prise en charge et de préventions de la maladie fournies dans la première phase. L'évaluation d'une riposte pourrait éventuellement conduire à l' actualisation des informations se reportant à ladite maladie sur base de bonnes expériences.

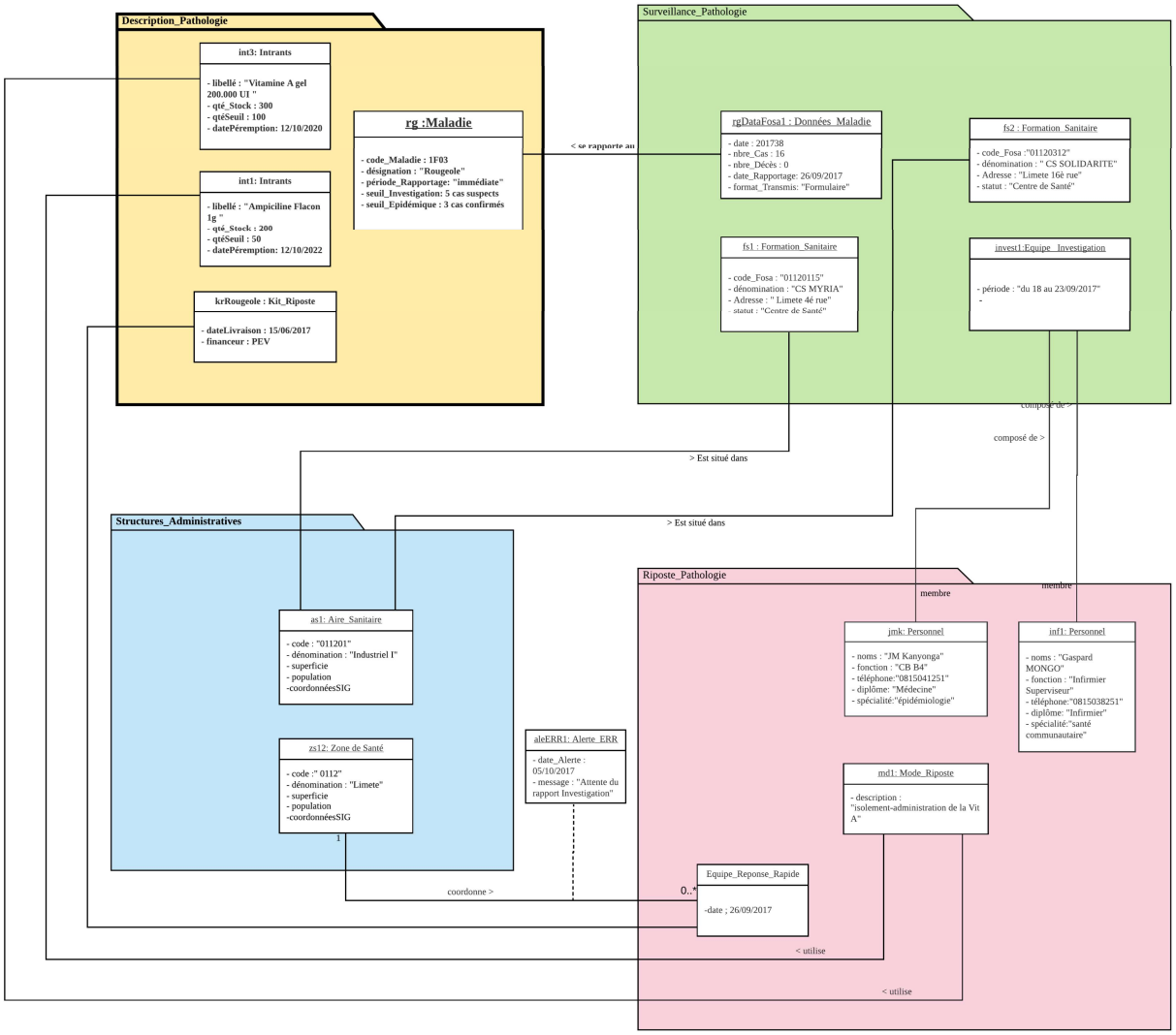


FIGURE 3.84 – Instanciation de l'interaction entre les phases de la méthode

3.5 Les outils de la méthode CHICKEN

La mise en œuvre de la méthode CHICKEN passe par l'usage des outils techniques qui accompagneront des acteurs du système sanitaire dans la collecte, l'analyse, le reportage et le partage des expériences. Dans la première phase, les acteurs du niveau central et intermédiaire saisissent toutes les informations se rapportant à la description de la maladie dans une base de données distribuée d'où les acteurs opérationnels du niveau périphérique viendront se renseigner.

Dans la deuxième phase, celle de la surveillance des données de la maladie, des outils mobiles utilisant la technologie Unstructured Supplementary Service Data (USSD) seront utilisés pour rapporter les données des centre de santé au BCZS, du BCZS à la DPS, et de cette dernière au niveau national. La technologie de message vocal en langue vernaculaire sera utilisée pour alerter les relais communautaires et la population des mesures préventives des épidémies et éventuellement des lieux de traitement contre la pathologie.

La phase de riposte utilisera aussi bien les outils de collecte de données pour les nouveaux cas ainsi que les outils d'alerte sur les mesures préventives durant toute la durée de l'opération.

Dans cette section nous présentons les résultats de l'utilisation de certains outils dans la mise en œuvre de notre méthode. Il s'agit de l'outil de simulation de l'organisation de la riposte, de l'application mobile et de l'architecture de l'application web de communication entre les acteurs dans la pyramide sanitaire du système de santé de la RDC.

3.5.1 Outil de simulation

La simulation a une large application potentielle dans les soins de santé. La classification générale est la simulation clinique, opérationnelle, managériale et éducative [Barjis J., 2011]. La gestion et les opérations de la simulation sont étroitement liées. Ces deux éléments constituent les composants essentiels de la gestion des processus de soins de santé. Certains défis et tendances des modèles de simulation dans les soins de santé au cours des deux dernières décennies ont été développés [Almagooshi S., 2015]. Les Pays-Bas [Nijeweme-d'Hollosy W. O. et al., 2016] ont mis au point un système d'aide à la décision clinique basé sur Internet qui aide les patients atteints de lombalgie à faire des choix appropriés en matière d'autoréférence.

Nous avons exploré les outils du marché permettant de simuler le fonctionnement d'une organisation humaine. Pour représenter les modèles de processus deux outils nous ont semblé utilisables : il s'agit de *Bonita* [6] et de *Bizagi* [7].

Bonita permet à l'utilisateur de modifier graphiquement les processus métier en utilisant des parties de la norme BPMN. L'utilisateur peut également connecter des processus à d'autres éléments du système d'information (tels que la messagerie, la planification des ressources d'entreprise, la gestion de contenu d'entreprise et les bases de données) afin de générer une application d'entreprise autonome accessible via des portails Web, des formulaires Web et des appareils mobiles.

Bizagi BPMN Modeler est une application gratuite pour schématiser, documenter et simuler graphiquement des processus dans un format standard connu sous le nom de Business Process Model and Notation (BPMN). En utilisant Bizagi Modeler, les processus peuvent être publiés sur Word, PDF, Wiki, Web ou SharePoint, ou exportés vers Visio, formats d'image (png, bpm, svg ou jpg..) et XPDL pour être partagés et communiqués dans toute l'organisation. *Bizagi* Studio est une solution Freeware Business Process Management (BPM) qui permet aux organisations de créer (automatiser) des processus métier et des flux de travail. Il agit comme le module de construction où les utilisateurs construisent des applications de processus (interface utilisateur, formulaires, règles métier, etc.) associées à leurs processus métier et workflows, en préparation de l'exécution des processus. Les modèles sont stockés dans une base de données puis utilisés lors de l'exécution pour l'exécution du processus.

NetLogo [8] est l'environnement de simulation multiagent que nous avions exploré pour en déceler les fonctionnalités pertinentes à comparer à notre besoin de simulation. L'environnement NetLogo [9] permet l'exploration de phénomènes émergents. Il est livré avec une vaste bibliothèque de modèles comprenant des modèles dans une variété de domaines, tels que l'économie, la biologie, la physique, la chimie, la psychologie, la dynamique des systèmes.NetLogo permet l'exploration en modifiant les commutateurs, les curseurs, les sélecteurs, les entrées et d'autres éléments d'interface. Au-delà de l'exploration, NetLogo permet de créer de nouveaux modèles et de modifier les modèles existants.

Malheureusement ces trois outils/environnement se sont montrés inadaptés par rapport à notre besoin car ils ne gèrent pas efficacement les processus en multi-

6. https ://www.bonitasoft.com/
7. https ://www.bizagi.com/ ?lang=en
8. https ://ccl.northwestern.edu/netlogo/download.shtml
9. https ://en.wikipedia.org/wiki/NetLogo

instances, multiacteurs et les temps d'attentes que requièrent certaines actions avant de se déclencher ou la synchronisation de plusieurs actions avant de lancer l'action résultante.

C'est ainsi que nous avons recouru à l'outil MASH développé au laboratoire LCIS-UGA qui nous a offert la possibilité de programmer les actions des agents tout en gérant leur intéraction.

Nous avons utilisé l'approche multiagent pour simuler le fonctionnement de transmission des données sanitaires des centres de santé vers les BCZS, la composition des équipes d'investistigation des cas, la transmission des échantillons des selles des cas suspects vers les laboratoire et l'organisation de la riposte. Pour tester et évaluer notre approche, nous avons adapté le simulateur MultiAgent Software/Hardware simulator (MASH) développé pour un système multiagents à capteur sans fil [Jamont J.-P. et Occello M., 2009].

Le système multiagents du simulateur utilise l'approche centré-individu qui se décline en trois phases. La première phase consiste à étudier le comportement de chaque agent de manière isolée. L'objectif étant de pouvoir ajuster le comportement de chaque agent individuel et probablement d'ajouter des compétences à certains nœuds ou types de nœuds. L'étude du comportement social constitue la deuxième étape qui permet de créer des interactions entre les nœuds pour sauvegarder des informations ou pour en recevoir. Ces interactions interviennent entre différents groupes de partenaires. Dans la mise en œuvre, on peut définir des protocoles d'interaction très simples pour l'échange de données tels que la réception d'informations, de réponses / requêtes ou l'ordre d'effectuer une tâche. La troisième phase présente la collaboration entre les agents pour atteindre certains objectifs communs.

Les interactions entre agents se font sous forme des messages respectant un format bien précis. Les messages échangés contiennent des agents émetteurs et récepteurs, des informations de protocole et des données à gérer comme *[sender ; receiver ; conversation ; perform ; protocol ; inst_prot ; state_prot ; data]*. Les données à transmettre respectent le format du performatif.

Pour interagir via un message envoyé par un autre agent, un protocole simple est établi. Par exemple, lorsque l'équipe Rapid Ripost demande à un laboratoire d'effectuer des examens, il doit d'abord vérifier son état pour être convaincu qu'il peut répondre à sa demande. Un protocole simple avec accusé de réception peut être utilisé.

Collecte de données

La DGLM nous a fourni des données portant sur l'épidémie de choléra sur une période de dix ans, soit de 2008 à novembre 2017. La DPS Kinshasa nous a également fourni les données de sa province regroupées sur ses 35 zones de santé pour l'année 2017 et pour la même épidémie. Après comparaison, nous avons conclu que les données de la DPS Kinshasa apportaient des détails supplémentaires sur les centres de santé ayant signalé les cas suspects, leur aire et zone de santé de rattachement. C'est ainsi que notre simulation a porté sur les données de la province-Ville de Kinshasa fournies par la DPS du 1er janvier au 30 décembre 2017.

25 zones de santé de la Division Provinciale de Kinshasa ont enregistré des cas de choléra en 2017 soit un total de 622 cas rapportés à la fin de l'année. La répartition desdits cas en semaine de l'année est représentée dans la figure 3.85.

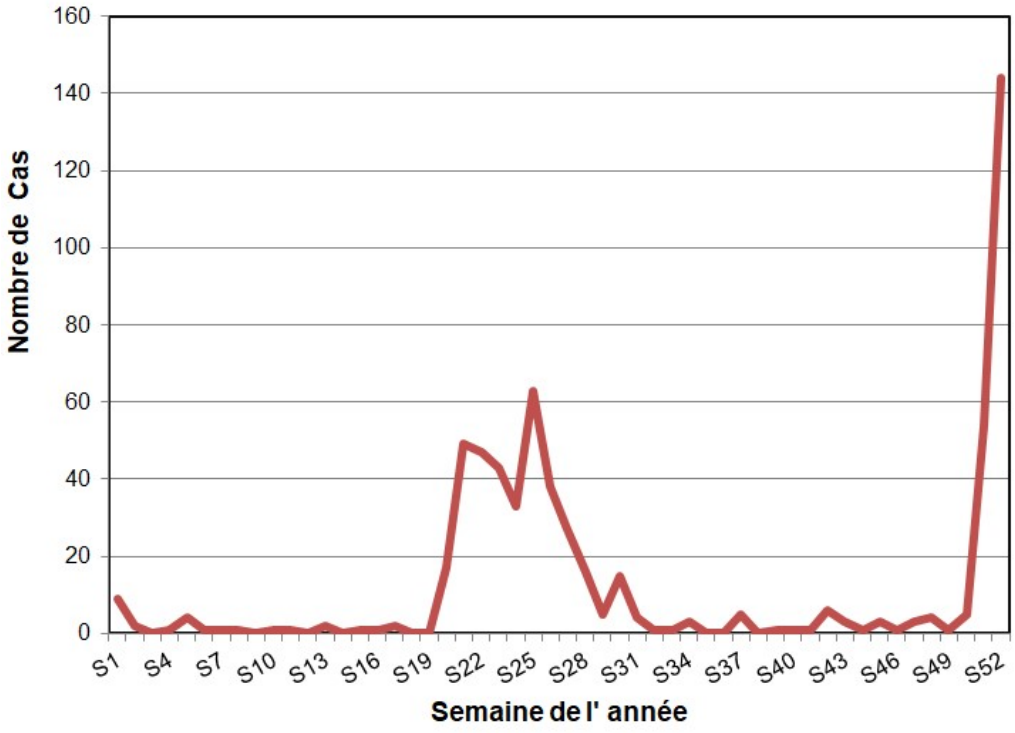


FIGURE 3.85 – Cas suspects de Choléra dans la Ville-Province de Kinshasa en 2017

Les pics constatés aux semaines 21 à 26 et 52 s'expliquent par le fait que c'est durant cette période que la ville de Kinshasa enregistre de fortes pluies diluviennes faisant déborder les lits des rivières occasionnant ainsi des inondations.

Etant donné que la simulation du fonctionnement de la remontée de données

concerne les formations sanitaires au sein des zones de santé nous avons cartographié les cas suspects de choléra par zone de santé pour des raisons de simplicité dans la présentation. Mais dans la pratique nous avons effectivement ramené les cas suspects au niveau de formation sanitaire ayant rapporté lesdits cas à sa hiérarchie.

Le cumul des cas suspects de choléra par zone de santé est représenté dans la figure 3.86 où l'on détecte aisément les deux zones ayant enregistré les plus de cas.

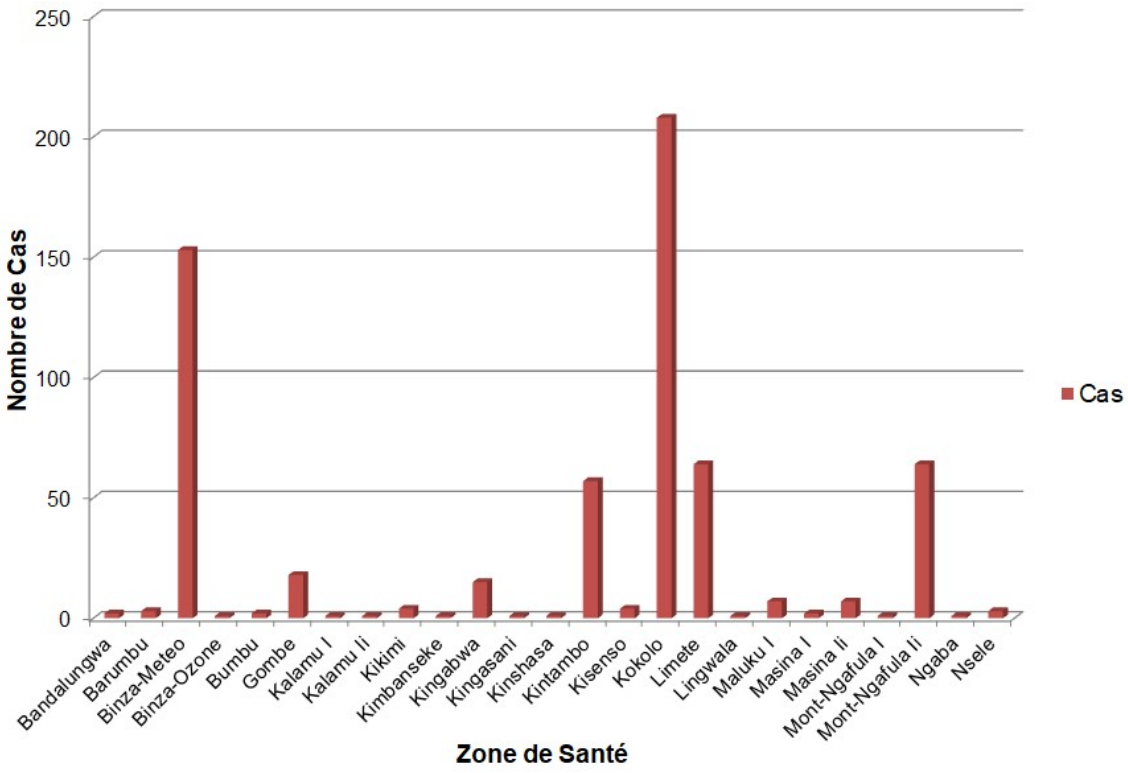


Figure 3.86 – Cas suspects de Choléra par Zone de Santé de Kinshasa en 2017

Méthode

Nous avons rapporté les données cumulées de chaque zone de santé sur une carte, comme le montre la figure 3.87 page suivante, pour trouver leur voisin et essayer de suggérer la meilleure façon d'établir une collaboration entre eux afin d'arrêter la propagation de la maladie. Nous nous concentrons sur deux groupes de zones de santé. Dans le premier groupe, nous avons Binza-Météo, Mont-Ngafula, Kokolo et Kintambo. Le second contient Limete et Kingabwa.

Notre hypothèse était la suivante : si les acteurs de chaque zone de santé pouvaient échanger des informations sur la maladie avec leurs voisins dès qu'une épidémie se déclarait, il serait possible de réduire la propagation. Par exemple, l'épidémie a commencé à Kintambo en janvier 2017. Comme la communication et la sensibilisation n'étaient pas établies avec ses voisins, quelques semaines après que la maladie a été signalée par Kokolo et Binza-Météo.

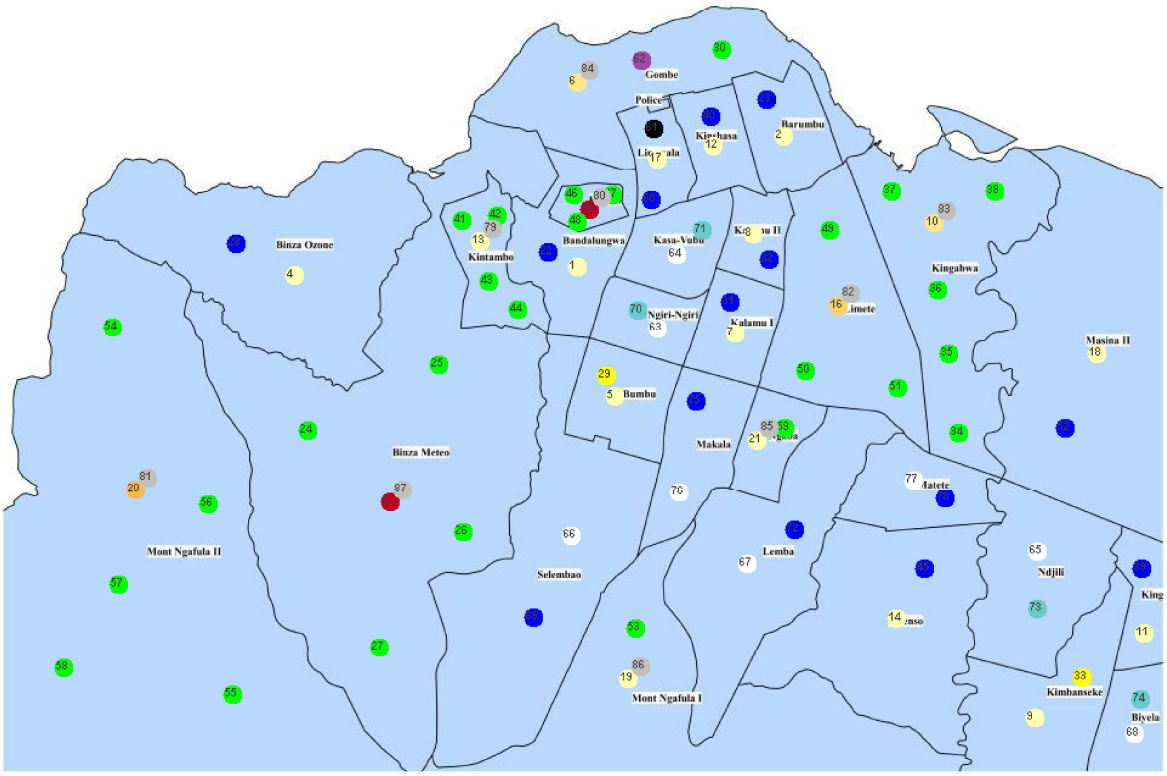


FIGURE 3.87 – Cas suspects d'épidémie de choléra signalés en 2017 par les zones de santé de Kinshasa. Les formations sanitaires (FOSA) en bleu deviennent vertes après l'application de la riposte par l'équipe de riposte en gris créée quand le nombre de cas l'oblige. Le bureau de coordination de la zone de santé(BCZS) en jaune pâle vire graduellement vers le rouge vif en fonction des cumuls des cas lui transmis par ses FOSA.

Résultats

Nous concentrons notre simulation sur ces zones de santé : Binza-Météo, Mont-Ngafula, Kokolo, Kintambo, Limete et Kingabwa. La simulation concerne précisé-

ment Kintambo et Limete qui enregistrent des cas plus suspects d'épidémie de choléra en 2017 et dont d'autres zones de santé voisines ont été touchées. L'idée principale est de voir comment le futur système réagirait si chaque acteur du système de santé pouvait accomplir sa propre tâche avec autonomie. Ces expériences pourraient déboucher sur de nombreux scénarios et les meilleurs d'entre eux seront proposés au système de santé de la RDC pour réduire le temps de décision car chaque acteur peut exécuter ses discussions en fonction de la connaissance de l'environnement et des déterminants de l'épidémie qui lui seront fournis.

Nous avons choisi deux zones de santé de la division provinciale de la santé de Kinshasa pour la simulation. Kintambo et Limete sont des zones de santé qui enregistrent respectivement 57 et 64 cas suspects de décès en 2017. L'épidémie est partie d'eux et la propagation de la maladie a affecté leurs voisins avec une quantité importante de cas suspects. Kokolo a dénombré 208 cas tandis que Binza-météo a enregistré 153 cas suspects à la même période. Pour répondre à une épidémie constatée dans un centre de santé, le personnel de santé du centre de santé concerné doit se référer à l'équipe de direction de la zone de santé. À leur tour, l'équipe de direction de la zone de santé doit référer à la division provinciale de la santé et à la division provinciale de la santé au niveau central. Cette chaîne de contacts hiérarchiques peut élargir la décision temporelle.

Dans notre simulation, nous avons travaillé avec ces hypothèses : (i) chaque acteur du centre de santé doit contacter immédiatement son équipe de direction de la santé dès qu'il rencontre un cas suspect ; (ii) l'équipe de direction de la zone de santé cumule les cas suspects et crée une équipe de riposte rapide (RRT) lorsque le seuil de la maladie est atteint ; (iii) RRT peut contacter le laboratoire (LaboAgent) le plus proche capable de répondre à sa demande ou d'utiliser ses informations pour prendre une décision.

Dans notre scénarisation nous avons sérialisé les données rapportées par des centres de santé de janvier en décembre 2017. L'annexe I.1 page 267 nous présente une vue partielle desdites données. Nous avons agentifié quinze BCZS dont la couleur varie en fonction des cumuls des cas rapportés par ses centres de centre de jaune pâle au rouge vif, vingt-quatre centres de santé dont la couleur est bleue quand ils rapportent des cas suspects et passe en vert à l'application de la riposte par l'Equipe de riposte Rapide(RRT) de couleur grise, la Division Provinciale de la santé de Kinshasa et un laboratoire de tests médicaux (LaboAgent). Nous signalons que le tout premier cas suspect a été détecté dans le centre de santé portant le numéro aléatoire 49. La figure 3.88 page suivante illustre quatre captures à des

moments différents du fonctionnement de notre scénarisation où l'on remarque comment les différents acteurs travaillant comme agents changent des couleurs en fonction des actions précises.

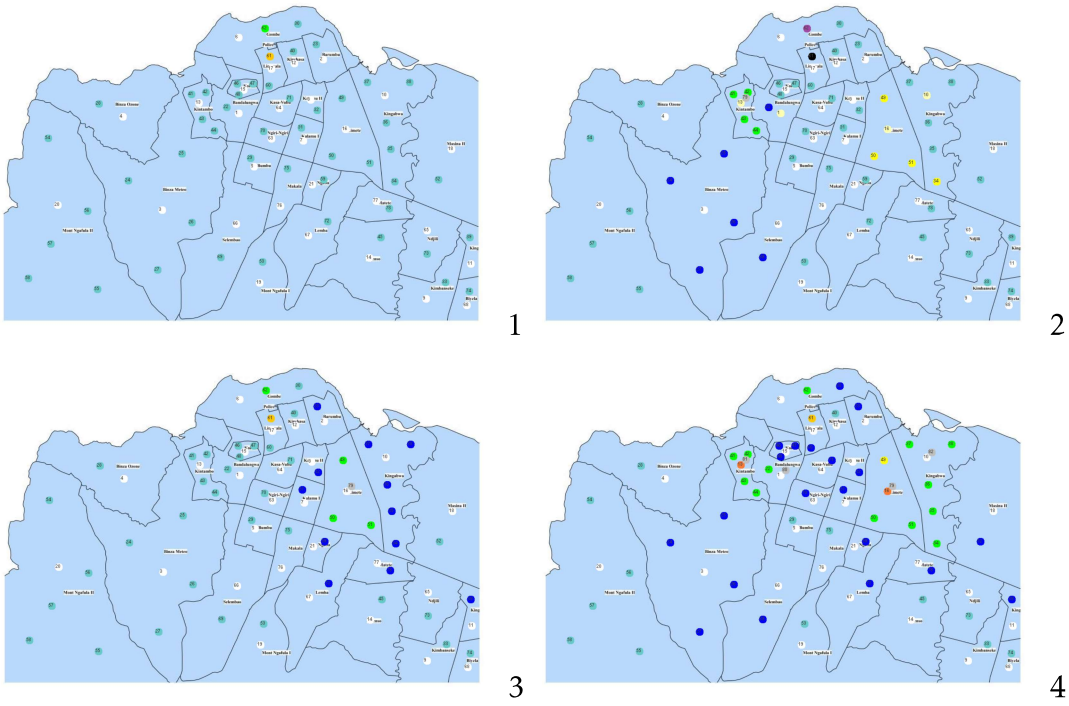


FIGURE 3.88 – Simulation de la riposte contre le choléra au nord de la Ville-Province de Kinshasa en 2017.Les captures 1 à 4 du scénario montrent l'évolution des alertes des centres de santé en bleu.

Le fichier de trace de simulation (cfr. Annexe I.2 page 268) montre la communication entre les agents. Comme ils sont autonomes, ils effectuent leurs propres tâches comme «cumuler de nouveaux cas», «mener l'enquête sur la zone de santé 16» et gérer des messages comme «réaliser des analyses du centre de santé», «recevoir un échantillon pour analyser» ou «signaler un cas suspect détecté» ". Les agents BCZS (HZET) (# 16 et # 13) attendent un message de cas suspect de n'importe quel FOSA(HC). Chaque fois qu'un agent de l'équipe de direction de la zone de santé reçoit un tel message, il calcule les cas et compare avec le seuil de surveillance de la maladie pour décider de la nécessité de construire un agent RRT capable d'enquêter dans les centres de santé autour d'un cas suspect dans la zone de santé. Le centre de santé visité passera du vert au bleu. L'agent RRT pourrait envoyer des échantillons à LaboAgent lors de la recherche de nouveaux cas dans les zones de santé. L'organisation de la riposte de l'épidémie pourrait

dépendre des résultats de LaboAgent et du rapport d'enquête de l'agent RRT.

Les agents opèrent de manière indépendante : HCAgent transmet les données à l'agent BCZS (TeamAgent), RRTAgent termine une enquête complète, LaboAgent effectue des tests médicaux et transmet les résultats à HZETAgent et l'agent DPS (PHDAgent) qui gère toutes les informations de BCZS sous sa supervision. La synchronisation des messages entre les types d'agent se fait dans la boucle de décision de l'agent. Un protocole à deux états est utilisé et implémente des performatifs de type KQML. Les quatre chiffres du message sont «1» pour informer (donner des informations), «2» pour demander des informations et «3» pour demander (demander qu'une tâche soit effectuée). Les agents communiquent et atteignent leur objectif en réagissant aux messages des autres ou en exécutant leur tâche interne en réponse à une requête. Avec des résultats positifs de LaboAgent, BCZS envoie des avertissements et des mesures préventives à tous ses centres de santé. PHDAgent peut également alerter les BCZS environnants.

3.5.2 Applications mobiles

Pour faciliter la communication des données dans le contexte de la RDC, nous avons choisi d'utiliser les infrastructures des opérateurs télécoms pour la communication entre les acteurs du système de santé.

Nous avons dévéloppé quelques fonctionnalités de 2 applications. En utilisant la technologie USSD, la première aide à rapporter les données des établissements de santé à la coordination des zones de santé, puis à la division provinciale de la santé. La deuxième application est une application site Web dynamique, utile pour analyser les données de notification aux niveaux intermédiaire et national. Elle permet à la Coordination de la zone de santé d'envoyer des messages de prévention aux établissements de santé, aux réseaux de soutien communautaire et à la population.

Pour les personnes analphabètes, une application conviviale avec des émoticônes est essentielle. Elle doit dépeindre une personne présentant des symptômes et des signes de maladie sous surveillance. Cette application pour smartphone recueille de nouveaux cas d'habitants de la zone de santé confrontés à des épidémies dans d'autres pour signaler des cas suspects. L'architecture technique de la communication entre les acteurs du système de santé est présentée dans la figure 3.89 page suivante.

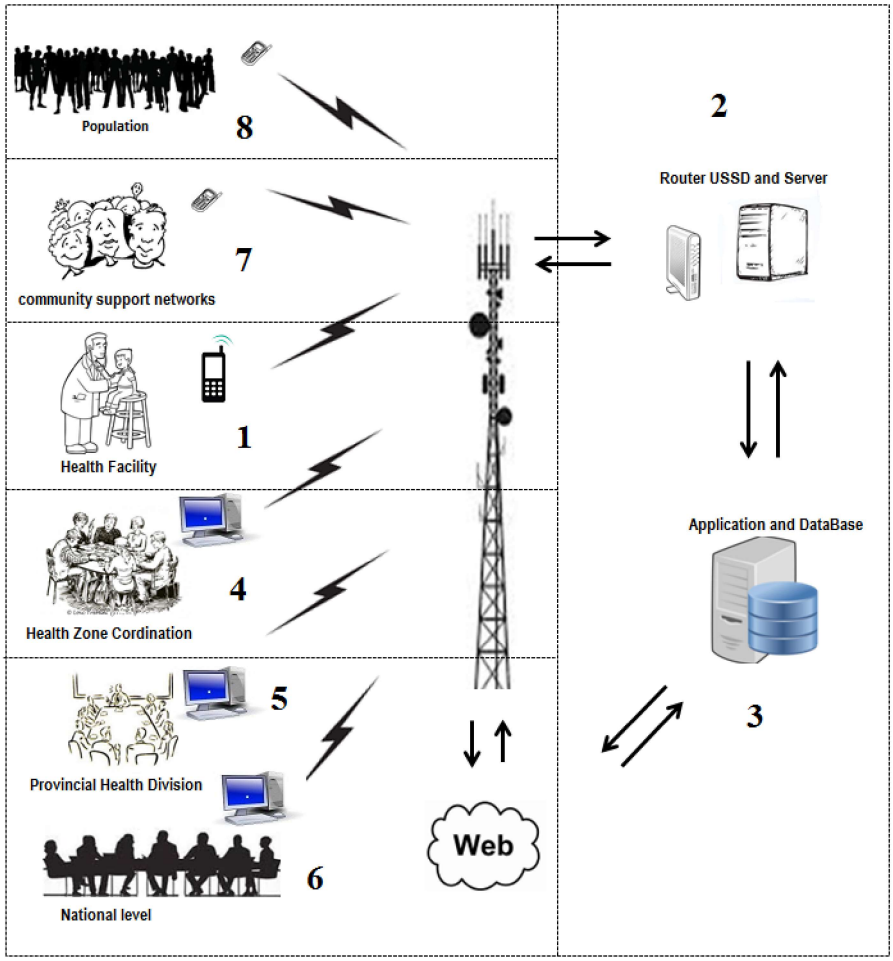


FIGURE 3.89 – Architecture technique de l'application mobile.

Description du fonctionnement de l'application mobile

Cette section présente une brève description d'un cas d'utilisation de l'application mobile ci-dessus :

1. Une infirmière a découvert des symptômes et des signes d'une maladie hautement contagieuse chez un enfant. Elle utilise l'application USSD pour signaler un cas suspect.
2. L'opérateur télécoms enregistre ces informations sur un serveur dédié.
3. Le serveur Health Data extrait les champs utiles du serveur de télécommunications. Une application dynamique installée dessus prépare les vues accessibles via le Web.
4. La Coordination de la zone de santé utilise ces données pour surveiller l'épidémie. Elle peut envoyer une équipe pour enquêter et confirmer le

cas grâce à des analyses de laboratoire. Elle agrège les données de santé à partager avec sa hiérarchie.

5. La Division provinciale de la santé a accès aux données produites par les zones de santé. Elle agrège les données pour l'ensemble de la province.
6. Au niveau national, les données des 26 provinces du pays sont disponibles.
7. Les relais communautaires peuvent collaborer dans la sensibilisation de la population.
8. Les populations peuvent peuvent recevoir les messages des acteurs du système de santé.

Resultats

En septembre 2017, nous avons tenu une réunion technique avec l'un des opérateurs télécoms installé en RDC pour discuter de la mise en œuvre de cette solution approuvée par les acteurs du ministère de la Santé. Cet échange a permis de définir les fonctionnalités basiques des applicatifs supports de notre méthode. Nous avions dévéloppé une première mouture de ces applications en utilisant les outils et l'environement suivants : *DevSpac*e comme simulateur USSD, *PHP 5.6* et *Java pour Android* comme langages de programmation, *Wampserver* comme interpréteur PHP et *mySQL 5.7.21* comme base de données.

Un modèle de base de données a été mis en œuvre avec deux cas d'utilisation décrits ci-dessous. Afin de réaliser notre simulation, nous avons rempli des tables tels que *Disease_tbl*, *Health_Zone_tbl*, *Health_Facility_tbl* et *Symptoms_tbl* avec des données réelles extraites de la base de données sur la rougeole fournie par le ministère de la Santé de la RDC. La base de données contient également des informations environnementales (rivière, laboratoire, etc.)

Deux cas d'utilisation ont été mis en œuvre. Le premier permettait aux établissements de santé de signaler les données des cas suspects à la hiérarchie via le simulateur USSD. L'opérateur doit taper un code, dont le format est expliqué à l'étape 2.1 de la phase 2, comme * 01 * 01 * 05 * 03 * 15 * 02 # puis appuyer sur « *oui*» ou sur le bouton « *appel*» d'un téléphone portable. Ce code représente respectivement la province, la ville, la zone de santé, l'aire de santé, le centre de santé et le code de la maladie. L'application mobile vérifie la validité du code puis transmet des avertissements en cas d'anomalies. En cas de succès de la connexion, l'opérateur fournit des réponses exactes à trois questions concernant la semaine, le nombre de cas suspects et le nombre de décès. Ces données sont enregistrées dans

une table appropriée de notre base de données, *DiseaseReport_tbl*. L'application mobile simulée permettait la recherche des données de santé sur base des critères multiples. C'est le cas d'affichage des préventives liées à une maladie précise. La version de l'application dédiée aux smartphones contient des émoticônes plus des informations claires et précises aux personnes analphabètes.

Le deuxième cas d'utilisation gérait la communication entre la population et le BCZS. Par exemple, pour vérifier si les cas suspects signalés par les centres de santé sont des cas réels, des échantillons de maladies spécifiques doivent être transmis au laboratoire. Si une maladie hautement contagieuse est confirmée, le BCZS prévient la population contre la propagation de la maladie en utilisant la version de l' application avec des émoticônes qui affiche les images correspondant aux symptômes de la maladie décrits dans la base de données. La figure 3.90 donne une présentation simple des deux cas d'utilisation.

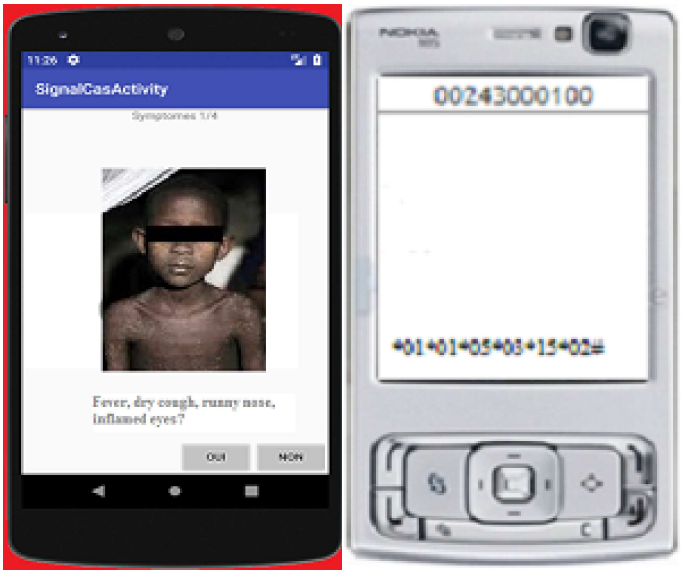


FIGURE 3.90 – Application pour SmartPhone et simulateur de messages USSD.

3.5.3 Application web de la remontée des données de surveillance des épidémies

Pour permettre aux formations sanitaires disposant d'une connexion internet de s'en servir pour transmettre leurs données de surveillance, nous avons commencé le développement d'une application web qui sera utilisée en complément à la transmission des données sanitaires via la messagerie téléphonique telle que

présentée au point 3.5.2 page 183. C'est également à travers ladite application que les structures hiérarchiques de la pyramide du système de santé de la RDC pourront valider les données transmises par les FOSA via la messagerie téléphonique, transmettre des SMS de relance aux FOSA n'ayant pas communiqué les données, alerter la population et le relais communautaire de la présence d'une épidémie confirmée.

Les données validées à chaque niveau deviennent disponibles à la hiérarchie. C'est ainsi que la validation des données des FOSA par le BCZS les rendent visibles au niveau de la DPS. La validation des données des BCZS par la DPS les rendent accessibles au niveau central.

La figure 3.91 présente un cas d'utilisation d'un agent d'une FOSA qui transmet les données de surveillance au Bureau Central de Coordination de sa zone de santé de rattachement. L'authentification de l'agent au système informatique du ministère fournit tous ses renseignements sur sa localisation (Aire et zone de santé). Il ne lui restera qu'à sélectionner la maladie et la période de rapportage avant de saisir le nombre des cas et des décès. Les détails portant sur les caractéristiques individuelles des cas et les tranches d'âges pourraient également être saisies dans le système afin de faciliter les analyses des données.

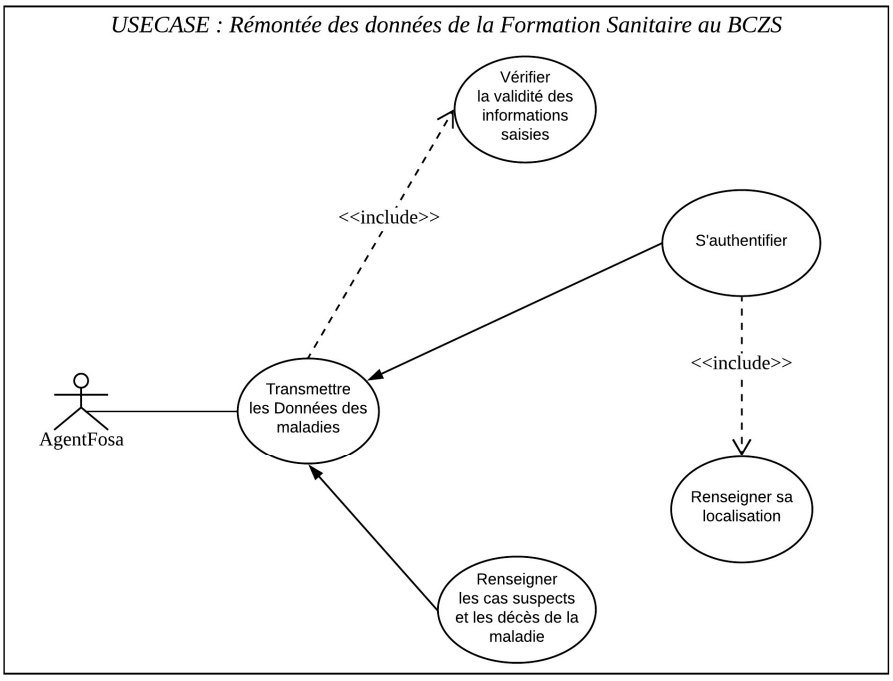


Figure 3.91 – Transmission Données FOSA au BCZS.

Le cas d'utilisation principal « *Transmettre les données des maladies* » comprend

deux autres cas d'utilisation secondaires « *S'authentifier* » et « *Renseigner les cas suspects et les décès de la maladie* ». Lors de la création de son compte dans le système, chaque utilisateur doit préciser son niveau hiérarchique direct de rattachement. Pour les agents de FOSA, ils sélectionnent la zone de santé ainsi que l'aire de santé d'appartenance. Pour les agents de BCZS, ils sélectionnent leur DPS avant de préciser leur BCZS. C'est sur ces informations que s'appuiera le cas d'utilisation « *S'authentifier* ».

Le cas d'utilisation « *Renseigner les cas suspects et les décès de la maladie* » permettra à l'utilisateur authentifié de saisir les données relatives au nombre des cas et des décès de la maladie. La saisie se fera par rapport aux caractéristiques individuelles (par Sexe) et par rapport aux tranches d'âges. La vérification de la validité des données saisies se fera grâce au cas d'utilisation secondaire « *Vérifier la validité des informations saisies* ».

Ces cas d'utilisation ont été réalisés à travers une application web dynamique que nous avons développée. Nous avons utilisé une structure de base de données relationnelles configurée à partir de l'environnement *phpMyAdmin*. La figure 3.92 nous donne un aperçu des quelques tables utilisées par ladite application.

Ces tables constituent l'implémentation de l'instanciation du méta-modèle que nous avions présenté au point 3.4 page 162. La transformation des diagrammes de classe en modèle relationnel s'est appuyée sur les recommandations de [Kuskorn W. et Lekcharoen S., 2009].

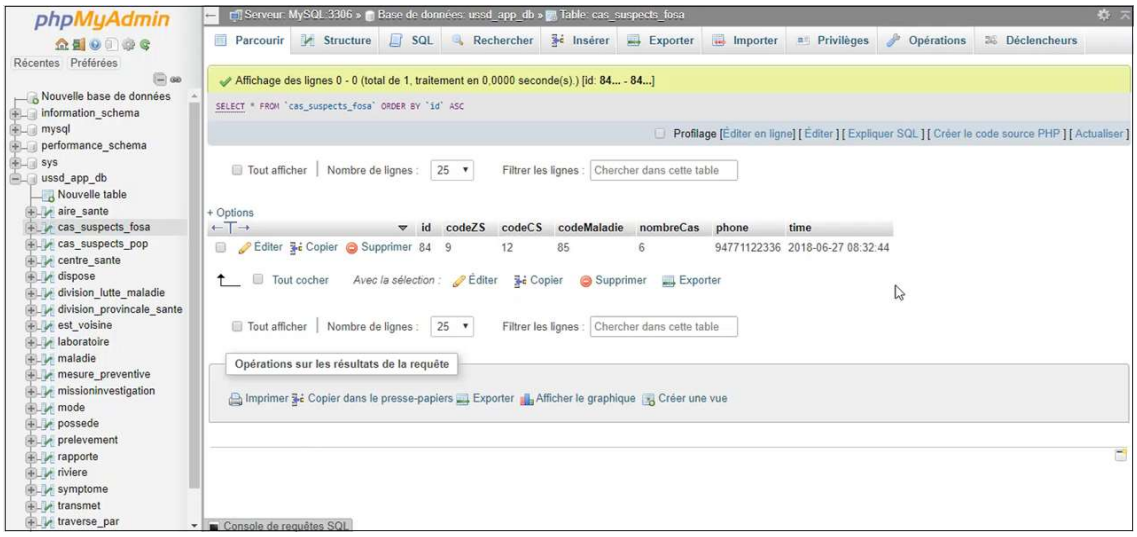


Figure 3.92 – Structure des tables pour l'application de suivi des épidémies.

Au-délà des solutions de remontée de données de surveillance par la messagerie

téléphonique (développée au point 3.5.2 page 183) et par la saisie via la page web, il existera toujours un nombre important de formations sanitaires qui continueront de transmettre leurs données au format papier.

Dans la pratique, il revient souvent au BCZS de rentrer ces données dans le système informatique. Pour assister les agents BCZS dans cette tâche, nous avons prévu une page appropriée de saisie des données des FOSA.



FIGURE 3.93 – Interface web de saisie des données de FOSA au BCZS.

La science a fait de nous des dieux avant même que nous méritions d'être des hommes.

Jean Rostand

Chapitre 4

Mise en Oeuvre et Validation

Le chapitre 3 nous a servi à la description détaillée des activités de chacune des quinze étapes de la méthode CHICKEN regroupées dans trois phases. Bien que nous ayons prévu des exemples illustratifs tout au long de la description, nous avons jugé récapitulatif de présenter dans ce chapitre un exemple fil rouge où nous pourrions expliquer le déroulement chronologique des activités de quelques étapes.

La figure 4.1 nous donne un bref aperçu des étapes et phases de notre méthode. Dans notre exemple fil rouge, nous présenterons les étapes 1.1, 1.2, 2.2, 2.3, 2.4, 3.3 et 3.4.

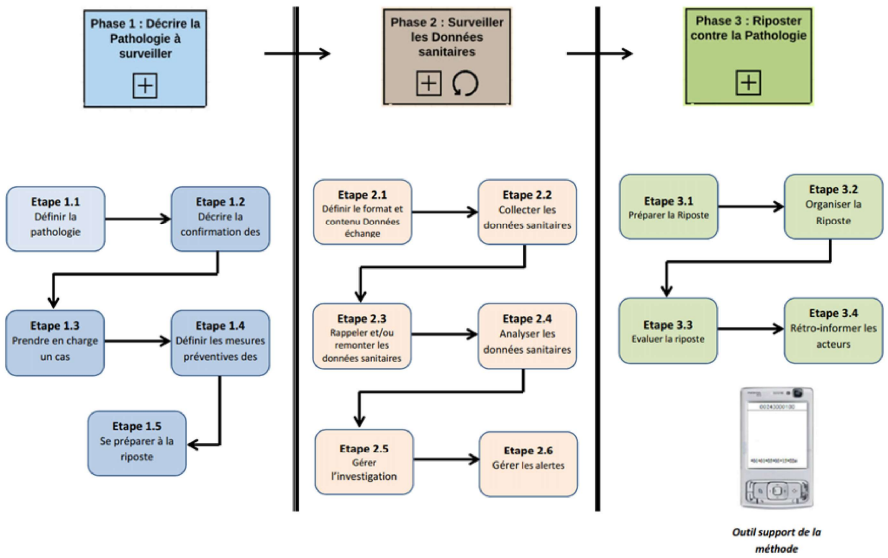


FIGURE 4.1 – Vue d'ensemble des phases et étapes de la méthode CHICKEN.

Nous avons réparti ce chapitre en deux sections. La première servira d'illus-

tration sur la mise en œuvre de la méthode. La seconde section déroulera les différentes validations auxquelles nous avons soumis notre méthode pour qu'elle réponde au mieux aux besoins de ses bénéficiaires tout en restant scientifiquement correcte.

4.1 Mise en oeuvre de la méthode : Exemple fil rouge

Nous avons commencé le développement de l'application web qui accompagnera notre méthode par le maquettage réalisé dans l'environnement J2E Juno selon le modèle MVC. Le modèle(M) est réalisé avec le serveur Tomcat 7.0.103, la vue avec JSP et le contrôleur avec le servlet à base de javaBeans.

Phase I - Etape 1.1 La figure 4.2 est l'interface à travers laquelle un agent du niveau central du système de santé saisira tous les renseignements sur la pathologie à surveiller. Ces informations seront utilisées par les acteurs des autres niveaux en particulier ceux du périphérique qui consultent les malades.



FIGURE 4.2 – Saisie de la définition d'une pathologie.

Phase I - Etape 1.2 La figure 4.3 est destinée à confirmer ou infirmer les cas pathologiques par la description du matériel se rapporttant au matériel, à la description de la confirmation de la présence ou non des agents pathogènes dans les échantillons du malade, au protocole de prèlevement et à celui du laboratoire. Pour orienter les professionnels de santé vers les laboratoires spécialisés où transmettre les prélèvements selon le type d'examens médicaux requis, une liste desdits laboratoires est également ajoutée.

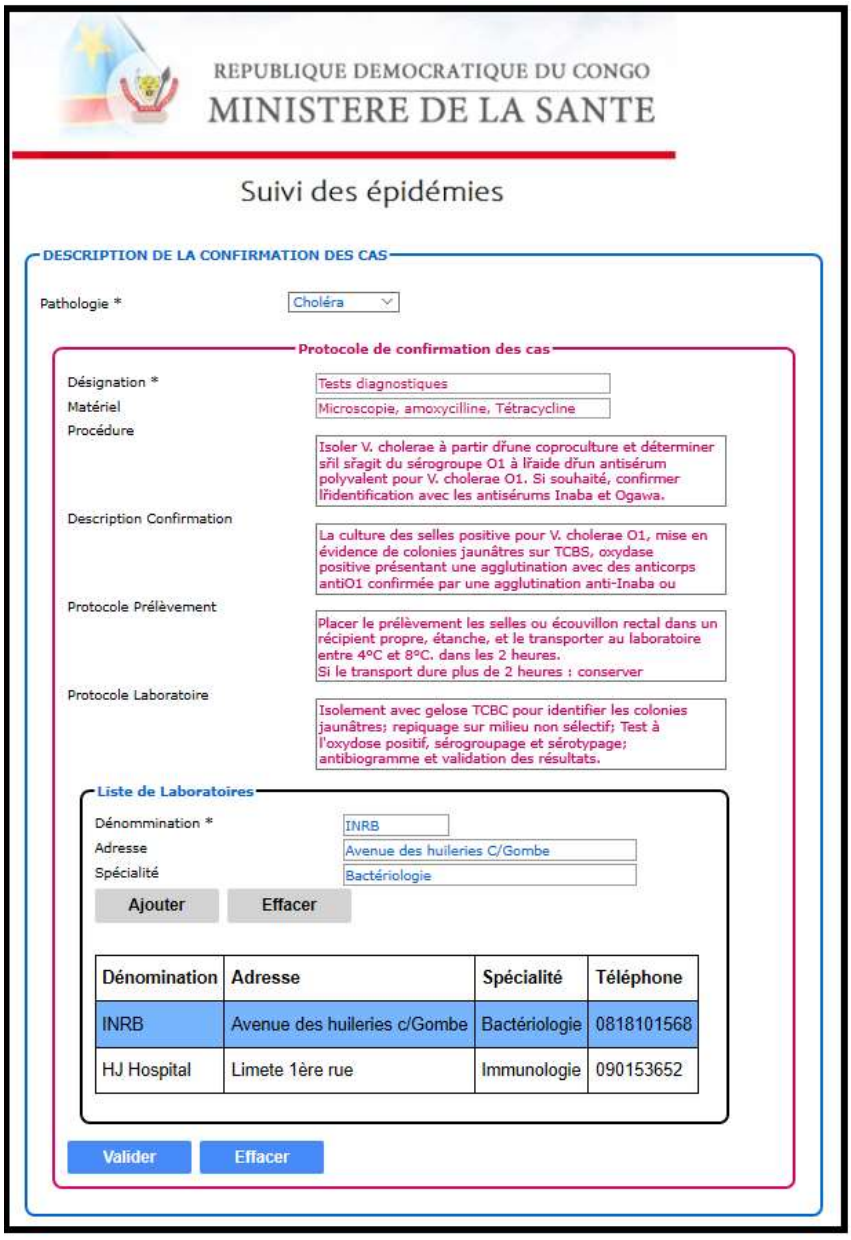


FIGURE 4.3 – Saisie de la confirmation des cas d'une pathologie

Phase II - Etape 2.2 La figure 4.4 est une interface web réservée aux formations sanitaires pour y saisir leurs données sanitaires. Pour une pathologie précise, à une période de rapportage, l'agent de la FOSA saisit les données de surveillance selon les caractéristiques individuelles et par tranche d'âge. Le rattachement de la FOSA à une aire de santé permet de rapporter ses données dans la cartographie des cas répartis dans des aires de sa zone de santé.

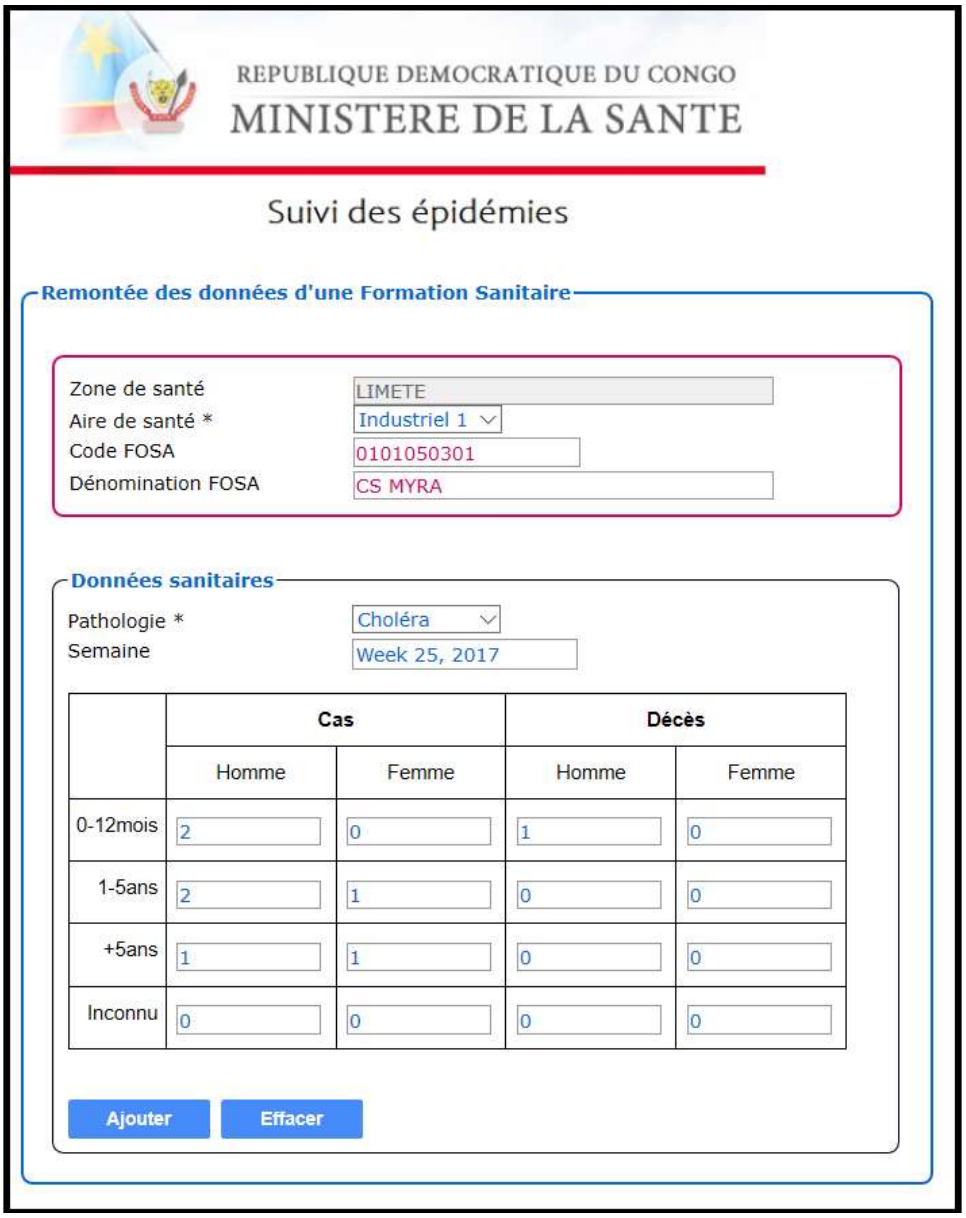


FIGURE 4.4 – Saisie des données d'une formation sanitaire

Phase II - Etape 2.3 La validation des données des FOSA par le BCZS se fait à travers l'interface de la figure 4.5. En se loguant avec son compte, un agent du BCZS accède aux données de toutes les FOSA sous sa supervision. Chaque ligne représente les données se rapportant à une pathologie et pour une période sélectionnée pour une formation sanitaire.

Les données incorrectes sont signalées par la présence du bouton *"Corriger"*. Grâce à ce bouton, le BCZS peut demander leur correction auprès du point focal de la FOSA, Si par exemple le nombre de décès est supérieur à celui de cas, ces données sont qualifiées d'erronées. Le bouton *"Relancer"* transmets un rappel aux FOSA sans données pour la pathologie et la période sélectionnée. La validation des données par l'agent BCZS les rend disponibles au niveau supérieur.



FIGURE 4.5 – Contrôle de la qualité des données sanitaires d'une zone de santé

Phase II - Etape 2.4 L'analyse des données sanitaires se fait principalement à travers les séries temporelles de l'évolution de cas et la répartition des cas sur une carte géographique. L'interface de la figure 4.6 permet aux agents du niveau intermédiaire de suivre la progression des cas de la province à travers les zones de santé.

En se loguant avec son compte, un agent de la DPS accède aux données de tous les BCZS sous sa supervision. Chaque ligne représente les données se rapportant à une pathologie par BCZS et pour une période sélectionnée. La cartographie des cas du choléra ainsi que le graphique présentent la situation réelle de l'épidémie pour la ville de Kinshasa en 2017. Il est possible de demander la correction des données erronées aux BCZS.

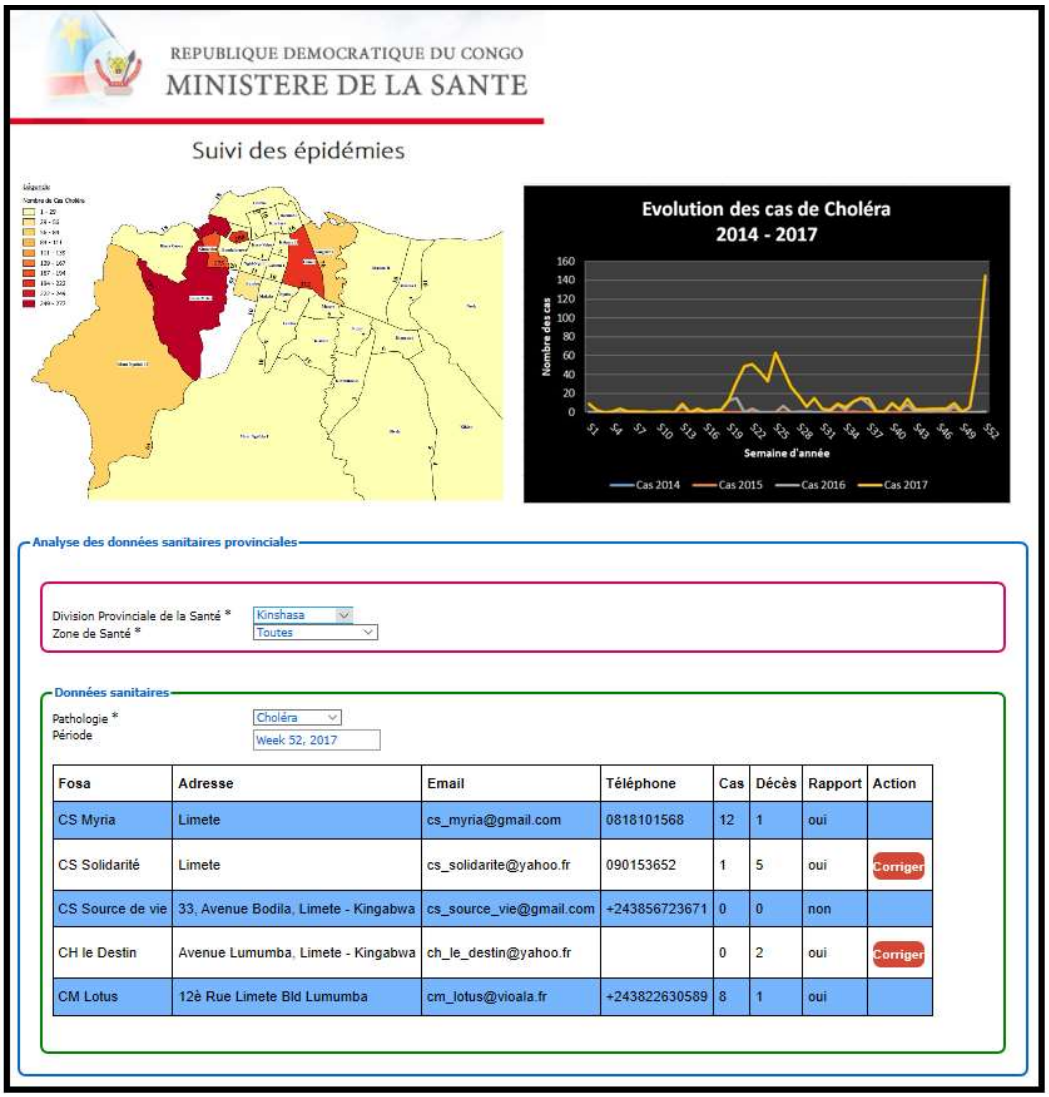


FIGURE 4.6 – Analyse des données sanitaires d'une province

Phase III - Etape 3.3 L'évaluation de la riposte est une étape importante pour améliorer les étapes de la description de la pathologie notamment la prise en charge des cas et les mesures préventives. Elle s'effectue à tous les niveaux de la pyramide sanitaire à partir des rapports de riposte produits par les équipe de riposte rapide.

Le niveau national peut visualiser tous les rapports de riposte déposés dans le système par les BCZS pour une pathologie précise (cfr figure 4.7). Le niveau central peut relancer les missions de riposte n'ayant pas produit le rapport. Le rapport disponible produit par une missions de riposte est téléchargeable à partir du lien sous la rubrique *"Rapport"* de notre figure.

La synthèse des rapports de riposte d'une pathologie est attachée au système dans le souci de la partager avec tous les acteurs du système de santé et servir dans l'actualisation des étapes de la phase de description de la maladie.

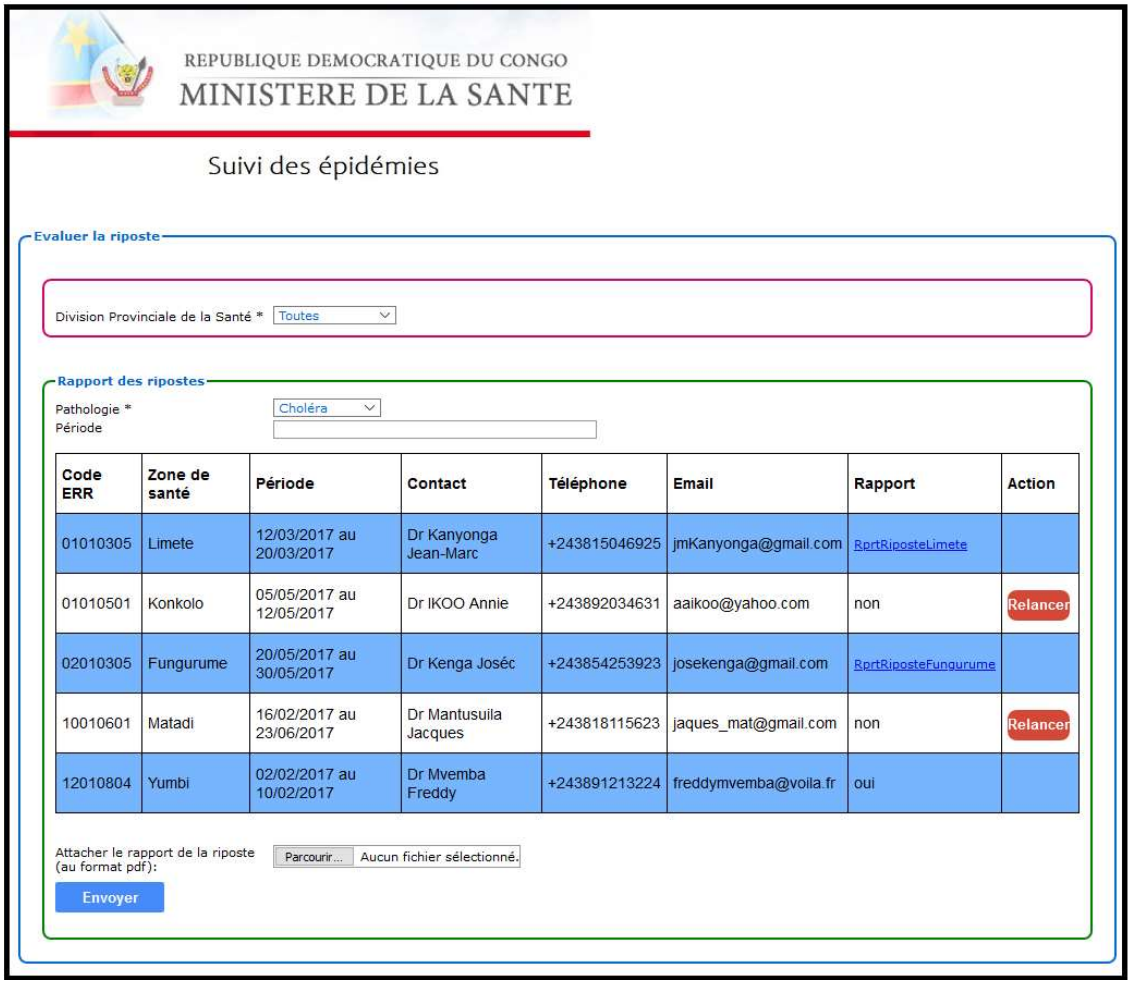


FIGURE 4.7 – Evaluation de la riposte contre une épidémie

4.2 Validation de la méthode CHICKEN

La mise en place de notre méthode nécessite plusieurs validations pour nous assurer du gain que l'on a à l'appliquer. Pour ce faire nous avons recouru à trois niveaux de validation à savoir par des experts, des services utilisateurs et par simulation. Le tableau 4.1 présente les évolutions importantes qu'a connu notre méthode. Nous présentons le retour de toutes ces validations dans les sections suivantes.

Tableau 4.1 – Différentes versions de la méthode CHICKEN.

N°	Période	Actions réalisées	Version
01	Décembre 2016	Formalisation de la méthode CHICKEN	0
02	Mai 2017	Validation de la première phase de la méthode	0.25
03	Septembre 2017	Simulation du fonctionnement de l'étape 2.5 de la phase 2	0.30
04	Mars 2018	Modélisation de la deuxième phase de la méthode	0.50
05	Juin 2018	Elaboration du méta-modèle de la première phase	0.60
06	Décembre 2018	Validation des deux premières phases par les professionnels	0.75
07	Mai 2019	Modélisation de la troisième phase	0.90
08	Septembre 2019	Elaboration du méta-modèle de toutes les phases	1.0
09	Janvier 2020	Validation de toute la méthode par les structures du Ministère de la Santé de la RDC et prise en compte de nouvelles recommandations	1.2

4.2.1 Validation par des experts des méthodes

Les experts m'ont été d'une grande aide lors de la validation des processus réalisés à partir des outils BPMN que j'ai soigneusement sélectionnés pour représenter les différentes étapes des trois phases de la méthode CHICKEN. Ils ont formulé des remarques pertinentes qui nous ont permis de bien gérer les activités s'exécutant de manière exclusive, en parallèle, en linéaire ou de manière répétitive.

Les méta-modèles, dont l'instanciation permet de générer les données dont on a besoin pour gérer les étapes de notre méthode, ont été corrigés avant d'être validés par les experts. Grâce à cette validation un modèle de données a été produit pour servir lors de la simulation du fonctionnement du système de Santé de la RDC. C'est toujours sur base de leurs recommandations que nous avions pu harmoniser la corrélation entre les modèles de processus, les méta-modèles les supportant ainsi que le modèle de données pour leur implémentation.

4.2.2 Validation par des services utilisateurs

Pour rappel, la présente recherche tire son fondement à partir des besoins de la réorganisation de la surveillance intégré des maladies et riposte. Nous avons analysé minutieusement le document de base, guide technique SIMR [Ministère de la Santé, RDC, 2011], fourni par le Ministère de la Santé de la RDC afin de ressortir les grandes fonctionnalités dont on a besoin de mieux organiser le suivi des maladies épidémiques et chroniques. De cette analyse nous avions identifié trois grandes fonctionnalités représentées sous forme de phase de notre méthode CHICKEN.

Pour actualiser le contenu des recommandations dudit guide aux réalités du terrain nous avions organisés plusieurs réunions avec tous les acteurs de trois niveaux de la pyramide sanitaire du pays. Leur retour d'expérience du métier nous a permis de sélectionner l'outil de communication eu regard aux réalités du pays ainsi que d'autres besoins non clairement repris dans le document de base tel que l'autonomie d'action des acteurs de chaque niveau c'est-à-dire la possibilité qu'ont les acteurs du même niveau d'échanger des informations sans passer par leur hiérarchie. Ces nouveaux besoins des professionnels de santé ont enrichi le contenu des étapes de notre méthode.

Chacune des phases de notre méthode a fait l'objet de validation auprès des acteurs du métier pour vérifier la prise en compte effectif de leur désidérata. Nous avions également procédé à une validation finale de la méthode à travers une série de réunions organisées durant le mois de Janvier 2020.

Entretiens de validation finale Un guide d'entretien (voir Annexes H.1 page 265 et H.2 page 266) d'une vingtaine de questions a été soumis aux acteurs de trois niveaux de la pyramide sanitaire du ministère de la Santé pour obtenir le retour des acteurs sur l'adaptabilité de la méthode à leur contexte à travers un BPMN simplifié de notre méthode. Cette action a également permis de vérifier leur compréhension et de valider la terminologie que nous avions utilisée. Les entretiens se sont déroulés dans les locaux des agents du ministère et de la manière suivante : (i) Présentation succincte de quinze phases de la méthode CHICKEN ; (ii) discussion et prises en compte des remarques des participants et (iii) remise du questionnaire de validation de la méthode. Nous avons recensé 114 réponses des acteurs de Santé des trois niveaux dont les détails sont fournis ci-dessous.

— **Niveau Central** : 10 professionnels de la Santé de la Direction de Suivi de

l'épipdémie (DSE, ex. DLM) ont répondu au questionnaire de l'évaluation de la méthode.

— **Niveau intermédiaire** : 11 professionnels dont deux des programmes spécialisés ont assisté à la présention des fonctionnalités de la méthode CHICKEN avant de l'évaluer.

— **Niveau périphérique** est le niveau opérationnel le plus important du fait qu'il est constamment en contact avec la population d'où provient les malades. Il a été représenté par 13 agents des BCZS et des agents issues des 80 Formations Sanitaires.

Résultats de la validation des acteurs du ministère de la Santé de la RDC Nous avons regroupé les réponses apportées par les 114 acteurs à notre questionnaire dans l' annexe H page 263. Nous présentons dans le tableau 4.2 quelques réponses pertinentes prouvant leur satisfaction de notre méthode.

Tableau 4.2 – Quelques réponses des enquêtés sur la méthode CHICKEN.

N°	Question	Observations
01	La communication par la messagerie téléphonique en langue vernaculaire des mesures préventives des cas d'une pathologie à l'attention des populations, est-ce un moyen ?	67% d'enquêtés disent que ce moyen est très rapide selon leur contexte
02	En ce qui concerne la gestion des investigations sanitaires, l'usage d'une application mobile pour la collecte automatique de nouveaux cas serait ?	71% d'enquêtés confirment que l'outil serait très rapide
03	Donner la possibilité à chaque structure de la pyramide sanitaire de partager les Alertes médicales avec ses homologues voisins est une proposition ?	60% d'enquêtés comprennent la pertinence de la proposition
04	Nous vous proposons une méthode qui aide à mieux gérer le suivi des épidémies. Pensez-vous que cette méthode est :	58% d'enquêtés ont trouvé la méthode proposée facile à comprendre et plus au moins très complète
05	Que diriez-vous de la terminologie utilisée dans la méthode ?	80% d'enquêtés ont confirmé que la terminologie employée était très adaptée

Recommandations pertinentes des acteurs du ministère de la Santé de la RDC A l'issue de la présentation finale de la méthode CHICKEN, l'occasion était donnée aux participants de fournir librement les nouveaux besoins que nous prendrons en compte dans l'évolution de notre méthode. Nous avons listé les recommandations les plus pertinentes suivantes :

— **Les fonctions techniques clés de la méthode** : Ils préconisent la mise en place du Comité National et des Comités Provinciaux de gestion des urgences sanitaires, la mise en place des unités opérationnelles de coordination, de préparation et organisation de la riposte. Prévoir la rétro-information régulière par niveau. Proposer un système informatique simplifié, adapté aux

compétences des utilisateurs, protégé des pertes intempestives des données et régulièrement actualisé. Faciliter la diffusion de l'information sanitaire à travers des bulletins épidémiologiques périodique. Analyser efficacement les données via des outils d'interprétation automatique des dépassements des seuils. Proposer des outils standardisés et accessibles à ltous les acteurs et dont l'usage n'est pas conditionné par la connexion internet ou le forfait de communication. Inclure les autorités communales ou territoriales dans la liste de diffusion des informations sanitaires.

— **Les ressources adéquates** : prévoir les moyens financiers suffisants et facilement décaissables pour garantir le pré-positionnement des kits, des EPI, des déplacements sur terrain des professionnels de santé.

— **Le renforcement en capacités des acteurs** : superviser la formation efficace des membres de l'équipe d'intervention et de réponse rapide à chaque niveau de la pyramide sanitaire. Renforcer leur capacité de prise en charge des cas d'une épidémie. Bien former le personnel dans la surveillance électronique.

4.2.3 Validation par la simulation

La simulation a une large application potentielle dans les soins de santé. Elle se classifie généralement en la simulation clinique, opérationnelle, managériale et éducative [Barjis J., 2011].

En ce qui nous concerne, l'objectif de la simulation était de présenter un scénario d'organisation de riposte à comparer au fonctionnement du système de santé de la RDC dans le suivi des maladies épidémiques. Nous avions opté pour la simulation multi-agents du fait que l'approche de Système MultiAgent (SMA) permet explicitement de modéliser le comportement de chaque individu et de visualiser le système émergent à partir des interactions entre les individus.

Pour rappel, un SMA se définit comme un ensemble d'agents situés dans un environnement commun, qui interagissent et tentent d'atteindre un ensemble d'objectifs individuels et collectifs. Grâce aux interactions entre les agents, un comportement global, plus intelligent que la somme de l'intelligence locale des composants du système multi-agents, peut émerger.

Par «*agent*», nous entendons une entité logicielle évoluant dans un environnement qu'elle peut percevoir et dans lequel elle réagit. Il est doté de ses propres comportements et objectifs et d'une autonomie de décision. L'autonomie est le concept central et représente la capacité des agents à contrôler leurs actions et

leurs états internes. L'autonomie des agents n'implique aucun contrôle centralisé [Weiss G., 1999].

Réponse à la collecte de données et aux épidémies

La simulation a porté sur le processus d'organisation de la riposte brièvement décrit à la Figure 4.8 dont les étapes peuvent correspondre à celles de la méthode CHICKEN de la manière suivante :

— *Rapport Surveillance (1)* est le résultat de l'analyse de données de l'étape 2.4 qui détermine la raison de la mise en place d'une équipe d'investigation ou de riposte rapide.

— *Enquête Investigation (2)* est un ordre lancé sur base du seuil des cas atteint. L'étape 2.5 de notre méthode gère parfaitement les investigations des cas suspects.

— *Définition clinique de cas (3)* correspond à la définition standard des cas bien détaillée dans l'étape 1.1 de notre méthode.

— *La Recherche des cas (4) et la Détermination des facteurs (5)* sont des activités que doivent mener les membres de l'équipe de riposte rapide dont les détails sont fournis à l'étape 2.5 de notre méthode.

— *La Riposte (6)* englobe aussi bien la vraie organisation de la riposte détaillée à l'étape 3.2 que l'évaluation de la riposte prévue à l'étape 3.3.

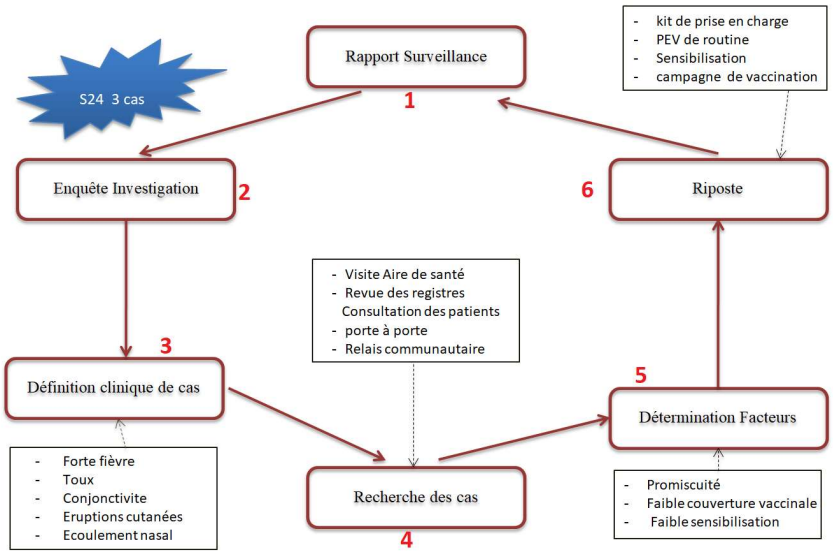


Figure 4.8 – Cycle de la riposte contre une épidémie

Le cycle de riposte peut s'expliquer comme suit : (1) le *rapport de surveillance* est produit par le BCZS à partir des informations sur les cas suspects transmises par tous les fournisseurs de données sanitaires. Lorsque le nombre de cas suspects dans la ZS atteint le seuil épidémique, (2) l'ordre est donné pour lancer une *enquête d'investigation* par une équipe de riposte rapide (ERR) qui, se servant de la (3) *définition cliniques des cas*, doit enquêter sur les CS et la population de l'Aire de santé concernée pour s'assurer que l'allégation était correcte. L'ERR va *rechercher de nouveaux cas* (4). Elle découvrira les nouveaux *déterminants* de l'épidémie (5) à signaler à la DPS pour réaliser la *riposte*(6).

L'organisation hiérarchique pour la collecte de données dans l'administration de la RDC (cfr § 1.1.1 de l'introduction) est un bon candidat pour un modèle multi-agent car il existe plusieurs types d'agents ayant des objectifs personnels à partager dans le même accomplissement global. Dans notre processus les agents utilisent certaines connaissances et tâches pour atteindre ensemble un objectif principal : collecter des données afin de répondre efficacement à l'épidémie. Le processus modélisé par des agents a été simulé dans la plateforme de simulation MASH, dévéloppé par le laboratoire LCIS. Les étapes permettant de décomposer les éléments du système multi-agent sont présentées dans les paragraphes qui suivent.

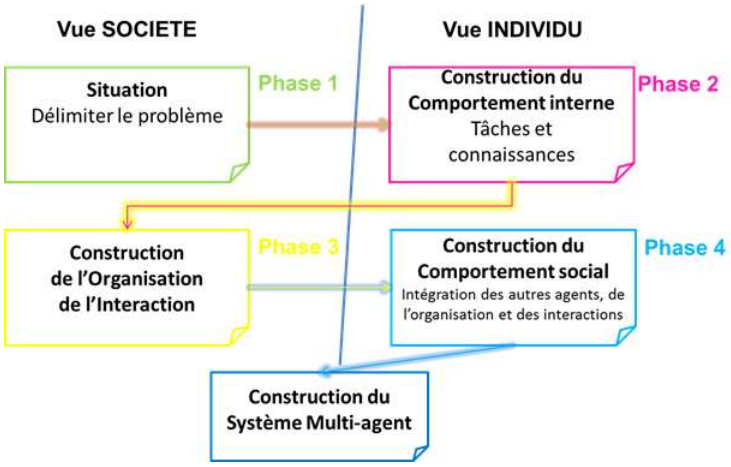


FIGURE 4.9 – Méthodologie pour l'analyse et la représentation d'un système complexe

Tout d'abord, la phase de situation permet de délimiter le pourtour de la société à représenter en définissant les limites du système, les agents et l'environnement (Figure 4.9). Ensuite, la phase purement individuelle concerne le fonctionnement interne des agents. Elle exprime, au niveau individu, le comportement et les

données de l'agent. Pour continuer, la phase sociale définit les relations avec les autres agents, notamment en intégrant à ses connaissances les protocoles de communication et les structures d'informations pour connaître l'organisation de la société. Enfin, la phase de socialisation des individus consiste à intégrer l'agent dans la société en intégrant les influences sociales dans son comportement, soient les réponses possibles induites par les sollicitations de l'extérieur (agents, environnement), le lancement de protocoles d'interaction avec les autres selon son état interne et les choix à faire selon sa position dans l'organisation.

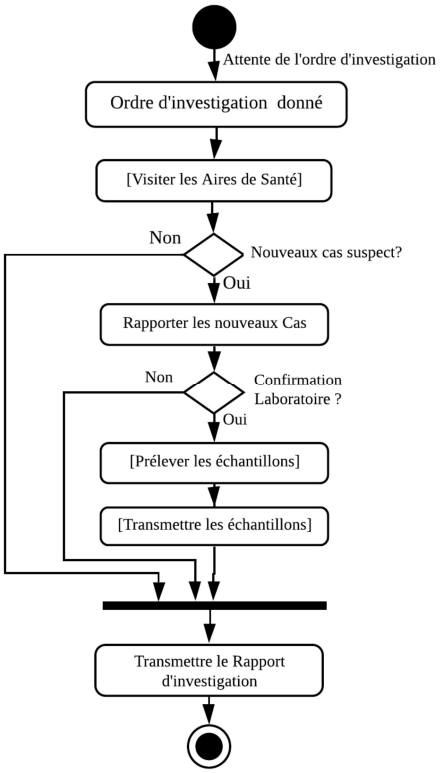


FIGURE 4.10 – Equipe de Réponse Rapide enquête sur une épidémie

Tâches et connaissances des agents : le comportement interne La première étape de cette approche consiste à modéliser en agent tous les acteurs du processus. Dans notre contexte, les agents sont les centres de santé (CS), l'hôpital général de référence (HGR), les zones de santé (ZS), les Divisions Provinciale de la Santé (DPS), toute entité de santé nationale liée aux structures administratives, les ECZS et l'ERR. La figure 4.10 montre le comportement interne de l'ERR qui est l'équipe de personnel métier constituée pour faire l'enquête de terrain sur les cas suspects.

Pour chaque agent, nous établissons toutes leurs compétences, quelles informations seront nécessaires à stocker et à traiter et quelle est la méthode d'acquisition de l'information par l'agent. Cette information devrait être acquise soit directement par la perception (par exemple, l'utilisateur saisit quelque chose) soit sur demande via d'autres agents (hiérarchie supérieure ou agents de même niveau).

Par exemple, l'agent CS a besoin de connaissances sur la liste des maladies à rapporter, les définitions cliniques de chacune, les seuils d'alertes, la liste des centres de santé de son organisation (par exemple tous les centres des aires de centre traversées par une rivière) et les mesures de prise en charge à appliquer. Il s'agit des connaissances intrinsèques de l'agent. Elles vont permettre à l'agent CS, en fonction de son état interne de réaliser les tâches « *cas suspect détecté* », « *alerter les autres* » *ou* « *appliquer riposte* ». Mais il a besoin aussi d'informations sur l'environnement ou sur les autres agents comme la connaissance de sa hiérarchie quelle ECZS doit-il contacter ?

Dans cette étape, nous obtenons pour chaque agent une vision des connaissances pertinentes utiles pour effectuer ses tâches individuelles. Ces informations sont requises pour chaque agent travaillant dans le système. Le résultat est un ensemble de tâches qu'un agent peut effectuer. Ces tâches correspondent aux compétences de chaque agent. Certaines compétences sont faites localement sans avoir besoin d'autres agents. Mais pour atteindre un objectif global, un agent possédant des connaissances partielles peut en demander d'autres aux autres agents pour atteindre son objectif. Ceci se traduit par un comportement coopératif à la place d'un comportement individuel entièrement interne à l'agent. Par exemple, l'agent ECZS recevant une information des cas suspects de la part d'un CS va lancer une tâche pour la vérification du cas en envoyant un message de collaboration à un autre agent (ERR) chargé de la vérification du cas. Ce type de comportement social reflète une interaction entre plusieurs agents : soit pour obtenir des informations, soit pour partager des tâches.

Partage d'informations et interactions entre les agents

Comportement social Dans cette seconde étape, nous avons créé des interactions entre les agents par exemple pour tracer des informations (CS vers ECZS) ou pour recevoir des ordres (ECZS de DPS). Par exemple, l'équipe de terrain ERR reporte le résultat de son investigation à l'ECZS sous la forme d'une simple information. Par contre, l'ECZS réalise une tâche pour constituer une équipe

d'investigation puis lui transmet un ordre pour réaliser l'enquête dans une zone précise.

Ces interactions pourraient se faire entre différents groupes partenaires de même niveau tels que les zones de santé. Dans notre implémentation, nous avions défini des protocoles d'interaction de base pour l'échange de données comme la *réception de message*, des *requêtes /réponses* ou *demande d'ordre* à effectuer une tâche. Pour certaines tâches, telles que des *alertes* pour une zone de santé, il ne s'agit plus d'une simple demande d'information mais d'un comportement coopératif qui met en jeu plusieurs types d'agents.

Lorsqu'un agent a besoin de communiquer avec les autres, il est appelé à utiliser des *protocoles d'interaction*. Nous avons donc besoin d'exprimer comment ce comportement doit se réaliser en définissant un protocole d'interaction plus sophistiqué que la requête/réponse. Divers protocoles sont disponibles pour négocier, donner des ordres, attendre des réponses. Les modèles d'interaction qui régissent ces comportements coopératifs doivent être organisés entre les agents.

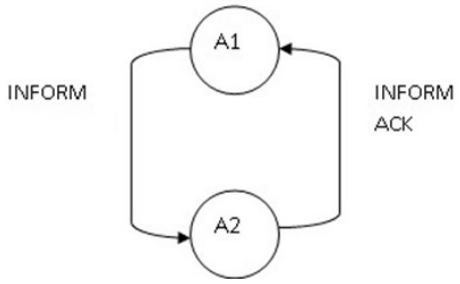


FIGURE 4.11 – Protocole d'intéraction entre agents avec un accusé de réception.

Protocoles d'interaction Le protocole est une partie des connaissances des agents. Les agents possèdent une liste de protocoles qu'ils peuvent initier pour répondre aux autres. On utilise un protocole à deux états (Figure 4.11). Par exemple, l'agent A1 dans l'état S1 lance une instance du protocole P1. L'agent A2 reçoit une sollicitation de l'agent A1 avec les informations performatives de son état S1. A2 connaît le protocole et recherche la transition suivante ; il passe dans l'état S2 et envoie un accusé de réception à l'agent A1. A1 traite le message et la conversation se termine. Les performatifs conformes à l'ACL (FIPA 2002) sont utilisées :

- *RDCMessage.ACL_QUERY_REF* pour question/réponse
- *RDCMessage.ACL_REQUEST* pour l'ordre de réaliser une tâche.
- *RDCMessage.ACL_INFORM* pour information/accuse de réception

Position dans l'organisation Une organisation peut être une hiérarchie ou un groupe simple. On considère la position d'un agent dans l'organisation lorsqu'il initie des interactions avec les autres. La connaissance de l'organisation fait partie des connaissances de l'agent et va influer sur son comportement : le CS va rapporter l'information des cas suspects à l'ECZS plutôt qu'aux Centres de santé des aires de santé voisines. Par exemple dans une organisation plus horizontale, pour alerter les ZS voisines, les agents CS doivent connaître les autres ZS environnantes qui doivent appartenir à un groupe ou une organisation du système multiagent. L'agent peut prendre une décision en fonction de sa position dans ce groupe. La position de l'agent dans l'organisation est intégrée dans la boucle de décision.

Boucle interne de décision de l'agent Les étapes précédentes permettent de déterminer les compétences de l'agent, le comportement complexe de l'agent (interne et social) et les protocoles d'interaction qu'il connait. Avec ces différentes informations, nous pouvons construire la boucle de décision de l'agent. D'une part, un comportement purement individuel s'exécute uniquement avec les connaissances propres de l'agent n'ayant pas besoin d'autres agents pour remplir ses objectifs. D'un autre côté, le comportement social implique des relations entre agents.

En utilisant une approche centrée individu, on définit l'agent au niveau microscopique, puis les interactions avec d'autres agents doivent être intégrées avec le comportement interne dans la boucle de décision de l'agent. Ainsi les comportements individuels et sociaux sont tous deux intégrés dans la boucle de décision interne de l'agent.

Par exemple, l'agent ERR va prendre en compte les symptômes de la maladie du cas suspect, la liste des laboratoires et leurs compétences, et la zone géographique du CS qui a rapporté le cas pour déterminer le laboratoire à qui envoyer les échantillons. Pour assister l'agent ERR, l'outil support au processus pourra proposer un système d'appel d'offre pour le choix du laboratoire afin d'améliorer les temps de réponse et de prendre en compte l'*éloignement* et la *charge de travail* des laboratoires comme critères de décision.

Vu de l'extérieur, d'énormes boucles de décision, qui sont décentralisées dans les différents types d'agents, semblent être synchronisées au niveau du système. Mais en fait, chaque agent décide dans quel état il passe en fonction de ses connaissances et de l'état de ses interactions.

Tâches collaboratives des Agents Les agents collaborent pour atteindre certains objectifs. Pour *investiguer* une aire de santé l'ERR doit attendre un *ordre* de l'ECZS. Ce dernier reçoit des données de santé chaque semaine de CS et vérifie si le *seuil* de la pathologie suivie a été atteint. La même collaboration est nécessaire entre ERR et Aire de Santé, ERR et Laboratoire. Le diagramme de séquence de la figure 4.12 donne un aperçu du type de collaboration trouvée chez les agents concernés pour la réalisation de l'enquête sur une épidémie.

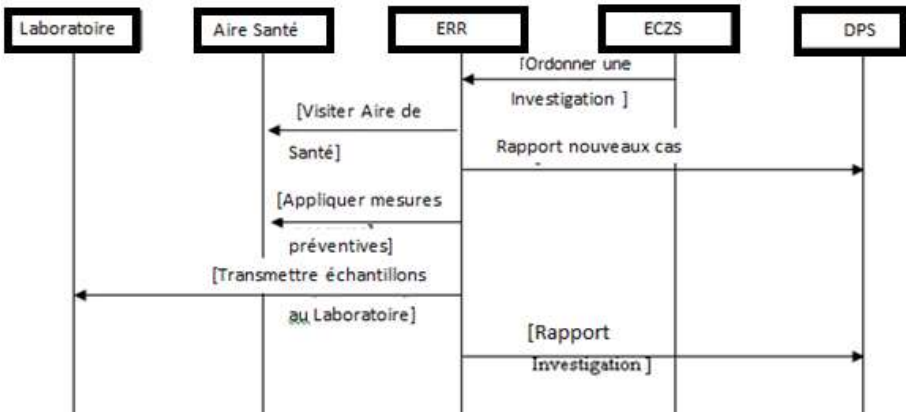


FIGURE 4.12 – Diagramme de séquences d'investigation d'une épidémie.

L'interaction : format des messages Les messages échangés entre agents contiennent l'émetteur et le récepteur, le protocole d'interaction et des données à traiter est de la forme ***[émetteur; récepteur; conversation; performatif; protocole; instance_prot; etatprot; données]***. Les données suivent un format en fonction du performatif.

Pour interagir à travers un message envoyé par un autre agent, un protocole simple est établi. Par exemple, lorsque l'ERR demande à un laboratoire d'effectuer des examens, il doit d'abord vérifier son état pour être convaincu qu'il peut répondre à sa demande. Un protocole avec accusé de réception est utilisé.

Résultats de la simulation MASH MASH étant à l'origine développé pour un système multiagent de capteurs sans fil, nous l'avions adapté pour simuler le fonctionnement des systèmes sociaux. Nous avons choisi une zone géographique à fort potentiel épidémique. L'ancienne province de l'Equateur est une province situé au nord-ouest de la République Démocratique du Congo avant son démembrement en cinq nouvelles provinces. Elle avait enregistré 18% des cas suspects

d'épidémie de choléra en 2016 avec 31% des décès [1] Nous avons choisi deux ZS de Tshuapa pour la simulation : Befale et Boende. Même si elles n'ont pas enregistré d'épidémie de choléra en 2016, elles sont bordées de deux provinces qui ont connu de nombreux décès dus au choléra à la même période et qui sont traversées par plusieurs cours d'eau qui facilitent la propagation d'une maladie comme le choléra si le personnel de santé n'alerte pas la population dès qu'un cas suspect est détecté.

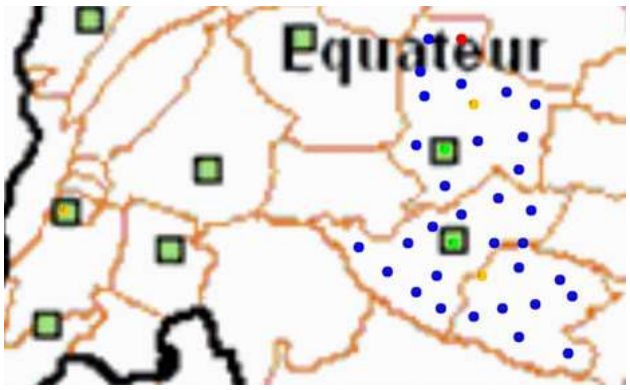


FIGURE 4.13 – Simulation de l'organisation de la riposte à Befale et Boende

La figure 4.13 montre les agents que nous avons simulés dans les deux ZS nommés Befale et Boende. Nous avons considéré trois aires de santé dans les ZS, vingt CS en bleu dépendant de deux ECZS (en jaune un pour chaque ZS) et deux laboratoires médicaux (Labo en carré vert). Le cas suspect détecté dans le CS 6 est en rouge.

Le fichier de trace issu de notre simulation (Tableau 4.3 page suivante) montre la **communication** entre les agents. Les agents sont proactifs : ils effectuent leurs propres tâches comme «*mener une enquête*» et traitent des messages comme «*recevoir un échantillon à analyser*» ou «*envoyer un cas suspect détecté*». Les agents ECZS (1 et 2) sont en attente d'un message de «*cas suspect*» provenant d'agents de type CS. Si le seuil pour la pathologie est atteint, un agent ECZS qui reçoit un tel message crée un agent ERR capable d'enquêter dans les AS sur les cas suspects. L'agent ERR peut envoyer des échantillons à l'agent LaboAgent pendant qu'il recherche de nouveaux cas dans les AS. L'organisation de la riposte à l'épidémie dépend des résultats de l'agent LaboAgent et du rapport d'enquête de l'agent ERR.

Les agents opèrent également de **manière indépendante** : l'agent ERR réalise une enquête complète, l'agent LaboAgent effectue des tests médicaux de qualité et

1. Ministère de la santé de la RDC, "Rapports annuels de surveillance des maladies à potentiel épidémique en RDC 2014-2016," Jan. 2017.

Tableau 4.3 – Trace de simulation de la riposte contre le choléra dans MASH..

Temps	Id	Agent Comportment
01.387	2	ECZS #2 : Achieved Task : ECZS 2 Wait for an Investigation request !
01.486	6	CS#6 : Achieved Task : Suspiscious case detected !
01.489	6	CS#6 : Sent message [6 ;1 ;0 ;1 ;0 ;0 ;0 ; Suspiscious_case_detected 6]
02.874	1	ECZS#1 : Achieved Task : ECZS1 Wait for an Investigation request !
03.577	1	ECZS#1 : Received message [6 ;1 ;0 ;1 ;0 ;0 ;0 ; Suspiscious_case_detected 6]
05.005	1	ECZS#1 : Achieved Task : ECZS 1 Ask ERR#38 for Investigation !
05.005	1	ECZS#1 : Sent message [1 ;38 ;0 ;3 ;0 ;0 ;0 ;Investigation_request 6]
07.463	38	ERR#38 : Achieved Task : Wait for an Investigation !
07.463	38	LABO#18 : Received message [1 ;38 ;0 ;3 ;0 ;0 ;0 ;Investigation_request 6]
07.664	38	ERR#38 : Achieved Task : Go to the CS 6 zone !
07.664	38	ERR#38 : Achieved Task : Conduct the Investigation
07.664	38	ERR#38 : Achieved Task : Reports Suspicious Case : CS 6
07.865	38	ERR#38 : Sent message [38 ;1 ;0 ;1 ;0 ;0 ;0 ;Confirmed_suspiscious_case 6]
07.865	38	ERR#38 : Achieved Task : Collect Samples !
07.865	38	ERR#38 : Achieved Task : Transmit To a Labo !
08.008	38	ERR#38 : Sent message [38 ;3 ;0 ;2 ;0 ;0 ;0 ;Sample_to_analyse 1 38 6]
09.750	3	LABO#1 : Received message [38 ;3 ;0 ;2 ;0 ;0 ;0 ;Sample_to_analyse 1 38 6]
08.262	1	ECZS#1 : Sent message [1 ;37 ;0 ;1 ;0 ;0 ;0 ;Suspiscious_case_detected 6 1]
11.943	38	ERR#38 : Achieved Task : Investigation Reporting by ERR 38about a case at CS 6 !
35.556	38	ERR#38 : Sent message [38 ;1 ;0 ;1 ;0 ;0 ;0 ;Report_investigation 6 38]
35.556	38	ERR#38 : Achieved Task : End Of Mission !
18.555	37	LABO#17 : Received message [1 ;37 ;0 ;1 ;0 ;0 ;0 ;Suspiscious_case_detected 6 1]
37.860	1	ECZS#1 : Received message [38 ;1 ;0 ;1 ;0 ;0 ;0 ;Report_investigation 6 38]
38.116	37	DP#37 : Achieved Task : DP 37 Archives Case concerning CS 6 from ECZS 1
38.212	1	ECZS#1 : Achieved Task : ECZS 1 Prepares response for CS 6
38.796	6	CS#6 : Received message [1 ;6 ;0 ;3 ;0 ;0 ;0 ;Apply_response]
39.186	1	ECZS#1 : Sent message [1 ;6 ;0 ;3 ;0 ;0 ;0 ;Apply_response]
39.631	6	CS#6 : Achieved Task : CS 6 Applies Response !

la DPS traite toutes les informations provenant de l'ECZS sous sa supervision. La synchronisation des messages entre les types d'agents est effectuée dans la boucle de décision des différents agents. Un protocole d'interaction à deux états est utilisé et implémenté à l'aide des performatifs de type KQML. Les états utilisés dans les messages sont **"1"** pour informer (*donner une information*), **"2"** pour *demander une information (une requête)* et **"3"** pour demander la réalisation d'une action (*demander qu'une tâche soit faite*). Les agents communiquent et atteignent leur objectif en réagissant aux messages des autres ou en exécutant leur propre tâche interne en répondant à des requêtes.

Troisième partie

Conclusion et Perspectives

L'expérience prouve que celui qui n'a jamais confiance en personne ne sera jamais déçu.

Léonard De Vinci

Chapitre 5

Conclusion et Perspectives

Ce chapitre présente sommairement le déroulement de notre travail en commençant par nos questions de recherche, les documents de base mis à notre disposition par les commanditaires de notre étude, la revue de la littérature qui nous a fourni la base scientifique de notre approche, le découpage en phases et étapes de notre méthode de gestion des maladies chroniques et pandémiques. Nous concluons notre chapitre par présenter quelques aspects de notre solution que nous comptons approfondir dans l'avenir pour apporter une solution très efficace.

5.1 Conclusion

Notre travail de recherche s'inscrit dans le cadre des besoins de suivi des maladies épidémiques et chroniques exprimés par le Ministère de la Santé de la République du Congo. A l'instar des pays en développement, la RDC a adhéré à la stratégie de l'OMS consistant à fournir un guide technique de surveillance intégrée de maladie et de riposte. Ce document stratégique souffrait de l'absence d'un cadre organisationnel pour appliquer l'ensemble de ses recommandations. C'est ainsi que le Ministère de la Sante de la RDC nous a sollicité pour contribuer à rendre le guide opérationnel.

Les problématiques de notre recherche se résument en trois préoccupations suivantes :

— Peut-on améliorer la qualité de données sanitaires par la mise en place des modèles des processus réutilisables par les personnels de santé pour savoir bien identifier et confirmer des cas d'une pathologie ?

— Est-ce possible de mettre en place une méthode qui fournit des outils d'analyses aux acteurs du secteur pour détecter les facteurs déterminants des épidémies selon leur périodicité, de rapportage des cas tout en gérant leur cohérence dans le temps et dans l'espace ? Le rappel automatique des formations sanitaires en manque de données permet-il d'améliorer tant soi peu leur complétude ?

— Comment l'usage des fragments des méthodes collaboratives axées sur la coopération des acteurs peut améliorer ou optimiser l'anticipation des propagations des maladies épidémiques ?

De la revue de la littérature, nous a sélectionné deux méthodes dont l'extraction de leurs fragments a permis de répondre efficacement à nos questions des recherches. Il s'agit de la méthode d'innovation organisationnelle ADINNOV et de la méthode de gestion de connaissances DOCK.

Nous avions proposé une méthode organisationnelle de gestion des épidémies dénommée CHICKEN qui s'est servi des concepts de deux méthodes précitées pour répondre aux préoccupations des commanditaires de notre étude. Notre méthode s'est décomposée en trois phases indispensables pour garantir le suivi des maladies épidémiques et chroniques à savoir : **la description de la pathologie, la surveillance des données sanitaires et l'organisation de la riposte contre la maladie**. Chacune des étapes se décline elle-même en plusieurs étapes (quatre à six).

Notre première préoccupation a trouvé sa réponse dans l'étape 1.1 et 1.2 de notre méthode car elles offrent la possibilité aux professionnels de santé d'accéder à des informations actualisées de définition et de confirmation des cas d'une pathologie. Grâce aux enregistrements audio logés dans les serveurs des télécoms, il devient facile aux professionnels de santé des milieux ruraux de composer un numéro téléphonique donnant l'accès aux informations utiles pour identifier et confirmer des cas d'une pathologie.

L'étape 2.4 de notre méthode répond à notre deuxième problématique. C'est une étape d'analyse des données sanitaires qui explique aux professionnels de santé les outils pouvant servir à une prise de décision rapide et efficace face à l'avènement des nouveaux cas de santé publique ou à la résurgence des maladies autre fois éradiquées. Cette étape propose des outils de représentation graphique de l'évolution temporelle des données sanitaires à tous les niveaux de la pyramide sanitaire. Dans chacun des trois niveaux de la structure de santé du pays, les

analyses doivent être menées en vue d'une détection précoce des tendances qu'on peut vite corriger par des interventions ponctuelles et urgentes. Le défaut de compétences des acteurs et l'absence des outils appropriés font que le degré d'exigence diffère selon qu'on intervient au niveau périphérique (peu de moyens) ou au niveau national. C'est ainsi que nous avons également proposé aux FOSA la procédure de production manuelle d'un graphique pour une série temporelle. Cette étape contient aussi la cartographie géographique des cas permettant une gestion spatio-temporelle desdits cas. Nous trouvons dans ladite étape un module de demande de correction des données erronées et de rappel automatique aux structures n'ayant pas remonté les données périodiques des pathologies sous surveillance.

Notre troisième préoccupation est satisfaite par les étapes 2.6, 3.2 et 3.4 de notre méthode. La gestion des alertes prévue à l'étape 2.6 offre la possibilité aux structures sanitaires qui enregistrent des cas confirmés des épidémies d'informer rapidement les structures du niveau en dehors des structures hiérarchiques obligatoires. L'organisation de la riposte contre une épidémie (étape 3.2) et son évaluation (étape 3.3) ouvrent la voie à la rétro-information des bonnes pratiques aux acteurs du système sanitaire à tous les niveaux. Ce partage d'informations est très capital pour faire face aux épidémies récurrentes dans diverses contrées du territoire national à des périodes différentes.

La construction de notre méthode a bénéficié de l'appui des chercheurs de l'équipe SIGMA du laboratoire LIG et de ceux du laboratoire LCIS de l'Université Grenoble Alpes pour vérifier la validité des modèles proposés ainsi que les langages de notation utilisés. Quant aux aspects métiers, la méthode a été construite avec les professionnels du Ministère de la Santé de la RDC qui, à travers un séminaire de présentation des étapes de la méthode, ont confirmé la conformité du vocabulaire employé avec leur métier ainsi que la prise en charge effective de tous leurs désidératas exprimés au démarrage de notre recherche. Le niveau national nous a présenté un projet de financement en cours pour la mise en place de la ***surveillance électronique*** des maladies épidémiques. Ce projet est dans l'attente des conclusions de notre recherche.

Bien que nous ayons donné le meilleur de nous-mêmes pour proposer une méthode qui correspond parfaitement aux besoins des commanditaires, nous sommes sûrs d'un fait : l'œuvre humaine est toujours imparfaite donc perfectible. Nous restons à l'écoute de toutes remarques constructives permettant de rendre notre travail toujours plus adapté aux besoins de notre pays.

5.2 Perspectives

Pour nous assurer du bon fonctionnement de notre méthode, nous avions procédé à la simulation du processus de l'organisation de la riposte par les membres de l'équipe de riposte rapide. BIen que cette simulation nous ait produit des résultats prometteurs, nous pensons l'**améliorer de manière à prendre en compte des aspects collaboratifs de notre méthode**. On pourra ajouter à un agent CS des connaissances des autres CS de ses organisations afin de leur signaler les cas suspects ou confirmés. L'agent CS peut avoir dans ses connaissances la liste des laboratoires d'analyses auxquels il pourra envoyer des prélèvements de manière autonome en fonction de leur charge. Dans la simulation, nous intégrerons d'autres critères d'analyse comme le temps de réponse ou la charge des acteurs (nombre de requêtes d'autres acteurs) pour analyser le processus et proposer des améliorations. Cette façon de faire nous produira des scénarios à partir desquels sélectionner les plus optimaux à proposer au système de santé de la RDC en mode dégradé.

En septembre 2017, l'un des opérateurs télécoms installé en RDC avait marqué son accord pour héberger la solution approuvée par les acteurs du ministère de la Santé comme support des données échangées entre les structures sanitaires. Nous comptons relancer ce partenariat dont la mise en œuvre peut **casser la dépendance hiérarchique** qui interdit aux structures du niveau périphérique de partager ses données de santé avec les acteurs de même niveau ou directement avec le niveau central où les décisions sont prises. Comme l'information doit transiter par le niveau intermédiaire, avec des moyens de communication peu commodes, il en résulte une perte de temps considérable en défaveur de la lutte contre la propagation d'une épidémie. Nous simplifierons ou améliorerons la communication et la gestion de l'information en proposant un outil support au processus prenant en compte les **problèmes de multilinguisme**. Le réseau filaire étant peu développé, une approche décentralisée basée sur l'utilisation du réseau de téléphonie mobile est plus adaptée avec un outil déployé sur tablette ou Smartphone. Les résultats de ce partenariat pourraient améliorer l'efficacité de la riposte.

Bibliographie

Abubakar A. A. et al. (1er jan. 2010). « Emergency preparedness and the capability to identify outbreaks : A case study of Sabon Gari Local Government Area, Kaduna state ». In : *Annals of Nigerian Medicine* 4.1, p. 21. ISSN : 0331-3131. DOI : 10.4103/0331-3131.73877. URL : http://www.anmjournal.com/article.asp?issn=0331-3131;year=2010;volume=4;issue=1;spage=21;epage=27;aulast=Abubakar;type=0 (visité le 06/11/2019).

Aker J. C. et Mbiti I. M. (sept. 2010). « Mobile Phones and Economic Development in Africa ». en. In : *Journal of Economic Perspectives* 24.3, p. 207-232. ISSN : 0895-3309. DOI : 10.1257/jep.24.3.207. URL : https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.24.3.207 (visité le 05/02/2018).

Allen L. J. S. (2008). « An Introduction to Stochastic Epidemic Models ». en. In : *Mathematical Epidemiology*. Sous la dir. de J. .-.-M. Morel et al. T. 1945. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, p. 81-130. ISBN : 978-3-540-78910-9 978-3-540-78911-6. DOI : 10.1007/978-3-540-78911-6_3. URL : http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-78911-6_3 (visité le 29/05/2019).

Almagooshi S. (2015). « Simulation Modelling in Healthcare : Challenges and Trends ». In : *Procedia Manufacturing* 3, p. 301-307. ISSN : 23519789. DOI : 10.1016/j.promfg.2015.07.155. URL : http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2351978915001560 (visité le 05/02/2018).

Astagneau P. et Ancelle T. (fév. 2011). *Surveillance épidémiologique : Principes, méthodes et applications en santé publique*. fr. Google-Books-ID : XP6XLAeovXwC. Lavoisier. ISBN : 978-2-257-20426-4.

Bae J. W., Shin K., Lee H. R. et al. (2017). « Evaluation of Disaster Response System Using Agent-Based Model With Geospatial and Medical Details ». In : *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics : Systems* PP.99, p. 1-16. ISSN : 2168-2216. DOI : 10.1109/TSMC.2017.2671340.

Bae J. W., Shin K., Lee H.-R. et al. (2017). « Evaluation of Disaster Response System Using Agent-Based Model With Geospatial and Medical Details ». In : *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics : Systems*, p. 1-16. ISSN : 2168-2216, 2168-2232. DOI : 10.1109/TSMC.2017.2671340. URL : http://ieeexplore.ieee.org/document/7874209/ (visité le 05/02/2018).

Ball F. et al. (mar. 2015). « Seven challenges for metapopulation models of epidemics, including households models ». In : *Epidemics*. Challenges in Modelling Infectious DIsease Dynamics 10, p. 63-67. ISSN : 1755-4365. DOI : 10.1016/

j.epidem.2014.08.001. URL : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175543651400036X (visité le 07/06/2019).

Barjis J. (mar. 2008). « The importance of business process modeling in software systems design ». In : *Science of Computer Programming* 71.1, p. 73-87. ISSN : 01676423. DOI : 10.1016/j.scico.2008.01.002. URL : http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167642308000038 (visité le 27/02/2018).

— (1er fév. 2011). « Healthcare Simulation and its Potential Areas and Future Trends ». In : *SCS M&S Magazine* 2.

Becker N. G. et Dietz K. (juin 1995). « The effect of household distribution on transmission and control of highly infectious diseases ». In : *Mathematical Biosciences* 127.2, p. 207-219. ISSN : 0025-5564. DOI : 10.1016/0025-5564(94)00055-5. URL : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0025556494000555 (visité le 07/06/2019).

Bengtsson L. et al. (2011). « Improved Response to Disasters and Outbreaks by Tracking Population Movements with Mobile Phone Network Data : A Post-Earthquake Geospatial Study in Haiti ». In : *PLoS Med* 8.8, p. 1-9. DOI : 10.1371/journal.pmed.1001083. URL : http://dx.doi.org/10.1371%2Fjournal.pmed.1001083.

Beratarrechea A. et al. (nov. 2013). « The Impact of Mobile Health Interventions on Chronic Disease Outcomes in Developing Countries : A Systematic Review ». In : *Telemedicine and e-Health* 20.1, p. 75-82. ISSN : 1530-5627. DOI : 10.1089/tmj.2012.0328. URL : https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/tmj.2012.0328 (visité le 19/04/2019).

Bergenti F., Poggi A. et Tomaiuolo M. (2013). « Using Multi-Agent Systems to Support e-Health Services ». en. In : *Handbook of Research on ICTs for Human-Centered Healthcare and Social Care Services*, p. 549-567. DOI : 10.4018/978-1-4666-3986-7.ch029. URL : https://www.igi-global.com/chapter/using-multi-agent-systems-support/77162 (visité le 27/02/2018).

— (2016). « Multi-Agent Systems for E-Health and Telemedicine ». en. In : *Encyclopedia of E-Health and Telemedicine*, p. 688-699. DOI : 10.4018/978-1-4666-9978-6.ch053. URL : https://www.igi-global.com/chapter/multi-agent-systems-for-e-health-and-telemedicine/151995 (visité le 27/02/2018).

Brauer F. (2008). « Compartmental Models in Epidemiology ». en. In : *Mathematical Epidemiology*. Sous la dir. de J. .-.-M. Morel et al. T. 1945. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, p. 19-79. ISBN : 978-3-540-78910-9 978-3-540-78911-6. DOI : 10.1007/978-3-540-78911-6_2. URL : http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-78911-6_2 (visité le 29/05/2019).

Brazier F. M. T. et al. (mar. 1997). « Desire : Modelling Multi-Agent Systems in a Compositional Formal Framework ». In : *International Journal of Cooperative Information Systems* 06.01, p. 67-94. ISSN : 0218-8430. DOI : 10.1142/S0218843097000069. URL : https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0218843097000069 (visité le 12/06/2018).

Brinkel J. et al. (nov. 2014). « Mobile Phone-Based mHealth Approaches for Public Health Surveillance in Sub-Saharan Africa : A Systematic Review ». en.

In : *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11.11, p. 11559-11582. DOI : 10.3390/ijerph111111559. URL : https://www.mdpi.com/1660-4601/11/11/11559 (visité le 19/04/2019).

BULLEN C. (juil. 2008). « Impact of tobacco smoking and smoking cessation on cardiovascular risk and disease ». en. In : *Expert Review of Cardiovascular Therapy* 6.6, p. 883-895. ISSN : 1477-9072, 1744-8344. DOI : 10.1586/14779072.6.6.883. URL : http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1586/14779072.6.6.883 (visité le 22/08/2019).

CHAHED M. K. et al. (2001). « Réceptivité de la Tunisie au paludisme apres son eradication : Analyse de la situation pour une adéquation de la surveillance ». In : *Bull Soc Pathol Exot* 94.3, p. 271-6.

CHOISY M., GUGAN J.-F. et ROHANI P. (juil. 2007). « Mathematical Modeling of Infectious Diseases Dynamics ». en. In : *Encyclopedia of Infectious Diseases*. Sous la dir. de M. TIBAYRENC. Hoboken, NJ, USA : John Wiley & Sons, Inc., p. 379-404. ISBN : 978-0-470-11420-9 978-0-471-65732-3. DOI : 10.1002/9780470114209.ch22. URL : http://doi.wiley.com/10.1002/9780470114209.ch22 (visité le 27/05/2019).

COLEMAN M. et al. (27 avr. 2008). « Evaluation of an operational malaria outbreak identification and response system in Mpumalanga Province, South Africa ». In : *Malaria Journal* 7.1, p. 69. ISSN : 1475-2875. DOI : 10.1186/1475-2875-7-69. URL : https://doi.org/10.1186/1475-2875-7-69 (visité le 18/11/2019).

CONDORCET N. de (1847). « Discours prononcé à l'Assemblée Nationale au nom de l'Académie des Sciences à la séance du 12 juin 1790 ». In : *Œuvres de Condorcet*. Sous la dir. d'A. O'CONNOR et F. ARAGO. T. 1. Paris : Firmin Didot Frères, p. 508-511. URL : http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k58105584.

CORTES-CORNAX M., RIEU D., VERDIER C. et FOREST F. (2016). « ADInnov : An Intentional Method to Instil Innovation in Socio-Technical Ecosystems ». In : *International Conference on Advanced Information Systems Engineering*. Springer, p. 133-148.

CORTES-CORNAX M., RIEU D., VERDIER C., FRONT A. et al. (2015). « A Method to Analyze, Diagnose and Propose Innovations for Complex Ecosystems : The InnoServ Project ». In : *Advances in Conceptual Modeling*. Sous la dir. de M. A. JEUSFELD et K. KARLAPALEM. Lecture Notes in Computer Science. Cham : Springer International Publishing, p. 38-48. ISBN : 978-3-319-25747-1. DOI : 10.1007/978-3-319-25747-1_4.

CRAWFORD J. et al. (fév. 2014). « SMS versus voice messaging to deliver MNCH communication in rural Malawi : assessment of delivery success and user experience ». en. In : *Global Health : Science and Practice* 2.1, p. 35-46. ISSN : 2169-575X. DOI : 10.9745/GHSP-D-13-00155. URL : http://www.ghspjournal.org/lookup/doi/10.9745/GHSP-D-13-00155 (visité le 12/11/2018).

DABIS F. et DESENCLOS J.-C. (jan. 2017). *Epidémiologie de terrain (2e édition) : Méthodes et applications*. fr. Google-Books-ID : hpYuDwAAQBAJ. John Libbey Eurotext. ISBN : 978-2-7420-1528-3.

Daley D. J. et Gani J. (28 mai 2001). *Epidemic Modelling : An Introduction*. Google-Books-ID : DFrxpZHdz9UC. Cambridge University Press. 230 p. isbn : 978-0-521-01467-0.

DeLoach S. A. (avr. 2001). *Analysis and Design using MaSE and agentTool*. en. Rapp. tech. AIR FORCE INST OF TECH WRIGHT-PATTERSON AFB OH SCHOOL OF ENGINEERING, MANAGEMENT, AIR FORCE INST OF TECH WRIGHT-PATTERSON AFB OH SCHOOL OF ENGINEERING et MANAGEMENT. url : http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA448191 (visité le 12/06/2018).

Demazeau Y. (2001). « Voyelles ». In : *Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, INP Grenoble*.

Deneckère R. et al. (fév. 2014). « Famille de méthodes : la flexibilité au cœur du processus de construction de méthode ». fr. In : *Ingénierie des systèmes d'information* 19.1, p. 67-95. issn : 16331311. doi : 10.3166/isi.19.1.67-95. url : http://isi.revuesonline.com/article.jsp?articleId=18306 (visité le 15/04/2019).

Diallo O. et al. (oct. 2012). « Recours aux SMS pour convoquer les mères aux séances de vaccination à Bobo-Dioulasso ». fr. In : *Bulletin de la Société de pathologie exotique* 105.4, p. 291-295. issn : 0037-9085, 1961-9049. doi : 10.1007/s13149-012-0236-y. url : http://link.springer.com/10.1007/s13149-012-0236-y (visité le 12/11/2018).

Diekmann O., Heesterbeek H. et Britton T. (nov. 2012). *Mathematical Tools for Understanding Infectious Disease Dynamics*. en. Google-Books-ID : XbntAQAAQBAJ. Princeton University Press. isbn : 978-1-4008-4562-0.

Drabo K. M. et al. (2015). « Gestion de l'information au cours de la surveillance des Paralysies Flasques Aiguës au Burkina Faso ». In : *Sante Publique* Vol. 27.6, p. 855-861. issn : 0995-3914. url : https://www.cairn.info/revue-sante-publique-2015-6-page-855.htm (visité le 22/11/2019).

Driessche P. van den (2008). « Deterministic Compartmental Models : Extensions of Basic Models ». In : *Mathematical Epidemiology*. Sous la dir. de F. Brauer, P. van den Driessche et J. Wu. Lecture Notes in Mathematics. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, p. 147-157. isbn : 978-3-540-78911-6. doi : 10.1007/978-3-540-78911-6_5. url : https://doi.org/10.1007/978-3-540-78911-6_5 (visité le 27/05/2019).

Du Z. et al. (27 avr. 2018). « Urban contact structures for epidemic simulations : Correcting biases in data-driven approaches ». In : *arXiv :1804.10644 [physics]*. arXiv : 1804.10644. url : http://arxiv.org/abs/1804.10644 (visité le 07/06/2019).

Duan W. et al. (oct. 2015). « Mathematical and computational approaches to epidemic modeling : a comprehensive review ». In : *Frontiers of Computer Science* 9.5, p. 806-826. issn : 2095-2228, 2095-2236. doi : 10.1007/s11704-014-3369-2. url : http://link.springer.com/10.1007/s11704-014-3369-2 (visité le 29/05/2019).

Ehrig K., Küster J. M. et Taentzer G. (1er sept. 2009). « Generating instance models from meta models ». In : *Software & Systems Modeling* 8.4, p. 479-

500. ISSN : 1619-1374. DOI : 10.1007/s10270-008-0095-y. URL : https://doi.org/10.1007/s10270-008-0095-y (visité le 12/02/2020).

Einstein A. et al. (1923). *The Principle of Relativity*. London : Methuen.

Fatima Zohra Younsi (2016). « Mise en place d'un Système d'Information Décisionnel pour le Suivi et la Prévention des Epidémies ». fr. In : p. 148.

Feldmann V. (2003). « Mobile overtakes Internet : Implications for Policy and Regulation ». In : *takes Internet : Implications for Policy and Regulation. International Telecommjunications Union 2003 :1-39*. URL : http://www.itu.int/osg/spu/ni/mobileovertakes/Resources/Mobileovertakes_Paper.pdf.

Ferrer-Roca O. et al. (2004). « Mobile phone text messaging in the management of diabetes ». eng. In : *Journal of Telemedicine and Telecare* 10.5, p. 282-285. ISSN : 1357-633X. DOI : 10.1258/1357633042026341.

Filar J. A. et Krawczyk J. B. (sept. 2009). *MATHEMATICAL MODELS – Volume III*. en. Google-Books-ID : g0l8DAAAQBAJ. EOLSS Publications. ISBN : 978-1-84826-244-7.

Funk S. et al. (1er mar. 2018). « Real-time forecasting of infectious disease dynamics with a stochastic semi-mechanistic model ». In : *Epidemics*. The RAPIDD Ebola Forecasting Challenge 22, p. 56-61. ISSN : 1755-4365. DOI : 10.1016/j.epidem.2016.11.003. URL : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755436516300445 (visité le 29/05/2019).

Garrib A. et al. (1er jan. 2008). « An evaluation of the District Health Information System in rural South Africa ». In : *South African Medical Journal* 98.7, p. 549–552-552. ISSN : 0256-95749. URL : https://www.ajol.info/index.php/samj/article/view/13926 (visité le 22/11/2019).

Girodon J. et al. (nov. 2012). « KROM : An Organizational Meta-Model Oriented to Knowledge : A Case from Ophthalmic Industry ». In : *2012 Eighth International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems*. 2012 Eighth International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems. ISSN : null, p. 845-851. DOI : 10.1109/SITIS.2012.127.

Girond F. et al. (fév. 2017). « Analysing trends and forecasting malaria epidemics in Madagascar using a sentinel surveillance network : a web-based application ». In : *Malaria Journal* 16.1, p. 72. ISSN : 1475-2875. DOI : 10.1186/s12936-017-1728-9. URL : https://doi.org/10.1186/s12936-017-1728-9 (visité le 19/06/2019).

Grais R. et al. (6 jan. 2008). « Time is of the essence : exploring a measles outbreak response vaccination in Niamey, Niger ». In : *Journal of The Royal Society Interface* 5.18, p. 67-74. ISSN : 1742-5689, 1742-5662. DOI : 10.1098/rsif.2007.1038. URL : https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsif.2007.1038 (visité le 17/10/2019).

Greenberg A. (2005). « ICTs for Poverty Alleviation : Basic Tool and Enabling Sector ». en, net. In : URL : http://ictlogy.net/bibliography/reports/projects.php?idp=325 (visité le 26/02/2018).

Hamer W. (1906). « Epidemic diseases in England—the evidence of variability and of persistency of type ». In : *Lancet*, vol. 1 (pg. 733-739).

Han B.-M. et al. (fév. 2006). « Multi-agent system based efficient healthcare service ». In : *2006 8th International Conference Advanced Communication Technology*. T. 1, 5 pp.-51. doi : 10.1109/ICACT.2006.205916.

Hanski I. et Hanski P. i. t. D. o. E. S̃. I. (18 mar. 1999). *Metapopulation Ecology*. Google-Books-ID : jsk4Nt_8X8sC. OUP Oxford. 332 p. isbn : 978-0-19-854065-6.

Hasvold P. E. et Wootton R. (oct. 2011). « Use of telephone and SMS reminders to improve attendance at hospital appointments : a systematic review ». In : *Journal of Telemedicine and Telecare* 17.7, p. 358-364. issn : 1357-633X. doi : 10.1258/jtt.2011.110707. url : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3188816/ (visité le 27/02/2018).

House T. et Keeling M. J. (mai 2008). « Deterministic epidemic models with explicit household structure ». In : *Mathematical Biosciences* 213.1, p. 29-39. issn : 0025-5564. doi : 10.1016/j.mbs.2008.01.011. url : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025556408000199 (visité le 07/06/2019).

Jahan S. et al. (1er déc. 2008). « Measles outbreak in Qassim, Saudi Arabia 2007 : epidemiology and evaluation of outbreak response ». In : *Journal of Public Health* 30.4, p. 384-390. issn : 1741-3842. doi : 10.1093/pubmed/fdn070. url : https://academic.oup.com/jpubhealth/article/30/4/384/1511300 (visité le 18/11/2019).

Jaiswal P. et Pavlovski C. J. (2004). « VOICE-TO-TEXT REDUCTION FOR REAL TIME IM/CHAT/SMS ». en.

Jamont J.-P. et Occello M. (2007). « Designing embedded collective systems : The DIAMOND multiagent method ». In : *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence - ICTAI 07*. Patras, Greece : IEEE Computer Society, p. 91-94. url : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00201573 (visité le 27/02/2018).

— (2009). « A Multiagent Tool to Simulate Hybrid Real/Virtual Embedded Agent Societies ». In : *Proceedings of the 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Volume 02*. WI-IAT '09. Washington, DC, USA : IEEE Computer Society, p. 501-504. isbn : 978-0-7695-3801-3. doi : 10.1109/WI-IAT.2009.202. url : http://dx.doi.org/10.1109/WI-IAT.2009.202 (visité le 27/02/2018).

Jemal H. et al. (fév. 2015). « A Multi Agent System for Hospital Organization ». In : *International Journal of Machine Learning and Computing* 5.1, p. 51-56. issn : 20103700. doi : 10.7763/IJMLC.2015.V5.482. url : http://www.ijmlc.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=49&id=537 (visité le 27/02/2018).

Jinadu K. A. et al. (2018). « Integrated disease surveillance and response strategy for epidemic prone diseases at the primary health care (PHC) level in Oyo State, Nigeria : what do health care workers know and feel? » eng. In : *The Pan African Medical Journal* 31, p. 19. issn : 1937-8688. doi : 10.11604/pamj.2018.31.19.15828.

Joseph Wu T.-S. et al. (2018). « Integrated Disease Surveillance and Response (IDSR) in Malawi : Implementation gaps and challenges for timely alert ». eng. In : *PloS One* 13.11, e0200858. ISSN : 1932-6203. DOI : 10.1371/journal.pone.0200858.

Kaplan W. A. (mai 2006). « Can the ubiquitous power of mobile phones be used to improve health outcomes in developing countries ? » In : *Globalization and Health* 2, p. 9. ISSN : 1744-8603. DOI : 10.1186/1744-8603-2-9. URL : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1524730/ (visité le 10/09/2018).

Kasolo F. et al. (sept. 2013). « IDSR as a Platform for Implementing IHR in African Countries ». In : *Biosecurity and Bioterrorism : Biodefense Strategy, Practice, and Science* 11.3, p. 163-169. ISSN : 1538-7135. DOI : 10.1089/bsp.2013.0032. URL : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3779000/ (visité le 24/04/2019).

Keeling M. J. et Danon L. (déc. 2009). « Mathematical modelling of infectious diseases ». en. In : *British Medical Bulletin* 92.1, p. 33-42. ISSN : 0007-1420. DOI : 10.1093/bmb/ldp038. URL : https://academic.oup.com/bmb/article/92/1/33/333536 (visité le 27/05/2019).

Kermack William Ogilvy, McKendrick A. G. et Walker Gilbert Thomas (août 1927). « A contribution to the mathematical theory of epidemics ». In : *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character* 115.772, p. 700-721. DOI : 10.1098/rspa.1927.0118. URL : https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspa.1927.0118 (visité le 27/05/2019).

Kinny D., Georgeff M. et Rao A. (jan. 1996). « A methodology and modelling technique for systems of BDI agents ». en. In : *Agents Breaking Away*. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 56-71. ISBN : 978-3-540-60852-3 978-3-540-49621-2. DOI : 10.1007/BFb0031846. URL : https://link.springer.com/chapter/10.1007/BFb0031846 (visité le 12/06/2018).

Knuth D. E. (1963). « Finite semifields and projective planes ». Thèse de doct. California Institute of Technology.

Kohli S. et al. (déc. 1995). « Distance from the Primary Health Center : A GIS method to study geographical access to health care ». en. In : *Journal of Medical Systems* 19.6, p. 425-436. ISSN : 1573-689X. DOI : 10.1007/BF02260846. URL : https://doi.org/10.1007/BF02260846 (visité le 11/06/2019).

Kothari A. et al. (juil. 2011). « Lessons from the business sector for successful knowledge management in health care : A systematic review ». In : *BMC Health Services Research* 11.1, p. 173. ISSN : 1472-6963. DOI : 10.1186/1472-6963-11-173. URL : https://doi.org/10.1186/1472-6963-11-173 (visité le 25/04/2019).

Koutkias V. G., Chouvarda I. et Maglaveras N. (déc. 2005). « A multiagent system enhancing home-care health services for chronic disease management ». In : *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 9.4, p. 528-537. ISSN : 1089-7771. DOI : 10.1109/TITB.2005.847511.

Kuskorn W. et Lekcharoen S. (déc. 2009). « An Adaptive Translation of Class Diagram to Relational Database ». In : *2009 International Conference on Information and Multimedia Technology*. 2009 International Conference on Information and Multimedia Technology. ISSN : null, p. 144-148. DOI : 10.1109/ICIMT.2009.56.

Lamine E. et al. (2010). « A System Architecture Supporting the Agile Coordination of Homecare Services ». In : *Collaborative Networks for a Sustainable World : 11th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2010, St. Etienne, France, October 11-13, 2010. Proceedings*. Sous la dir. de L. M. Camarinha-Matos, X. Boucher et H. Afsarmanesh. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, p. 227-234. ISBN : 978-3-642-15961-9. URL : http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-15961-9_27.

Lamsweerde A. v. (août 2001). « Goal-oriented requirements engineering : a guided tour ». In : *Proceedings Fifth IEEE International Symposium on Requirements Engineering*, p. 249-262. DOI : 10.1109/ISRE.2001.948567.

Langmuir A. (1963). *The Surveillance of Communicable Diseases of National Importance | NEJM*. en. URL : https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM196301242680405 (visité le 17/06/2019).

Lester R. T. et al. (nov. 2010). « Effects of a mobile phone short message service on antiretroviral treatment adherence in Kenya (WelTel Kenya1) : a randomised trial ». eng. In : *Lancet (London, England)* 376.9755, p. 1838-1845. ISSN : 1474-547X. DOI : 10.1016/S0140-6736(10)61997-6.

Levins R. (sept. 1969). « Some Demographic and Genetic Consequences of Environmental Heterogeneity for Biological Control ». en. In : *Bulletin of the Entomological Society of America* 15.3, p. 237-240. ISSN : 0013-8754. DOI : 10.1093/besa/15.3.237. URL : https://academic.oup.com/ae/article/15/3/237/255899 (visité le 07/06/2019).

Lombardo J. et al. (2003). « A systems overview of the Electronic Surveillance System for the Early Notification of Community-Based Epidemics (ESSENCE II) ». en. In : p. 11.

Mea V. D. (mar. 2001). « Agents acting and moving in healthcare scenario - a paradigm for telemedical collaboration ». In : *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 5.1, p. 10-13. ISSN : 1089-7771. DOI : 10.1109/4233.908354.

Meankaew P. et al. (août 2010). « Application of mobile-technology for disease and treatment monitoring of malaria in the "Better Border Healthcare Programme" ». eng. In : *Malaria Journal* 9, p. 237. ISSN : 1475-2875. DOI : 10.1186/1475-2875-9-237.

Mercier A. et al. (déc. 2013). « Solutions multi-agents pour la prise en charge à domicile des séniors ». In : *Ingénierie des systèmes d'information* 18.6, p. 83-112. ISSN : 16331311. DOI : 10.3166/isi.18.6.83-112. URL : http://isi.revuesonline.com/article.jsp?articleId=19102 (visité le 27/02/2018).

Ministère de la Santé, RDC (2011). *Guide Technique pour la surveillance intégrée de la maladie et riposte*. URL : http://www.luttecontrelamaladie.org/bvf/GUIDE%20SMIR.pdf (visité le 26/02/2018).

Mirbel I. et Ralyté J. (mar. 2006). « Situational method engineering : combining assembly-based and roadmap-driven approaches ». en. In : *Requirements Engineering* 11.1, p. 58-78. issn : 1432-010X. doi : 10.1007/s00766-005-0019-0. url : https://doi.org/10.1007/s00766-005-0019-0 (visité le 22/04/2019).

Monticolo D., Gabriel A. et Chavez Barrios P. (28 avr. 2018). « Une approche de conception de systèmes multi-agents dédiés à la gestion des connaissances ». In : *Ingénierie des systèmes d'information* 23.2, p. 61-88. issn : 16331311. doi : 10.3166/isi.23.2.61-88. url : https://isi.revuesonline.com/article.jsp?articleId=39847 (visité le 05/03/2020).

Movahedian F. (2017). *A participative method for knowledge elicitation in collaborative innovation projects - IEEE Conference Publication*. url : https://ieeexplore-ieee-org.gaelnomade-2.grenet.fr/document/7956543 (visité le 17/04/2019).

Muhemedi S. et al. (2017). « [Evolution of the National Health Information System in the Democratic Republic of the Congo between 2009 and 2015]. » In : *The Pan African medical journal* 28, p. 225-225. issn : 1937-8688. doi : 10.11604/pamj.2017.28.225.13894. url : https://europepmc.org/articles/PMC5881558/ (visité le 22/11/2019).

Mutale W. et al. (2013). « Improving health information systems for decision making across five sub-Saharan African countries : implementation strategies from the African Health Initiative ». In : *BMC health services research* 13.2, S9.

Nakiire L. et al. (13 fév. 2019). « Healthcare workers' experiences regarding scaling up of training on integrated disease surveillance and response (IDSR) in Uganda, 2016 : cross sectional qualitative study ». In : *BMC health services research* 19.1, p. 117. issn : 1472-6963. doi : 10.1186/s12913-019-3923-6.

Nijeweme-d'Hollosy W. O. et al. (2016). « Design of a Web-based Clinical Decision Support System for Guiding Patients with Low Back Pain to the Best Next Step in Primary Healthcare : » in : SCITEPRESS - Science, p. 229-239. isbn : 978-989-758-170-0. doi : 10.5220/0005662102290239. url : http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0005662102290239 (visité le 27/02/2018).

Nom P. (2012). *Titre du rapport technique*. Rapp. tech. Institution où le rapport a vu le jour.

Nsubuga P. et al. (2010). « Implementing Integrated Disease Surveillance and Response : Four African countries' experience, 1998-2005 ». In : *Global Public Health* 5.4, p. 364-380. issn : 1744-1706. doi : 10.1080/17441690903334943.

Oladele D. A. et al. (1er oct. 2012). « An assessment of the emergency response among health workers involved in the 2010 cholera outbreak in northern Nigeria ». In : *Journal of Infection and Public Health* 5.5, p. 346-353. issn : 1876-0341. doi : 10.1016/j.jiph.2012.06.004. url : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876034112000895 (visité le 18/11/2019).

Organización Mundial de la Salud (2014). *World health statistics 2014*. English. OCLC : 932789520. Geneva : World Health Organization. isbn : 978-92-4-156471-7.

Organization W. H. (2013). *Oral Health Surveys : Basic Methods*. Google-Books-ID : 8rEXDAAAQBAJ. World Health Organization. 136 p. isbn : 978-92-4-154864-9.

Ostfeld R. S., Glass G. E. et Keesing F. (juin 2005). « Spatial epidemiology : an emerging (or re-emerging) discipline ». In : *Trends in Ecology & Evolution*. SPECIAL ISSUE : BUMPER BOOK REVIEW 20.6, p. 328-336. issn : 0169-5347. doi : 10.1016/j.tree.2005.03.009. url : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534705000716 (visité le 11/06/2019).

Padgham L. et Winikoff M. (juil. 2002). « Prometheus : A Methodology for Developing Intelligent Agents ». en. In : *Agent-Oriented Software Engineering III*. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 174-185. isbn : 978-3-540-00713-5 978-3-540-36540-2. doi : 10.1007/3-540-36540-0_14. url : https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-36540-0_14 (visité le 12/06/2018).

Palaniyandi M. (2014). « The environmental aspects of dengue and chikungunya outbreaks in India : GIS for epidemic control ». en. In : 1.2, p. 6.

Pandian C. M. (jan. 2012). « Adressing voice SMS to messages ». en.

Paquet C. et al. (1er déc. 2006). « Epidemic intelligence : a new framework for strengthening disease surveillance in Europe ». In : *Eurosurveillance* 11.12, p. 5-6. issn : 1560-7917. doi : 10.2807/esm.11.12.00665-en. url : http://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/esm.11.12.00665-en (visité le 11/06/2019).

Pascoe L. et al. (2012). « Collecting Integrated Disease Surveillance and Response Data through Mobile Phones ». en. In : p. 6.

Poincaré H. (1874). « Démonstration nouvelle des propriétés de l'indicatrice d'une surface ». In : *Annales de Mathématiques* 13, p. 449-456.

Programme des Nations Unies pour le Développement (5 avr. 2018). *Rapport sur le développement humain 2016*. url : http://hdr.undp.org/sites/default/files/HDR2016_FR_Overview_Web.pdf (visité le 05/04/2018).

Ralyté J. et Rolland C. (2001). « An Approach for Method Reengineering ». en. In : *Conceptual Modeling — ER 2001*. Sous la dir. de H. S.Kunii, S. Jajodia et A. Sølvberg. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, p. 471-484. isbn : 978-3-540-45581-3.

Rao A. S. et Georgeff M. P. (1995). « BDI Agents : From Theory to Practice ». en. In : p. 8.

Rawson J. V. et Moretz J. (1er déc. 2016). « Patient- and Family-Centered Care : A Primer ». In : *Journal of the American College of Radiology*. Special Issue : Patient- and Family-Centered Care 13.12, p. 1544-1549. issn : 1546-1440. doi : 10.1016/j.jacr.2016.09.003. url : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1546144016308894 (visité le 21/08/2019).

Riley L. et al. (jan. 2016). « The World Health Organization STEPwise Approach to Noncommunicable Disease Risk-Factor Surveillance : Methods, Challenges, and Opportunities ». In : *American Journal of Public Health* 106.1, p. 74-78. issn : 0090-0036. doi : 10.2105/AJPH.2015.302962. url : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4695948/ (visité le 31/07/2019).

Rolland C. (2007). « Capturing System Intentionality with Maps ». en. In : *Conceptual Modelling in Information Systems Engineering*. Sous la dir. de J. Krogstie, A. L. Opdahl et S. Brinkkemper. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, p. 141-158. isbn : 978-3-540-72677-7. doi : 10.1007/978-3-540-72677-7_9. url : https://doi.org/10.1007/978-3-540-72677-7_9 (visité le 12/06/2019).

Sabrina Zefouni (p. d.). « Design and Evolution of Home-care Workflows using Ontologies and Model Transformations. » In : (). url : http://dblp.uni-trier.de/pers/hd/z/Zefouni:Sabrina.

Salami L., Ouendo E.-M. et Fayomi B. (1er jan. 2017). « Qualité du système d'information et de suivi des interventions en santé dans les zones exposées au financement basé sur les résultats en 2014 au Bénin ». In : *Pan African Medical Journal* 28.1. issn : 1937-8688. url : https://www.ajol.info/index.php/pamj/article/view/167140 (visité le 22/11/2019).

Shakshuki E. et Reid M. (1er jan. 2015). « Multi-Agent System Applications in Healthcare : Current Technology and Future Roadmap ». In : *Procedia Computer Science*. The 6th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT-2015), the 5th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT-2015) 52, p. 252-261. issn : 1877-0509. doi : 10.1016/j.procs.2015.05.071. url : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915008716 (visité le 27/02/2018).

Smaradottir B. et al. (fév. 2016). « Usability Evaluation of a Collaborative Health Information System- Lessons from a User-centred Design Process ». In : doi : 10.5220/0005703603060313.

Thorpe L. et al. (sept. 2011). « Using GIS-Based Density Maps of HIV Surveillance Data to Identify Previously Unrecognized Geographic Foci of HIV Burden in an Urban Epidemic ». en. In : *Public Health Reports* 126.5, p. 741-749. issn : 0033-3549. doi : 10.1177/003335491112600517. url : https://doi.org/10.1177/003335491112600517 (visité le 11/06/2019).

Tomlinson M. et al. (déc. 2009). « The use of mobile phones as a data collection tool : A report from a household survey in South Africa ». In : *BMC Medical Informatics and Decision Making* 9.1, p. 51. issn : 1472-6947. doi : 10.1186/1472-6947-9-51. url : https://doi.org/10.1186/1472-6947-9-51 (visité le 10/09/2018).

Tsui F.-C. et al. (sept. 2003). « Technical Description of RODS : A Real-time Public Health Surveillance System ». en. In : *Journal of the American Medical Informatics Association* 10.5, p. 399-408. issn : 1067-5027. doi : 10.1197/jamia.M1345. url : https://academic.oup.com/jamia/article/10/5/399/784641 (visité le 01/08/2019).

User's Guide for the amsmath Package (25 fév. 2002). American Mathematical Society.

Valleron A.-J. (mai 2000). « Les rôles de la modélisation en épidémiologie ». In : *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie* 323.5, p. 429-433. issn : 0764-4469. doi : 10.1016/S0764-4469(00)

00153-0. URL : http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0764446900001530 (visité le 23/05/2019).

Vuori P. (2006). « SHORT VOICE MESSAGE (SVM) SERVICE ». en. URL : https://patentimages.storage.googleapis.com/ed/d8/88/4547e122855837/US6990180.pdf.

Ward J., Hildebrandt C. et Patel A. (mai 2017). « NEDSS Base System (NBS) : Electronic Data Exchange and Workflow Decision Support ». In : *Online Journal of Public Health Informatics* 9.1. ISSN : 1947-2579. DOI : 10.5210/ojphi.v9i1.7625. URL : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5462203/ (visité le 01/08/2019).

Weber A. (2007). « Modélisation et Gestion de Flux par Systèmes Multiagents : Application à un système d'aide à la décision en épidémiologie ». PhD Thesis. Ecole Centrale de Lille.

Weiss G. (1999). *Multiagent Systems : A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. en. Google-Books-ID : JYcznFCN3xcC. MIT Press. ISBN : 978-0-262-73131-7.

Wooldridge M., Jennings N. R. et Kinny D. (sept. 2000). « The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design ». en. In : *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 3.3, p. 285-312. ISSN : 1573-7454. DOI : 10.1023/A:1010071910869. URL : https://doi.org/10.1023/A:1010071910869 (visité le 21/05/2019).

World Health Organization (2005). *WHO steps surveillance manual : the WHO stepwise approach to chronic disease risk factor surveillance*. en. OCLC : 1014072105. Geneva : WHO. ISBN : 978-92-4-159383-0.

World G. (sept. 2009). *GIS : A tool for monitoring and management of epidemics*. en-US. URL : https://www.geospatialworld.net/article/gis-a-tool-for-monitoring-and-management-of-epidemics/ (visité le 11/06/2019).

Wouters B. et al. (août 2009). *Supporting home based health care in South African rural communities using USSD technology*. en. Association for Information Systems. ISBN : 978-0-615-30358-1. URL : https://researchspace.csir.co.za/dspace/handle/10204/3933 (visité le 26/02/2018).

Zefouni S. et al. (2011). « Paper Ontology-Driven Customization of Home-Care Workflows. » In : *2011 Database and Expert Systems Applications, DEXA, International Workshops, Toulouse, France, August 29 - Sept. 2, 2011*, p. 498-502. DOI : 10.1109/DEXA.2011.63. URL : http://dx.doi.org/10.1109/DEXA.2011.63.

Zurovac D., Larson B. A. et al. (déc. 2012). « Costs and Cost-Effectiveness of a Mobile Phone Text-Message Reminder Programmes to Improve Health Workers' Adherence to Malaria Guidelines in Kenya ». en. In : *PLoS ONE* 7.12. Sous la dir. de T. A. Smith, e52045. ISSN : 1932-6203. DOI : 10.1371/journal.pone.0052045. URL : http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0052045 (visité le 07/04/2017).

Zurovac D., O. Talisuna A. et W Snow R. (fév. 2018). *Mobile Phone Text Messaging : Tool for Malaria Control in Africa*. URL : http://journals.plos.

org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1001176 (visité le 26/02/2018).

Zurovac D., Sudoi R. K. et al. (août 2011). « The effect of mobile phone text-message reminders on Kenyan health workers' adherence to malaria treatment guidelines : a cluster randomised trial ». eng. In : *Lancet (London, England)* 378.9793, p. 795-803. issn : 1474-547X. doi : 10.1016/S0140-6736(11)60783-6.

Zurovac D., Talisuna A. O. et Snow R. W. (fév. 2012). « Mobile Phone Text Messaging : Tool for Malaria Control in Africa ». en. In : *PLoS Medicine* 9.2, e1001176. issn : 1549-1676. doi : 10.1371/journal.pmed.1001176. url : http://dx.plos.org/10.1371/journal.pmed.1001176 (visité le 07/04/2017).

Annexe A

Structures sanitaires de la RDC

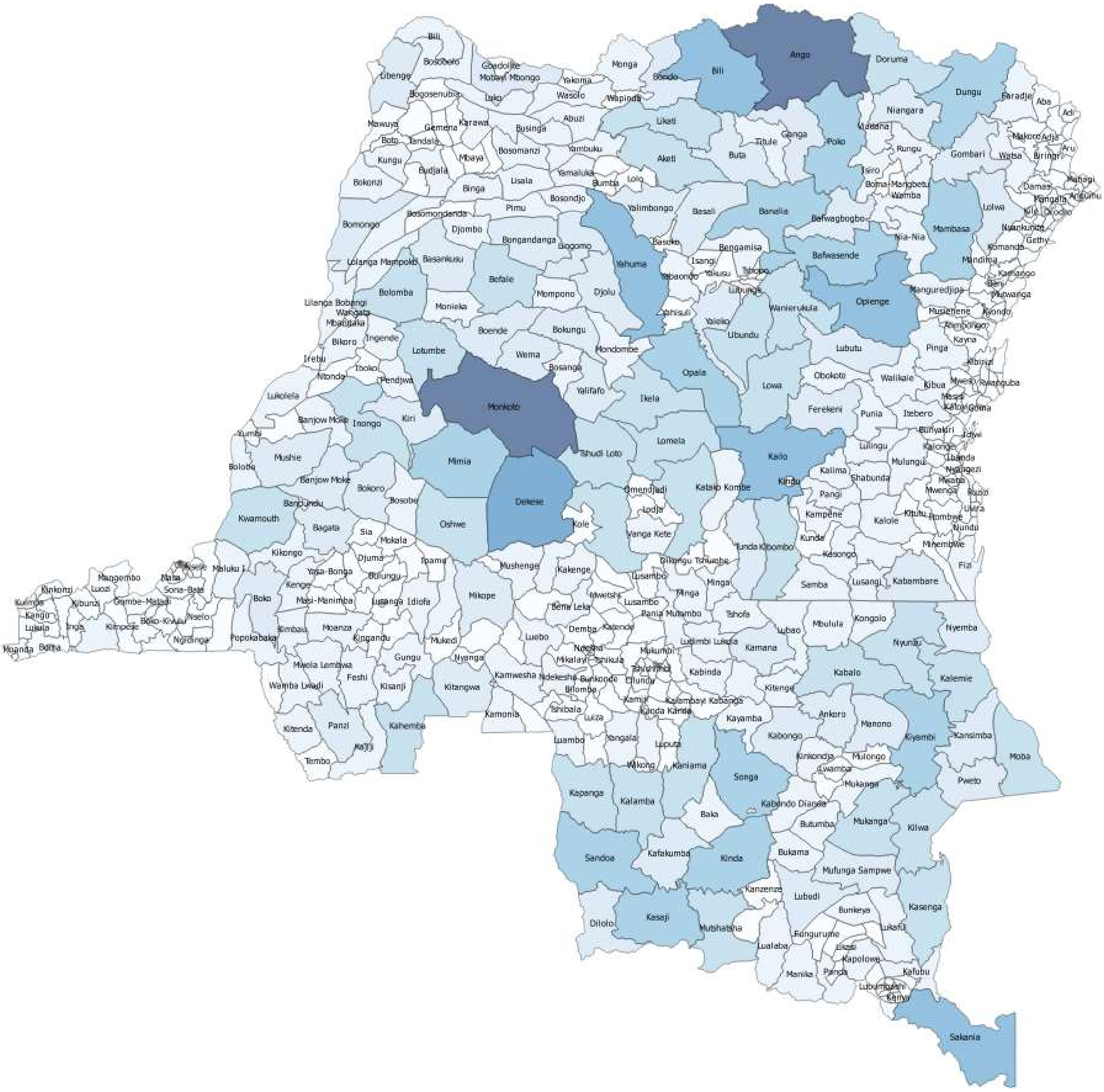


Figure A.1 – Les 518 Zones de santé constituent le niveau périphérique du système de santé de la RDC



FIGURE A.2 – Le niveau intermédiaire est géré par la DPS qui coordonne les activités des ZS. Cette figure présente les 22 ZS sous la supervision de DPS KWILU.

Les Aires de santé de la zone de santé YASA-BONGA



FIGURE A.3 – La ZS coordonne les activités des FOSA sous sa supervision. Cette figure présente les aires de santé (en majuscule) ainsi que les FOSA(cercle jaune) supervisées par la ZS YASA-BONGA de la Province de KWILU à l'ouest de la RDC.

Annexe B

Eléménts graphiques BPMN

Symbole	Action	Signification
	humaine	Permet de modéliser une action effectuée par un apprenant ou un autre acteur du dispositif en interaction avec un service informatique.
	effectuée par un service	Action effectuée par un service informatique sans intervention d'un acteur du dispositif.
	abstraite	Permet une modélisation neutre sans entrer dans les détails.

Figure B.1 – BPMN - les éléments graphiques pour les actions.

Symbole	Appellation	Signification
	Flux d'action	Permet de représenter le parcours d'apprentissage à travers le déroulement de l'activité (connexion des différentes actions entre elles).
	Flux de communication	Permet de représenter les communications entre différents processus (bassin) distincts.
	Branchement exclusif	Division du parcours d'apprentissage en différents chemins. Un seul des chemins peut être emprunté. Des conditions régissent le choix de parcours.
	Branchement parallèle	Division du parcours en différents chemins. Chacun des chemins comportent des actions pouvant être effectuées de manière parallèle ou séquentielle.
	Répétition, duplication.	3 éléments graphiques pouvant être ajoutés dans la partie inférieur du symbole « appel d'activité » et de tous les symboles de la catégorie « Actions ». Représentent respectivement, une action répétée en boucle, dupliquée et effectuée en parallèle, dupliquée et effectuée de manière séquentielle.
	Couloir de rôle	Les rôles ou acteurs sont modélisés par des couloirs compartimentant le scénario et permettant de spécifier quelle action est effectuée par quel rôle/acteur.

FIGURE B.2 – BPMN - les éléments graphiques pour le déroulement des actions.

Symbole	Appellation	Signification
	Départ et Arrêt	Permet de spécifier le démarrage (trait fin) et l'arrêt (trait foncé) d'un workflow. Un workflow a toujours un début et une fin.
	Arrêt et départ avec signal	Surtout utilisés dans une perspective d'implémentation. La fin d'un workflow envoie un signal pouvant être attendu pour le démarrage d'un second workflow.
	Signal intermédiaire (Synchronie)	Fonctionnement similaire à la ligne précédente, mais au cours du workflow. Permet notamment de synchroniser des workflows. Cet évènement peut être utilisé en bordure d'une action pour envoyer un signal durant une tâche.
	Arrêt et départ avec données	Similaire aux éléments « signal », cependant des données accompagnent ici le signal. Un message n'est pas un e-mail, mais des données (constantes, variables, paramètres etc.) transmises au processus récepteur.
	Donnée intermédiaire	Similaire au signal intermédiaire mais contient des données.
	Départ programmé	Le workflow se lance à une date spécifiée ou selon un cycle donné (ex : tous les matins à 9h).

FIGURE B.3 – BPMN - les éléments graphiques pour la temporalité.

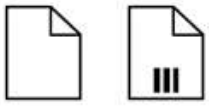
Symbole	Appellation	Signification
	Ressource	Ressource associée, utilisée ou nécessaire à la réalisation d'une action/activité. Trois barres verticales signifiant de multiples ressources.
	Production	Produit découlant de la réalisation d'une action/activité. Trois barres verticales signifiant de multiples productions.
	Donnée transitant	Information parcourant le workflow, « consommé » au cours de l'activité. Généralement le produit d'une action servant de ressource pour une autre.

FIGURE B.4 – BPMN - les éléments graphiques pour les ressources.

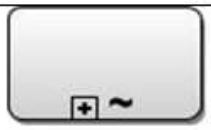
Symbole	Appellation	Signification
	Regroupement	Permet d'encadrer d'autres éléments afin de les regrouper visuellement. Ces groupes peuvent être nommés et commentés et permettent de structurer un workflow complexe en unité visuelle.
	Appel d'activité	Permet d'encapsuler le workflow d'une activité autonome. Cet élément peut être représenté ouvert (révélant l'activité qu'il contient), ou fermé (contenu non visible). Certains formats d'export du diagramme permettent l'ouverture/ fermeture dynamique de l'activité par un clic.
	Appel d'activité Ad Hoc	Similaire à l'élément précédent mais contient aucun workflow. Simplement une liste d'actions, ressources, artefacts dont le déroulement n'est pas spécifié.

FIGURE B.5 – BPMN - les éléments graphiques pour la décomposition/regroupement.

Symbole	Appellation	Signification
	Commentaire	Permet d'introduire tout type de commentaires de manière standardisée dans un diagramme BPMN.
	Élément additionnel	Tout élément graphique que le modélisateur juge nécessaire d'ajouter pour permettre une meilleure compréhension du diagramme ou l'ajout d'informations importantes non représentables par les éléments précédents. (Tel que permis dans la spécification BPMN). À utiliser avec parcimonie car potentiellement non compréhensible par des acteurs non-initiés à sa signification.

Figure B.6 – BPMN - les éléments graphiques additionnels.

Annexe C

Entretiens avec les acteurs du système de santé de la RD Congo

Pour comparer la pratique des acteurs du système de santé avec la stratégie nationale présentée dans le « guide technique du système intégré de suivi des maladies et riposte », nous avions organisé des enquêtes sur terrain à travers des travaux des étudiants de l'Ecole Informatique des Finances/ RDC. Un questionnaire a été soumis aux structures administratives et sanitaires de trois niveaux du système de santé. Le tableau ci-dessous reprend les questions pertinentes liées à notre recherche. Les réponses fournies ainsi que la présentation sommaire de chaque structure sont détaillées par la suite.

C.1 Questionnaire sur la pratique de la surveillance des épidémies

Tableau C.1 – Questionnaire utilisé lors des entretiens avec les structures sanitaires

Pratique de la surveillance
1. Quels mécanismes mettez-vous en place pour surveiller efficacement les maladies épidémiques et chroniques ?
2. Quel sont les rapports avec vos structures hiérarchiques ?
3. Comment rapportez-vous les données de surveillance ?
4. Quels commentaires faites-vous sur la stratégie nationale du guide SMIR ?
5. Comment intervenez-vous dans l'organisation des investigations et de la riposte des maladies ?
6. Quelles difficultés rencontrez-vous dans la gestion efficace des maladies épidémiques ?
7. Quelles recommandations faites-vous au nouveau système de gestion des maladies à mettre en place ?

C.2 Présentation des structures contactées et leurs recommandations

C.2.1 Niveau National

Direction Générale de Lutte contre la Maladie - DGLM

Tableau C.2 – Résultats des entretiens avec la DGLM

Situation géographique	Croisement des avenues Tombalbaye et Démocratie, commune de la Gombe à Kinshasa
Personnes contactées	Gestionnaire de Bases de données des épidémies ; Assistant au gestionnaire de la base de données ; Gestionnaire de l'application web (DSHI/2) de reporting des données sanitaires.
Activités/Fonctions	Assistance technique aux 26 divisions provinciales de santé (DPS) ; Production de bulletin épidémiologique périodique ; Consolidation des données lacunaires des zones de santé.
Difficultés soulevées	Exhaustivité et qualité des données produites ; Harmonisation des données nationales avec celles des DPS.
Attendus du nouveau système	Améliorer la qualité et l'exhaustivité des données sanitaires ; Faciliter le contrôle de la politique sanitaire nationale aux structures d'exécution.

C.2.2 Niveau Provincial

Division Provinciale de la Santé - DPS

DPS Kinshasa

C.2.3 Niveau Périphérique

Zone de Santé - ZS

Centre de Santé - CS

Tableau C.3 – Résultats des entretiens avec la DPS Kinshasa

Situation géographique	33, avenue Cadeco, commune de la Gombe à Kinshasa.
Personnes contactées	Personnel du Bureau d'information sanitaire ; Responsable de service.
Activités / Fonctions	Assistance technique aux 35 zones de santé (ZS) ; Appui les enquêtes d'investigations et de riposte des ZS ; Contrôle de toutes les actions des ZS est consommateur de temps et des ressources.
Difficultés soulevées	Exhaustivité et qualité des données produites par les ZS ; Harmonisation des données provinciales avec celles des ZS.
Attendus du nouveau système	Améliorer la qualité et l'exhaustivité des données sanitaires ; Améliorer la collaboration avec les autres DPS et l'ensemble des ZS sous sa supervision.

Tableau C.4 – Résultats des entretiens avec la ZS Bandalungwa

Situation géographique	Derrière la maison communale de Bandalungwa à Kinshasa ; Elle est traversée par la rivière Makelele.
Personnes contactées	Administrateur Gestionnaire
Activités/Fonctions	Coordonne les activités de formations sanitairesFOSA de ses sept aires de santé ; Appui les enquêtes d'investigations et de riposte des aires de santé ; Contrôle de toutes les actions de toutes les formatons sanitaires sous sa supervision est consommateur de temps et des ressources.
Difficultés soulevées	Exhaustivité et fiabilité des données produites par les FOSA ; Lenteur de la remontée des données épidémiologiques au niveau provincial ; Absence d'outils techniques de remontée rapide et automatique d'information à la Division Provinciale de la santé ; Relance des FOSA qui ne rapportent pas les données.
Attendus du nouveau système	Améliorer la qualité et l'exhaustivité des données sanitaires ; Améliorer la collaboration avec les autres ZS et l'ensemble des FOSA sous sa supervision.

Tableau C.5 – Résultats des entretiens avec la ZS Gombe

Situation géographique	Avenue des Cliniques N° 46, commune de la Gombe à Kinshasa. Dans l'enceinte de la Clinque Kinoise : Elle est traversée par la rivière Bitshiaku – Tshiaku.
Personnes contactées	Infirmier Superviseur Pharmacien Secrétaire comptable
Activités/Fonctions	Coordonne les activités de 3 hôpitaux généraux de référence et 21 Centres de santé répartis dans ses dix aires de santé ; Zone de santé nantie suite à sa proximité des institutions sanitaires publiques et son emplacement dans la commune la plus huppée de la ville de Kinshasa Appuie les fournitures des médicaments, les enquêtes d'investigations et de riposte des formations sanitaires Contrôle non exhaustif de toutes les formatons sanitaires sous sa supervision.
Difficultés soulevées	Exhaustivité et fiabilité des données produites par les FOSA ; Contrôle difficile de la validité des vaccins en stock ; Lenteur dans la distribution des vaccins ; L'indisponibilité des informations sensible en temps réel ; Absence d'outils techniques de remontée rapide et automatique d'information à la Division Provinciale de la santé ; Relance des FOSA qui ne rapportent pas les données.
Attendus du nouveau système	Améliorer la qualité et l'exhaustivité des données sanitaires ; L'identification de chaque structure sanitaire de santé dans la commune de la Gombe avec leurs coordonnées géo-référentielles ; Améliorer la collaboration avec les autres ZS et l'ensemble des FOSA sous sa supervision.

Tableau C.6 – Résultats des entretiens avec la ZS Limete

Situation géographique	7ème rue Quartier industriel dans la commune de Limete à Kinshasa ; Elle est traversée par les rivières MOSOSO et FUNA qui se jettent au fleuve Congo.
Personnes contactées	Infirmier Superviseur chargé des épidémiologies Infirmier Superviseur
Activités/Fonctions	Coordonne les activités de 144 formations sanitaires réparties dans ses onze aires de santé ; Appuie les enquêtes d'investigations et de riposte des aires de santé ; Contrôle de toutes les actions de toutes les formatons sanitaires sous sa supervision est consommateur de temps et des ressources
Difficultés soulevées	Exhaustivité et fiabilité des données produites par les FOSA ; Lenteur de la remontée des données épidémiologiques au niveau provincial ; Absence d'outils et techniques d'échanges rapides d'informations avec les formations sanitaires d'une part, et avec les zones de santé voisines d'autre part ; Relance des FOSA qui ne rapportent pas les données. Identification difficile de toutes les formations sanitaires de sa juridiction ; Enregistrement et de conservation des informations des cas suspects des épidémies détectées suite au volume croissant des informations ; Perte fréquente des informations sur les épidémies constatées due au support de stockage d'information ; Mise à jour difficile des données collectées auprès de FOSA ; Production peu aisée des statistiques mensuelles, trimestrielles, semestrielles, et annuelles des cas d'épidémies détectées.
Attendus du nouveau système	Améliorer la qualité et l'exhaustivité des données sanitaires ; Mise en place d'un mécanisme simple d'identification des formations sanitaires rattachées à la zone de santé et la reconnaissance des zones de santé voisines.

Tableau C.7 – Résultats des entretiens avec la ZS Lingwala

Situation géographique	Avenue de Kabinda, Commune de Lingwala à Kinshasa. Dans l'enceinte de l'hôpital Vijana
Personnes contactées	Médecin Chef de Zone
Activités/Fonctions	Coordonne les activités de 33 formations sanitaires (FOSA) réparties dans ses huit aires de santé ; Appui les enquêtes d'investigations et de riposte des aires de santé ; Contrôle de toutes les actions de toutes les formatons sanitaires sous sa supervision est consommateur de temps \\et des ressources
Difficultés soulevées	Exhaustivité et fiabilité des données produites par les FOSA ; Contrôle difficile de nouvelles formations sanitaires créées ; Absence d'outils techniques de remontée rapide et automatique d'information à la Division Provinciale de la santé ; Relance des FOSA qui ne rapportent pas les données.
Attendus du nouveau système	Améliorer la qualité et l'exhaustivité des données sanitaires ; Améliorer la collaboration avec les autres ZS et l'ensemble des FOSA sous sa supervision ; Revitalisation des relais communautaires ; Conservation de l'historique des investigations et ripostes antérieures.

Tableau C.8 – Résultats des entretiens avec le CS Tshiswaka

Situation géographique	5, avenue PINZI dans la commune de Bandalungwa à Kinshasa ;
Personne contactée	Infirmier Titulaire
Activités/Fonctions	Garantit les soins des premier recours de l'aire de santé Bandal ; Collabore avec la zone de santé pour organiser les investigations et les ripostes ; Mène également des actions de santé publique, de prévention, d'éducation pour la santé, d'éducation thérapeutique des patients et des actions sociales ; Modalités de stockage de toutes les données sanitaires des patients non adaptées
Difficultés soulevées	Absence d'outils techniques de remontée rapide et automatique d'information à la zone de santé ; Reportage périodique des données sanitaires.
Attendus du nouveau système	Améliorer la qualité et l'exhaustivité des données sanitaires ; Améliorer la collaboration avec les FOSA voisines ; Conservation de l'historique des consultations des patients.

Tableau C.9 – Résultats des entretiens avec le CS Mira

Situation géographique	27, avenue Bosekota, Quartier Pakadjuma, commune de Limete à Kinshasa ;
Personnes contactées	Infirmier Titulaire Infirmier Titulaire Adjoint
Activités/Fonctions	Garantit les soins des premiers recours de l'aire de santé Industriel III en qualité de Centre de référence ; Collabore avec la zone de santé pour organiser les investigations et les ripostes ; Mène également des actions de santé publique, de prévention, d'éducation pour la santé, d'éducation thérapeutique des patients et des actions sociales ; Modalités de stockage de toutes les données sanitaires des patients non adaptées.
Difficultés soulevées	Absence d'outils techniques de remontée rapide et automatique d'information à la zone de santé ; Reportage périodique des rapports de surveillance sanitaire.
Attendus du nouveau système	Améliorer la qualité et l'exhaustivité des données sanitaires ; Améliorer la collaboration avec les FOSA voisines ; Conservation de l'historique des consultations des patients.

Annexe D

Fournitures et équipements pour la riposte aux épidémies

Tableau D.1 – Equipements de Protection Individuelle

Composition de l'EPI	**Kit d'hygiène de l'OMS**
1 blouse chirurgicale	100 blouses chirurgicales
1 combinaison	100 combinaisons
1 charlotte	100 coiffes
2 paires de lunettes de protection	50 paires de lunettes de protection
1 paire de gants en caoutchouc	100 paires
1 masque N95	200 pièces
1 surbottes*	0
1 boite de 50 paires de gants dřexamen	800 paires de gants dřexamen
1 tablier en plastic réutilisable	20 pièces
1 paire de bottes en caoutchouc	20 paires de bottes en caoutchouc
1 pulvérisateur à main	2 pulvérisateurs à main de 1,5 litre chacun
1 pulvérisateur à dos	1 pulvérisateur à dos de 10-12 litres
Conteneurs pour les prélèvements*	
Rouleau de scotch	3 rouleaux
Antibuée pour lunettes de protection	3 bouteilles
Eau de Javel	
Sac poubelles	100 sacs
N.B : Il est possible dřacheter localement l'eau de Javel et les bottes en caoutchouc * Non essentiel	

TABLEAU D.2 – Check-list des fournitures de laboratoire nécessaires aux investigations

<table>
<tr><td colspan="2">Pour l'observation des précautions de sécurité standard lors du prélèvement et de la manipulation des échantillons :
- Morceaux de savon en barre et eau de Javel aux postes d'hygiène
- Stock de gants
- Blouse blanche
- Boites de sécurité pour l'élimination des déchets (fournitures et équipements contaminés)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pour le prélèvement des échantillons destinés aux examens de laboratoire :</td></tr>
<tr><td>Sang
- Aiguilles
stériles, différentes tailles à usage unique
- Seringues stériles à usage unique
- Récipients à vide
- Tube à essai pour sérum
- Désinfectant antiseptique pour la peau
- Garrots
- Tubes à bouchon à vis pour transport
- Milieux de transport (bac alerte)
Frottis sanguins (paludisme)
- Lancette stérile à usage unique
- Boites de lames porte-objets
Echantillons respiratoires
- Ecouvillons
- Milieu de transport pour virus
- Milieu de transport Amies</td><td>Liquide céphalo-rachidien (LCR)
- Anesthésie locale
- Aiguilles et seringues pour anesthésie
- Aiguilles pour la PL
- Seringues et aiguilles
- Pinces
- Ouate
- Désinfectant antiseptique pour la peau
- Tubes à bouchon à vis stériles et portoir
- Boîte de lames pour microscope
- Milieu de transport Trans-Isolate
- Gants stériles
- Pansements adhésifs stériles
- Kit Latex
- Kit pour la coloration de Gram
Selles
- Flacons pour prélèvement de selles
- Ecouvillons rectaux
- Milieu de transport Cary-Blair Peste
- Test de diagnostic rapide (dipstix AgF1)
- Kit de prélèvement peste</td></tr>
<tr><td>Si la formation sanitaire est équipée d'une centrifugeuse :
- Pipette stérile et poire
- Tube stérile en verre ou en plastique, ou flacon avec bouchon à vis</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Pour l'emballage et l'envoi des prélèvements :
- Bac/Boîte isotherme avec accumulateurs de froid ou fiole à vide
- Boîte triple emballage avec ou sans accumulateurs de froid
- Ouate pour amortir les chocs pendant le transport
- Etiquettes pour l'expédition au laboratoire
- Etiquettes 'Conserver au réfrigérateur' à apposer sur l'emballage
- Fiches au cas par cas
- Marqueurs indélébiles pour indiquer sur les tubes le nom du patient et son numéro d'identification (si assigné par la zone de santé)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Equipement de protection individuelle (EPI) adapté (pour toutes les maladies à potentiel épidémique ou pandémique comme les fièvres hémorragiques virales, la grippe aviaire, etc.)</td></tr>
</table>

Annexe E

Formulaires et fiches de notification

Formulaire SIMR de notification immédiate au cas par cas		
	Variables/Questions	**Réponses - Cas n°**
1	Pays	
2	Province	
3	ZS	
4	Aire de santé	
5	Site de notification (Formation sanitaire, Camp, Village…)	
6	Maladie/Evènement (diagnostic): *	
7	Patient vu en consultation externe ou hospitalisé ?	
8	Date de la consultation à la formation sanitaire (jour/mois/année	_________\
9	Nom(s) du patient	
10	Date de naissance (jour/mois/année)	_________\
11	Age (….. Années/……Mois/……Jours).	
12	Sexe: M=Masculin F=Féminin s'il s'agit d'un enfant	
13	Résidence du patient : Ville /Village	
14	Quartier	
15	ZS	
16	Aire de santé	
17	Zone Urbaine/Rurale ? (U=Urbaine R=Rurale)	
18	Adresse, numéro de téléphone (portable)… Nom de la mère et du père	
19	Date de début (jour/mois/année) des premiers symptômes	_________\
20	Nombre de doses de vaccin reçues antérieurement contre la maladie notifié	
21	Date de la dernière vaccination	_________\
22	Résultats de laboratoire	
23	Issue de la maladie : (Vivant, Décédé, Transféré, Perdu de vue ou Inconnu)	
24	Classification finale : Confirmé, Probable, Compatible, rejeté	
25	Date à laquelle la formation sanitaire a notifié à la ZS (jour/mois/année)	_________\
26	Date à laquelle le formulaire a été envoyé à la ZS (Jour/mois/année)	_________\
27	Identifiant unique pour le registre	
28	Personne ayant rempli le formulaire : nom, fonction, signature, Tél :	

*** Maladie/Evènement (Diagnostic) :**
Diarrhée sanglante, Méningite, Peste, Fièvre typhoïde, Rage, Variole, SRAS, Infection respiratoire aiguë (IRA) sévère, autre évènement ou maladie présentant un risque pour la santé publique (Préciser)

FIGURE E.1 – Formulaire de notification immédiate au cas par cas.

Fiche SIMR de notification hebdomadaire						
Année :		Semaine :			Mois :	
Pays :		Province/Région			ZS :	Population :
Code ISO de la ZS :			Nom de la formation sanitaire :		Identifiant unique du rapport	
Rapports officiellement attendus :		Nombre de rapports reçus :			Rapports reçus dans le délai :	
Maladies et évènements à notifier		Cas	Décès	Cas confirmés au laboratoire	Observations	
1	Choléra					
2	Coqueluche					
3	Diarrhée sanglante					
4	Hépatite virale aiguë					
5	Fièvres hémorragiques virales					
6	Fièvre jaune					
7	Fièvre typhoïde					
8	Infection respiratoire aiguë (IRA) sévère					
9	Méningite à méningocoque					
10	Monkeypox					
11	Paludisme					
12	Peste					
13	Poliomyélite (PFA)					
14	Rage					
15	Rougeole					
16	SRAS					
17	Tétanos néonatal					
18	Variole					
19	Autres					
Analyse, Interprétation, Décision, Action et Recommandations						
Commentaires épidémiologiques						
Décision et action(s) prise s						
Recommandations						
Date du rapport : ___ ___ ___ \ (j/mm/aaaa)		Personne responsable :				

FIGURE E.2 – Formulaire de notification hebdomadaire.

Fiche SIMR de notification mensuelle						
Année :		Semaine :			Mois :	
Pays :		Province/Région			ZS :	Population :
Code ISO de la ZS :			Nom de la formation sanitaire		Identifiant unique du rapport	
Rapports officiellement attendus :		Nombre de rapports reçus :			Rapports reçus dans le délai :	
Maladies et évènements à notifier		Cas	Décès	Cas confirmés au laboratoire	Observations	
1	Caries dentaires					
2	Décès maternels					
3	Diabète					
4	Diarrhée avec déshydratation sévère <5 ans					
5	Drépanocytose					
6	Géo Helminthiase					
7	Infections sexuellement transmissibles					
8	Lèpre					
9	Malnutrition < 5 ans					
10	Pneumonie grave < 5 ans					
11	Schisto so miase					
12	SIDA/VIH					
13	Trypanosomiase					
14	Ulcère de Buruli					
Analyse, Interprétation, Décision, Action et Recommandations						
Commentaires épidémiologiques						
Décision et action(s) prises						
Recomm andations						
Date du rapport : ___ ___ ___ \ (jj/mm/aaaa)		Personne responsable :				

Figure E.3 – Formulaire de notification Mensuelle.

Bordereau SIMR de notification des cas par le laboratoire		
Partie I. A remplir par le personnel médical et à envoyer au laboratoire avec le prélèvement		
	Variables	**Réponse**
1	Date du prélèvement (jj/mm/aaaa)	_________\
2	Maladie ou affection suspectée	
3	Date de début de la maladie (jj/mm/aaaa)	_________\
3	Type de prélèvement*	
4	Identifiant unique du prélèvement**	
5	Nom(s) du patient	
6	Sexe (M= Masculin F= Féminin)	
7	Age (..... Années/.....Mois/.....Jours).	
8	Date d'envoi du prélèvement au laboratoire (jj/mm/aaaa)	_________\
Partie II. A remplir par le laboratoire et à retourner à l'équipe de la ZS et au Clinicien		
	Variables	**Réponse**
1	Nom et adresse du laboratoire	
2	Date de réception du prélèvement (jj/mm/aaaa)	_________\
3	Etat du prélèvement : (bon/mauvais)	
4	Type de test(s) réalisé(s)	
5	Résultats de laboratoire(s)	
6	Date (jj/mm/aaaa) d'envoi des résultats à l'ECZS	_________\
7	Date de réception des résultats par l'équipe de la ZS (jj/mm/aaaa)	_________\
8	Date d'envoi des résultats au clinicien (jj/mm/aaaa)	_________\
	* Sang, Plasma, Sérum, Liquide obtenu par aspiration, LCR, Pus, Salive, Biopsie, Selles, Ecoulement Urétral/Vaginal, Urine, Crachat, Prélèvement d'eau, échantillon d'aliments ** Le même que l'identifiant unique du patient dans le formulaire SIMR individuel de notification immédiate	

FIGURE E.4 – Formulaire de notification des cas par le Laboratoire.

Annexe F

Modèle de rapport et bulletin épidémiologique

Tableau F.1 – Modèle du rapport d'une investigation d'une épidémie

Modèle de rédaction du rapport d'épidémie par la Zone de Santé	
Titre/Description (maladie/affection faisant l'objet de l'investigation) :	
Période :	Lieu (Villages, Voisinages, ZS, Province)
Résumé :	
I Introduction - Contexte - Raisons de l'investigation (importance en santé publique, seuil atteint, etc.) - Investigation et préparation à l'épidémie **II. Méthodes** - Dates d'investigation - Site(s) d'investigation (formations sanitaires, villages, autres) - Recherche des cas (indiquer ce qui a été fait concernant la recherche des cas, ex. examen des registres médicaux, investigation de proximité, alerte des autres formations sanitaires, autres) - Echantillons de laboratoire prélevés - Description de la riposte et de l'intervention (préciser les dates) : Coordination, surveillance, prise en charge, logistique, mobilisation sociale, eau-hygiène-assainissement etc. - Traitement des données **III. Résultats** - Date et lieu du premier cas détecté (ou cas index) - Date et coordonnées de la formation sanitaire ou le premier cas a été vu par le système de santé - Résultats de la recherche supplémentaire de cas - Analyses de laboratoire et résultats - Description des principales caractéristiques de l'analyse des résultats en fonction du temps, du lieu et personnes - Résultats détaillés en fonction du temps (courbe épidémiologique), du lieu (carte) et personnes (tableaux), et fichiers informatiques - Résultats de la riposte et preuve de son impact **IV. Auto-évaluation de la promptitude et de la qualité de la préparation, de la détection, de l'investigation et de la riposte à l'épidémie** **V. Evaluation des autres aspects de la riposte** **VI. Interprétations, discussion et conclusions** **VII. Actions de santé publique recommandées**	
Auteurs / Signatures	
Date Rapport :	

MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE
BULLETIN EPIDEMIOLOGIQUE HEBDOMADAIRE

ZS_____ Semaine épidémiologique n°_____
(date) du_____au_____

I. Situation épidémiologique : Semaine (insérer ici le numéro de la semaine et la date)

Tableau 1: Situation épidémiologique : Semaine____

Maladie	Cas	Décès	Létalité (%)	AS en alerte	AS touchées par l'épidémie	Semaine notifiée	Promptitude (%)	Complétude (%)
M1								
M2								
M.								

Commentaires :

Nous contacter :

II. Récapitulatif de la situation épidémiologique (insérer ici les semaines notifiées)

Tableau 2 : Situation épidémiologique : Semaine____

ZS	Cas	Décès	Létalité (%)	AS en alerte	AS touchées par l'épidémie	Semaine notifiée	Promptitude (%)	Complétude (%)
ZS1								
ZS2								
ZS.								
Total								

Commentaires :

[u2]

III. Graphiques (cette partie donne une représentation graphique des données)

IV. Tendances de l'épidémie

FIGURE F.1 – Modèle de bulletin épidémiologique.

Annexe G

Comment réaliser un graphique manuellement

Tableau G.1 – Instruction pour réaliser un graphique manuellement

	Réalisation d'un graphique
1.	Choisir l'information que l'on souhaite indiquer sur le graphique et les variables à utiliser.
2.	Déterminer le type de graphique à utiliser Donner un titre décrivant ce que contiendra le graphique (par exemple, Totaux mensuels de cas et de décès imputables au paludisme accompagné d'une grave anémie chez des patients hospitalisés).
3.	Déterminer l'étendue des nombres à inscrire sur l'axe vertical. - Prendre 0 comme plus bas chiffre - Inscrire les nombre dans l'ordre croissant, jusqu'au nombre supérieur au nombre de cas - Choisir un intervalle si les nombres portés sur l'axe vertical sont élevés.
4.	Légender l'axe vertical en expliquant ce que les nombres représentent.
5.	Légender l'axe horizontal et y porter les unités de temps. L'axe horizontal est divisé en unités de temps équivalentes. On commence généralement par le début d'une épidémie ou d'une période calendaire (semaine, mois ou année).
6.	Tracer des barres de même largeur.
7.	Indiquer le nombre de cas sur le graphique ou l'histogramme. Pour chaque unité de temps sur l'axe horizontal, faire correspondre le nombre de cas repéré sur l'axe vertical. Remplir un carré par cas ou pour un certain nombre de cas, dans la colonne correspondant au jour où le patient a été vu en consultation. Si l'on choisit de tracer une courbe, plutôt que des barres ou des carrés, tracer une croix ou un point à l'endroit où se croisent les lignes horizontale et verticale. Relier les croix ou les points entre eux pour représenter la tendance à la hausse ou à la baisse au cours du temps. Indiquer les décès en utilisant un type de ligne différente ou une couleur différente.

Annexe H

Enquête de validation de la méthode CHICKEN

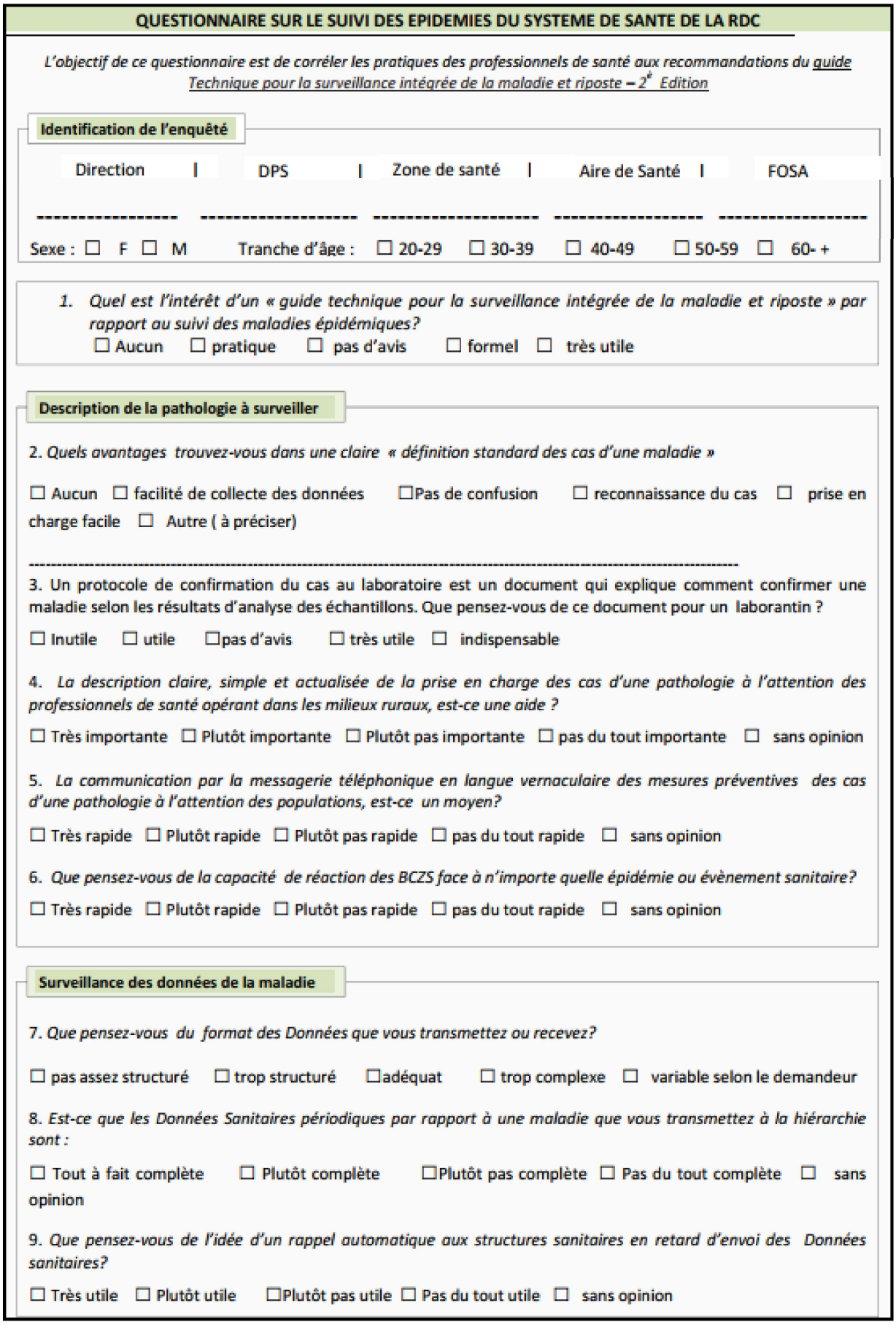
Tableau H.1 – Analyse de l'enquête auprès des acteurs du système de santé de la RD Congo

DONNEES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES		STRUCTURE				TOTAL
		DLM/DSE	DPS	BCZS	FOSA	
Sexe	F	3	6	6	34	49
	M	7	5	7	41	60
Tranche d'âge	20 - 29		1			10
	30 - 39	3	4	7	23	37
	40 - 49	2	3	3	30	38
	50 - 59	4	3	2	8	17
	60 - +	1		1	3	5

QUESTION	ASSERTION	STRUCTURE				TOTAL
		DLM/DSE	DPS	BCZS	FOSA	
1. Quel est l'intérêt d'un « guide technique pour la surveillance intégrée de la maladie et riposte » par rapport au suivi des maladies épidémiques ?	Aucun			1		1
	Pratique		1	5	18	24
	Pas d'avis			1	2	3
	Formel		3		23	26
	Très utile	10	6	6	37	59
2. Quels avantages trouvez-vous dans une claire « définition standard des cas d'une maladie »	Aucun			1		1
	Facilité de collecte des données	2	3	3	30	38
	Pas de confusion	2	1	1	4	8
	Reconnaissance du cas	5			26	31
	Prise en charge facile					
	Autre (à préciser)		1		1	2
3. Un protocole de confirmation du cas au laboratoire est un document qui explique comment confirmer une maladie selon les résultats d'analyse des échantillons. Que pensez-vous de ce document pour un laborantin ?	Inutile		1	1		2
	Utile		2	2	17	21
	Pas d'avis				2	2
	Très utile	1	4	4	32	41
	indispensable	9	3	7	25	44
4. La description claire, simple et actualisée de la prise en charge des cas d'une pathologie à l'attention des professionnels de santé opérant dans les milieux ruraux, est-ce une aide ?	Très importante	9	8	9	36	62
	Plutôt importante	1	1	3	19	24
	Plutôt pas importante				9	9
	Pas du tout importante		1		5	6
	Sans opinion				7	7
5. La communication par la messagerie téléphonique en langue vernaculaire des mesures préventives des cas d'une pathologie à l'attention des populations, est-ce un moyen ?	Très rapide	7	8	11	46	72
	Plutôt rapide	2	2	1	22	27
	Plutôt pas rapide				2	2
	pas du tout rapide				2	2
	Sans opinion				5	5

Tableau H.2 – Analyse de l'enquête auprès des acteurs du système de santé de la RD Congo - Suite

QUESTION	ASSERTION	STRUCTURE				TOTAL
		DLM/DSE	DPS	BCZS	FOSA	
6. Que pensez-vous de la capacité de réaction des BCZS face à n'importe quelle épidémie ou évènement sanitaire ?	Très rapide	2	4	9	30	45
	Plutôt rapide	2	2	3	16	23
	Plutôt pas rapide	2	1		4	7
	pas du tout rapide	3	3	1	10	17
	Sans opinion	1			9	10
7. Que pensez-vous du format des Données que vous transmettez ou recevez ?	Pas assez structuré		1	1	9	11
	Trop structuré		1	1	11	13
	Adéquat	9	1	2	18	30
	Trop complexe	1	1	3	19	24
	variable selon le demandeur		5	5	20	30
8. Est-ce que les Données Sanitaires périodiques par rapport à une maladie que vous transmettez à la hiérarchie sont :	Tout à fait complète	1	3	10	45	59
	Plutôt importante	5	3	2	13	23
	Plutôt pas importante	2	1		4	7
	Pas du tout importante	1	1	1	7	10
	Sans opinion	1	1		7	9
9. Que pensez-vous de l'idée d'un rappel automatique aux structures sanitaires en retard d'envoi des Données sanitaires ?	Très utile	9	9	10	46	74
	Plutôt utile	1	1	3	12	17
	Plutôt pas utile				3	3
	Pas du tout utile				2	2
	Sans opinion				13	13
10. Un module de production automatique des courbes épidémiques à chaque niveau de la pyramide sanitaire à partir des données sanitaires, vous diriez qu'il est ?	Très recommandable	10	7	7	38	62
	Plutôt recommandable	1	3	5	27	36
	Plutôt pas recommandable		1			1
	Pas du tout recommandable				2	2
	Sans opinion				7	7
11. En ce qui concerne la gestion des investigations sanitaires, l'usage d'une application mobile pour la collecte automatique de nouveaux cas serait ?	Très pratique	8	8	10	51	77
	Plutôt pratique	2	2	3	16	23
	Plutôt pas pratique		1		1	2
	Pas du tout pratique				3	3
	Sans opinion				3	3
12. Donner la possibilité à chaque structure de la pyramide sanitaire de partager les Alertes médicales avec ses homologues voisins est une proposition ?	Tout à fait claire	5	7	9	44	65
	Plutôt claire	4	3	4	18	29
	Plutôt pas claire		1		3	4
	Pas du tout claire	1			5	6
	Sans opinion				2	2
13. Que pensez-vous de la mise en commun des ressources des structures sanitaires pour se préparer à la riposte ?	Très efficace	3	8	8	55	74
	Plutôt efficace	6	2	4	11	23
	Plutôt pas efficace		1	1	1	3
	Pas du tout efficace				2	2
	Sans opinion				4	4
17. Nous vous proposons une méthode qui aide à mieux gérer le suivi des épidémies. Pensez-vous que cette méthode est :	inadéquate		2		4	6
	Difficile à utiliser		2	2	8	12
	Facile à comprendre	5	5	9	30	49
	Très complète	4	2	2	9	17
	Sans avis				25	25
18. Que diriez-vous de la terminologie utilisée dans la méthode ?	Très adaptée	2	4	4	28	38
	Plutôt adaptée	7	6	6	29	48
	Plutôt pas adaptée			2	6	8
	Pas du tout adapté					0
	Sans avis	1		1	13	15



QUESTIONNAIRE SUR LE SUIVI DES EPIDEMIES DU SYSTEME DE SANTE DE LA RDC

L'objectif de ce questionnaire est de corréler les pratiques des professionnels de santé aux recommandations du guide Technique pour la surveillance intégrée de la maladie et riposte – 2e Edition

Identification de l'enquêté

Direction | DPS | Zone de santé | Aire de Santé | FOSA

Sexe : ☐ F ☐ M Tranche d'âge : ☐ 20-29 ☐ 30-39 ☐ 40-49 ☐ 50-59 ☐ 60- +

1. *Quel est l'intérêt d'un « guide technique pour la surveillance intégrée de la maladie et riposte » par rapport au suivi des maladies épidémiques?*
   ☐ Aucun ☐ pratique ☐ pas d'avis ☐ formel ☐ très utile

Description de la pathologie à surveiller

2. *Quels avantages trouvez-vous dans une claire « définition standard des cas d'une maladie »*

☐ Aucun ☐ facilité de collecte des données ☐Pas de confusion ☐ reconnaissance du cas ☐ prise en charge facile ☐ Autre (à préciser)

---

3. Un protocole de confirmation du cas au laboratoire est un document qui explique comment confirmer une maladie selon les résultats d'analyse des échantillons. Que pensez-vous de ce document pour un laborantin ?

☐ Inutile ☐ utile ☐pas d'avis ☐ très utile ☐ indispensable

4. *La description claire, simple et actualisée de la prise en charge des cas d'une pathologie à l'attention des professionnels de santé opérant dans les milieux ruraux, est-ce une aide ?*

☐ Très importante ☐ Plutôt importante ☐ Plutôt pas importante ☐ pas du tout importante ☐ sans opinion

5. *La communication par la messagerie téléphonique en langue vernaculaire des mesures préventives des cas d'une pathologie à l'attention des populations, est-ce un moyen?*

☐ Très rapide ☐ Plutôt rapide ☐ Plutôt pas rapide ☐ pas du tout rapide ☐ sans opinion

6. *Que pensez-vous de la capacité de réaction des BCZS face à n'importe quelle épidémie ou évènement sanitaire?*

☐ Très rapide ☐ Plutôt rapide ☐ Plutôt pas rapide ☐ pas du tout rapide ☐ sans opinion

Surveillance des données de la maladie

7. *Que pensez-vous du format des Données que vous transmettez ou recevez?*

☐ pas assez structuré ☐ trop structuré ☐adéquat ☐ trop complexe ☐ variable selon le demandeur

8. *Est-ce que les Données Sanitaires périodiques par rapport à une maladie que vous transmettez à la hiérarchie sont :*

☐ Tout à fait complète ☐ Plutôt complète ☐Plutôt pas complète ☐ Pas du tout complète ☐ sans opinion

9. *Que pensez-vous de l'idée d'un rappel automatique aux structures sanitaires en retard d'envoi des Données sanitaires?*

☐ Très utile ☐ Plutôt utile ☐Plutôt pas utile ☐ Pas du tout utile ☐ sans opinion

FIGURE H.1 – Questionnaire d'enquête.

Surveillance des données de la maladie (suite)

10. *Un module de production automatique des courbes épidémiques à chaque niveau de la pyramide sanitaire à partir des données sanitaires, vous diriez qu'il est ?*

☐ Très recommandable ☐ plutôt recommandable ☐ plutôt pas recommandable ☐ pas du tout recommandable ☐ sans opinion

11. *En ce qui concerne la gestion des investigations sanitaires, l'usage d'une application mobile pour la collecte automatique de nouveaux cas serait?*

☐ Très pratique ☐ Plutôt pratique ☐Plutôt pas pratique ☐ Pas du tout pratique ☐ sans opinion

12. Donner la possibilité à chaque structure de la pyramide sanitaire de partager les *Alertes médicales avec ses homologues voisins est une proposition?*

☐ Tout à fait claire ☐ Plutôt claire ☐Plutôt pas claire ☐ Pas du tout claire ☐ sans opinion

Riposte contre la maladie

13. *Que pensez-vous de la mise en commun des ressources des structures sanitaires pour se préparer à la riposte?*

☐ Très efficace ☐ plutôt efficace ☐ plutôt pas efficace ☐ pas du tout efficace ☐ sans opinion

14. *Quelles sont les actions urgentes à mener pour coordonner l'organisation d'une riposte (3 suggestions maximum ?*

_____
_____
_____

15. *Selon vous, quels sont les critères les plus pertinents pour évaluer une Riposte?*

_____
_____
_____

16. *Comment améliorer la retro-Information des rapports de riposte à tous les acteurs du système sanitaire?*

_____
_____
_____

17. *Nous vous proposons une méthode qui aide à mieux gérer le suivi des épidémies. Pensez-vous que cette méthode est :*
☐ inadéquate ☐ difficile à utiliser ☐ facile à comprendre ☐ très complète ☐ sans avis

18. *Que diriez-vous de la terminologie utilisée dans la méthode ?*
☐ très adaptée ☐ plutôt adaptée ☐ plutôt pas adaptée ☐ pas du tout adapté ☐ sans avis

19. *Quelles sont les autres facilités que vous attendez d'un système informatisé de gestion des épidémies?*

_____
_____
_____

FIGURE H.2 – Questionnaire d'enquête - Suite.

Annexe I

Simulation de la riposte contre le choléra de la DPS Kinshasa en 2017

	Numéro semaine	5	6	6	7	8	9	10	11	12	46	46	47	48	49	50	52	53
	Date début	23-janv.	30-janv.	1-févr.	10-févr.	13-févr.	20-févr.	27-févr.	7-mars	13-mars	9-nov.	12-nov.	13-nov.	20-nov.	27-nov.	6-déc.	18-déc.	25-déc.
22	BANDALUNGWA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23	BARUMBU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
24	CS Aprodi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	29
25	CS Telecom MAKAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	7	29
26	CS Lobiko	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8	29
27	CS Binza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	29
28	BINZA-OZONE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
29	BUMBU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
30	GOMBE	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
31	KALAMU I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	KALAMU II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
33	KIMBANSEKE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	CS Liziba	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
35	CS Kingabwa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	CS Bribano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
37	CS Pakadjuma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
38	CS Grand-Monde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
39	KINGASANI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	KINSHASA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
41	CS Kimia	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
42	CS Libiki	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
43	CS Bolingo	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	CS Ngoma	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
45	KISENSO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	CS Kokolo	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	19	0	0
47	CS Camps Tsatshi	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	19	0	0
48	CS Mutuelle	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	19	0	0
49	CS Lomo Medical	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0
50	CS Bondeko	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
51	CS 2eme Rue	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1
52	LINGWALA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	MASINA II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	MONT-NGAFULA I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	CS Kimbwala	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	1
56	CS La croyance	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
57	CS La foi	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
58	CS Malianj	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	1
59	CS Badiadingi	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
60	NGABA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure I.1 – Calendrier de rapportage des données du choléra de la DPS Kinshasa en 2017

```
/*** Agent HC49: on loop  29000 29000 informed  HZET a suspected case detected ***/
HC49: (Task): Suspicious case detected  on 2017-01-30
 (HCAgent: task) Agent HC50:  Next detection  at: 85000, Case Number: 1
HC49: (sendMessage) : SEND  : HZET16: [ 49;16;0;1;0;0;0;Suspiscious_case_detected  49 1]
          /** HZET cumulate all cases from other Health Center **/
HZET16: (Task): Wait for an Investigation request, cumulate:  2

/*** Agent HC49 : on loop  50000 50003 ***/
HC49: (Task): Suspicious case detected  on 2017-02-20
HC49: (sendMessage) : SEND  : HZET16: [ 49;16;0;1;0;0;0;Suspiscious_case_detected  49 1]
 (HCAgent: task) Agent HC49:  Next detection  at: 125000, Case Number: 2

/** as the threshold is reached, HZET16 sends an investigation team RRT80 **/
HZET16: (sendMessage) : SEND  : RRT80 : [16;80;0;3;0;0;0;Investigation_request 16]
HZET16: (sendMessage) : SEND  : PHD61 : [16;61;0;1;0;0;0;Suspiscious_case_detected  49 16]
HZET16: (Task): Wait for an Investigation request, cumulate:  5

/**starting the entity 80 – RRT must investigate Health Zone of Health Center**/
RRT80: (Task): Wait for an Investigation request!
(PHDAgent::receive)  : PHD 61: RECEIVED message [16;61;0;1;0;0;0;Suspiscious_case_detected  49 16]
PHD61: (Task): Archives Case concerning  HC 49 from HZET 16

(RRTAgent::receive) Agent : 80 RECEIVE : [16;80;0;3;0;0;0;Investigation_request 16]
RRT80: (Task):  Go on the HC 16 zone!
RRT80: (Task):  Conduct  the Investigation on Health zone 16
RRT80: (Task): Reports Suspicious  Case at HC 16!
RRT80: (sendMessage) : SEND  : HZET16 : [80;16;0;1;0;0;0;Confirmed_suspiscious_case   16]
RRT80: (Task):  Collect Samples!
RRT80: (Task):  Transmit To a Laboratory!
RRT80: (sendMessage) : SEND  : LABO62 : [80;62;0;2;0;0;0;Sample_to_analyze 16 80 16]
RRT80: (Task): Investigation Reporting  by RRT  80about a case on zone 16!
RRT80: (sendMessage) : SEND  : 16 : [80;16;0;1;0;0;0;Report_investigation  80]
RRT80: (Task): End Of Mission!

/**starting the entity 62. LABOAgent sends analyze results to HZET and PHD**/
(LABOAgent::receive) Agent : 62 RECEIVE  : [80;62;0;2;0;0;0;Sample_to_analyze 16 80 16]
LABO62: (Task): Realizes Analysis from HC16
LABO62: (sendMessage) : SEND  : 16: [62;16;0;1;0;0;0;Result_sample  16 80]
LABO62: (sendMessage) : SEND  : PHD61:  [62;61;0;1;0;0;0;Result_sample  16 16 80]

/** reception  of results and alert to HCs **/
(PHDAgent::receive): PHD 61: RECEIVED message [62; 61; 0; 1;0;0;0;Result_sample  16 16 80]
HZET16: (sendMessage) : SEND  : HC49 : [16;49;0;3;0;0;0;Apply_response]
HZET16: (sendMessage) : SEND  : HC50 : [16;50;0;3;0;0;0;Apply_response]
HZET16: (sendMessage) : SEND  : HC51 : [16;51;0;3;0;0;0;Apply_response]
HZET16: (sendMessage) : SEND  : PHD61 : 16;61;0;3;0;0;0;Investigation_request 62

/** At the end of simulation  every HZET can present its cumulate  case **/
HZET16: (Task): Wait for an Investigation  request, cumulate:  64
HZET20: (Task): Wait for an Investigation  request, cumulate:  52
HZET20: (Task): Wait for an Investigation  request, cumulate:  53
HZET1: (Task): Wait for an Investigation  request, cumulate:  2
HZET3: (Task): Wait for an Investigation  request, cumulate:  124
HZET3: (Task): Wait for an Investigation  request, cumulate:  153
```

FIGURE I.2 – Trace de la simulation de la riposte contre le choléra en 2017.

Glossaire

B | D | P | S | Z

B

Bureau de Coordination de la Zone de santé est un organe de gestion technique et administrative d'une zone de santé. Il comprend les structures suivantes : l'Equipe cadre de la Zone de santé (ECZ), le comité de gestion de la ZS et le conseil d'Administration. 5

D

Direction de lutte contre la maladie est une structure de la pyramide sanitaire du niveau national chargée de l' élaboration des avant- projets de la politique nationale, les lois et textes réglementaires ainsi que les normes et les directives ayant trait à la lutte contre la maladie. Elle assure en outre la mise en œuvre et le suivi des politiques, des stratégies et des normes de lutte contre la maladie au niveau national. 5

Directly Observed Treatment, Shortcourse Une stratégie de lutte contre la tuberculose recommandée par l'OMS. La politique consistant à traiter le plus grand nombre à moindre coût, laissant de côté les cas de multi-résistances ayant l'effet pervers de les multiplier, les traitements appropriés aux cas multi-résistants sont maintenant intégrés dans la stratégie DOTS-plus. Cette stratégie est associée à l'introduction des médicaments de seconde ligne dans la liste des médicaments essentiels de l'OMS et de leur disponibilité à moindre coût pour les populations défavorisées. 89

Division Provinciale de la Santé est une structure de la pyramide sanitaire du niveau intermédaire qui vient en appui au Bureau de coordination de la zone de santé. Elle assure l'application des stratégies des politiques nationales du secteur de santé au niveau d'une province, un découpage administratif du pays. Elle a à sa charge une trentaine des zones de santé à appuyer. 5

P

Paquet Complémentaire d'Activités comprend la consultation de référence, les accouchements compliqués, urgences Médico-Chirurgicales, l'hospitalisation, le diagnostic de Laboratoire, l'imagerie médicale. 5

Paquet Minimum d'Activités comprend (i)les consultations curatives primaires, la prise en charge des malades chroniques, des malnutris, des tuberculeux et des lépreux; (ii) la prise en charge des femmes enceintes et en âge de procréer; (iii) consultation des enfants de 0-4 ans, activités de développement communautaire; (v) système de référencement et de contre-référencement. 4

Programmes spécialisés En dehors de l'appui de l'OMS aux financements des évènements sanitaires régis par le Règlement Sanitaire International, il existe des partenaires bi et multilatéraux qui s'intéressent à une seule maladie et financent ses actions de riposte. C'est le cas du Programme National de lutte contre le Paludisme (en sigle PNLP). En RDC, il existe une dizaine des programmes pareils. 13, 106, 148, 156

Pyramide sanitaire est une notion qui désigne l'organisation des structures du système de santé sous forme pyramidale dont la base est composée des structures du niveau périphérique à savoir les formations sanitaires et le BCZS. Le sommet représente le niveau national tandis que les divisions provinciales constituent le niveau intermédiaire. 135

S

Surveillance Intégrée de la Maladie et Riposte C'est un guide technique qui présente l'engagement du Ministère de la Santé Publique de la RDC et de ses partenaires qui œuvrent ensemble à renforcer et améliorer le système de santé pour une meilleure santé de la population congolaise. 69

Z

Zones de Santé est une entité géographique bien délimitée (diamètre maximum 150 kms) contenue dans les limites d'un territoire ou d'une commune administratif, comprenant une population d'au moins 100.000 habitants (composée des communautés homogènes au point de vue socioculturelle) avec des services de santé à 2 échelons interdépendants (centres de santé au 1er échelon et un Hôpital Général de Référence (HGR) au 2ème échelon), sous la supervision d'une Equipe cadre de la Zone de santé. 4

Index

I
Ingénierie des méthodes
    Ingénierie des familles des méthodes, 45
    Ingénierie des méthodes situationnelles, 45
ingénierie des Méthodes, 45

M
méthode organisationnelle, 45

Table des matières

Résumé **xvii**

Remerciements **xix**

Avertissement **xxi**

Acronymes **xxiii**

Avant-propos **xxvii**

Table des matières **xxix**

Liste des tableaux **xxxv**

Table des figures **xxxvii**

I Introduction générale et Etat de l'Art **1**

1 Introduction Générale **3**
1.1 Contexte 3
1.1.1 Le système de santé en RDC 4
1.1.2 Le suivi des épidémies en RDC 5
1.1.3 Fournisseurs des données de santé 7
1.1.4 Liste des maladies sous surveillance 9
1.2 Problématique 12
1.2.1 Qualité des données de santé 12
1.2.2 Evolution, alerte et riposte des épidémies 12
1.2.3 Collaboration entre les structures de même organisation . 13
1.3 Contributions de la thèse 15
1.3.1 Présentation générale de la méthode 15
1.3.2 Les principaux outils 15

2 Etat de l'art **17**
2.1 Les approches de la modélisation en épidémiologie 17
2.1.1 Introduction 17

2.1.2 Principe de la modélisation mathématique en épidémiologie 18
2.2 Les modèles mathématiques d'épidémie simple 19
2.3 Les modèles compartimentaux déterministes 21
2.4 Modèles compartimentaux stochastiques 23
2.5 Les modèles mathématiques d'épidémie complexes 25
2.5.1 Les modèles à base d'agent / individus-centrés 25
2.5.2 Les modèles de réseau 26
2.5.3 Modèles à base des structures de contact 27
2.5.4 Modèles de métapopulation 28
2.6 Les stratégies de surveillance des épidémies 29
2.6.1 Introduction 29
2.6.2 Les systèmes de surveillance d'épidémies 29
Des systèmes à l'échelle mondiale 29
Système à l'échelle nationale 34
2.6.3 Les systèmes de surveillance spatiale 34
SIG comme outil de suivi et de gestion des épidémies . . . 35
2.6.4 Autres stratégies de lutte contre les épidémies 36
Surveillance active ou passive 36
Surveillance en réseau 37
2.6.5 Outils de Surveillance 37
Solutions basées sur les dispositifs mobiles 37
Solution basée sur le web 40
2.7 Les méthodes Organisationnelles 42
2.8 Les méthodes organisationnelles ayant inspiré CHICKEN 44
2.8.1 Méthode AdInnov 46
Les phases de la méthode ADInnov 47
Modèle de processus de la méthode ADinnov 48
Méta-modèle de l'écosystème 49
Les apports de la Méthode ADInnov pour la méthode Chicken 50
2.8.2 Méthode DOCK 51
Vue d'ensemble de la méthode DOCK 53
Description des étapes de la méthode DOCK 55
2.8.3 Méthode DIAMOND 56
2.9 Méthodes de surveillance de la Santé Publique 59
2.9.1 L'approche STEPwise de l'OMS pour la surveillance des facteurs de risque des maladies chroniques 59
2.9.2 Oral Health Surveys Basic Methods 61
2.9.3 Etude comparative 63
2.10 Position de notre approche 64

II Méthode CHICKEN 67

3 Méthode CHICKEN **69**
3.1 Introduction 69
3.2 Description de la méthode CHICKEN 69
3.2.1 Approche et objectifs de la méthode 69
3.2.2 Langage basé sur BPMN 70
3.2.3 Présentation sommaire des phases de la méthode 71
Décrire la maladie à surveiller 73
Surveiller les données sanitaires des maladies 75
Riposter contre la maladie 77
3.3 Description des étapes de la méthode CHICKEN 78
3.3.1 Phase 1 : Décrire la maladie à surveiller 78
Etape 1.1 : Définir la maladie 78
Etape 1.2 : Décrire la confirmation de la maladie 82
Etape 1.3 : Décrire la prise en charge des malades 87
Etape 1.4 : Définir les mesures préventives de la maladie . 92
Etape 1.5 : Se préparer à la riposte 97
3.3.2 Phase 2 : Surveiller les données sanitaires de la maladie . . 103
Etape 2.1 : Définir le format et le contenu des données d'échange 105
Etape 2.2 : Collecter les données sanitaires 110
Etape 2.3 : Rappeler et/ou remonter les données sanitaires 115
Etape 2.4 : Analyser les données sanitaires 122
Etape 2.5 : Gérer l'investigation 131
Etape 2.6 : Gérer les alertes 137
3.3.3 Phase 3 : Riposter contre la maladie 144
Etape 3.1 : Préparer la riposte 145
Etape 3.2 : Organiser la riposte 149
Etape 3.3 : Evaluer la riposte 153
Etape 3.4 : Retro-informer les acteurs 157
3.4 Les Méta-Modèles de la méthode CHICKEN 162
3.4.1 Méta-Modèle fonctionnel 163
3.4.2 Méta-Modèle métier 165
3.4.3 Méta-Modèle par phase 168
3.5 Les outils de la méthode CHICKEN 175
3.5.1 Outil de simulation 175
Collecte de données 178
Méthode 179
Résultats 180
3.5.2 Applications mobiles 183
Description du fonctionnement de l'application mobile . . 184
Resultats 185
3.5.3 Application web de la remontée des données de surveillance des épidémies 186

4 Mise en Oeuvre et Validation **191**
4.1 Mise en oeuvre de la méthode : Exemple fil rouge 192
4.2 Validation de la méthode CHICKEN 198
4.2.1 Validation par des experts des méthodes 198
4.2.2 Validation par des services utilisateurs 199
4.2.3 Validation par la simulation 201
Réponse à la collecte de données et aux épidémies 202

III Conclusion et Perspectives **211**

5 Conclusion et Perspectives **213**
5.1 Conclusion 213
5.2 Perspectives 216

Bibliographie **217**

A Structures sanitaires de la RDC **231**

B Eléménts graphiques BPMN **235**

C Entretiens avec les acteurs du système de santé de la RD Congo **241**
C.1 Questionnaire sur la pratique de la surveillance des épidémies . 241
C.2 Présentation des structures contactées et leurs recommandations 242
C.2.1 Niveau National 242
Direction Générale de Lutte contre la Maladie - DGLM . . 242
C.2.2 Niveau Provincial 242
Division Provinciale de la Santé - DPS 242
C.2.3 Niveau Périphérique 242
Zone de Santé - ZS 242
Centre de Santé - CS 242

D Fournitures et équipements pour la riposte aux épidémies **249**

E Formulaires et fiches de notification **251**

F Modèle de rapport et bulletin épidémiologique **257**

G Comment réaliser un graphique manuellement **261**

H Enquête de validation de la méthode CHICKEN **263**

I Simulation de la riposte contre le choléra de la DPS Kinshasa en 2017 **267**

Glossaire **269**

Index **271**

Table des matières **273**

Proposition d'une Méthode Organisationnelle pour la Surveillance de la Propagation des Maladies Chroniques et Épidémiques :
Application au Système de Santé de la RDC

Résumé

La surveillance de la propagation des maladies épidémiques constitue une préoccupation majeure dans le domaine de la Santé Publique des populations. Au XVIIme siècle voit le jour une discipline scientifique appelée ***épidémiologie*** qui se définit comme étant *l'étude de la distribution des problèmes de santé et de leurs déterminants dans les populations humaines et application de cette étude à la prévention des problèmes de santé.* On distingue deux modes de surveillance : active et passive. En surveillance active, l'enquêteur va chercher l'information auprès des participants, est pratiquée lors des grandes enquêtes transversales qui passent par l'échantillonnage de la population. En mode passif, la surveillance se fait sur base des informations que les formations sanitaires remontent vers les agences sanitaires.

En République Démocratique du Congo, les autorités sanitaires ont adopté et adapté en 2011 une stratégie de surveillance intégrée des maladies et de la riposte proposée par l'Organisation Mondiale de la Santé en faveur des pays aux ressources très limitées. La mise en oeuvre de cette stratégie manquait un cadre organisationnel que nous proposons à travers notre travail de recherche.

Nous proposons une méthode d'innovation organisationnelle dénommée CHICKEN dont la mise en oeuvre vise à contribuer aux problématiques soulevées par les professionnels de la pyramide sanitaire de la RDC à savoir : (i) améliorer la qualité de données sanitaires par la mise en place des modèles des processus réutilisables par les personnels de santé pour savoir bien identifier et confirmer des cas d'une pathologie ; (ii) mettre en place des outils d'analyses pour détecter les facteurs déterminants des épidémies selon leur périodicité dans le temps et dans l'espace tout en assurant des rappels automatiques aux formations sanitaires en manque de données ; et (iii) faciliter la coopération des acteurs pour améliorer ou optimiser l'anticipation des propagations des maladies épidémiques.

Mots clés : épidémiologie, système d'information sanitaire, modèles, propagation maladie

---

Laboratoire LIG
Bâtiment IMAG – 700 avenue Centrale – Domaine Universitaire de Saint-Martin-d'Hères – CS 40700 – 38401 Saint-Martin-d'Hères – France

Proposal of an Organizational Method to Monitor Epidemic and Chronic Diseases' propagation:

Application to DRC's Health Care System

Abstract

Monitoring the spread of epidemic diseases is a major concern in the area of public health. In 17th century, a scientific discipline called ***epidemiology*** was born. It is defined as *the study of the distribution of health problems and their determinants in human populations and the application of this study to the prevention of health problems.* There are two modes of surveillance: active and passive. In active surveillance, the investigator will seek information from participants, is practiced during large cross-sectional surveys which involve sampling the population. In passive mode, surveillance is carried out on the basis of information that the health facilities send back to the health agencies.

In the Democratic Republic of Congo, the health authorities adopted and adapted in 2011 an IDSR (Integrated Disease Surveillance and Response) strategy proposed by the World Health Organization in favor of the low-income and middle-income countries. The implementation of this strategy failed due to the lack of an organizational framework that we would propose through our research work.

We propose an organizational innovation method called CHICKEN whose process and object models contribute to the problems raised by health professionals in the health pyramid of the DRC namely to : (i) improve the quality of health data by setting up process models that can be reused by health workers to properly identify and confirm the suspected cases of a pathology; (ii) set up analysis tools to detect the determinants of epidemics according to their periodicity in time and space while ensuring automatic reminders to health units in lack of data; and (iii) facilitate the cooperation between actors that can improve or optimize the anticipation of the spread of epidemic diseases.

Keywords: epidemiology, health informatic system, models, disease outbreak