

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de  
l'Innovation  
(MESRSI)

-----  
Secrétariat Général

-----  
Université Nazi BONI (U.N.B)

-----  
École Supérieure d'Informatique (E.S.I)

Licence Informatique  
Option : Réseaux et Systèmes

## **RAPPORT DE STAGE DE FIN DE CYCLE**

**THEME : « Etude et mise en place d'une plateforme d'objets  
connectés sur le G-Cloud »**

Période de stage : du 20 Août 2019 au 20 Novembre 2019

**Présenté par : OUATTARA Koudoussou & TIENDREBEOGO Abdoulaye**

### **Maître de stage**

M. Ibrahim BALLO  
Directeur du projet G-Cloud  
à l'ANPTIC

### **Superviseur**

M. Téeg-Wendé  
Gildas ZOUGMORE  
Enseignant à l'ESI

**Année académique : 2018-2019**

## AVANT-PROPOS

Créée le 23 mai 1997 par le décret n°97-254/PRES/PN/MESSRS, l'Université Nazi BONI (UNB) ex-Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB) est un établissement public de l'État à caractère scientifique, culturel et technique, chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique. Située à une dizaine de kilomètres de Bobo-Dioulasso, elle est constituée de nos jours de :

- ✓ l'École Supérieure d'Informatique (ESI) ;
- ✓ l'Institut de Développement Rural (IDR) ;
- ✓ l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) ;
- ✓ l'Institut des Sciences de la santé (INSSA) ;
- ✓ l'UFR des Sciences et Technologies (UFR/ST) ;
- ✓ l'Unité de Formation et de Recherche en Lettre Moderne, Sociologie et Histoire (UFR/LSH) ;
- ✓ l'UFR des Sciences Juridiques, Politiques, Économiques et de Gestion (SJPEG) ;
- ✓ les Centres Universitaires Polytechniques de Gaoua et de Banfora.

L'École Supérieure d'Informatique (ESI) créée en 1991, a commencé ses premiers pas à Ouagadougou, puis elle fut déplacée à Bobo-Dioulasso en 1995. Elle comprenait essentiellement deux (02) cycles à savoir le cycle des Ingénieurs de Travaux en Informatique (CITI) et le Cycle des Ingénieurs de Conception en Informatique (CICI).

Le premier cycle était constitué de deux (02) spécialités qui sont l'Analyse et Programmation (AP) et Réseaux et Maintenance Informatique (RéMI) avec une durée de trois (03) ans. A partir de 2014-2015 ces deux filières deviennent respectivement Ingénierie des Systèmes d'Information (ISI) et Ingénierie des Réseaux et Systèmes (IRS) avec un Tronc-Commun les deux premières années. À la fin de la troisième année un stage d'au moins trois (03) mois est obligatoire en entreprise. Pour l'IRS, un rapport sur la maintenance et les réseaux informatiques fait l'objet du stage de fin de cycle suivi d'une soutenance.

C'est à cet effet que nous avons été reçus à l'ANPTIC pour notre stage de fin de cycle tenu du 20 Août 2019 au 20 Novembre 2019. À l'issue de ce stage, nous avons élaboré ce présent rapport qui donne un détail sur le déroulement de notre projet à l'entreprise.

Quant au deuxième cycle, il s'est vu étoffé par (02) nouvelles spécialités le 26 juillet 2019 à savoir le master Réseaux et Systèmes option **Cybersécurité** et le master en **Science des Données** dont la durée de formation est de deux (02) ans, en plus des deux spécialités existantes.

## REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit de tous les acteurs de près ou de loin qui ont contribué à la réalisation de ce projet.

- ❖ Dr MALO, grâce à qui nous avons obtenu ce stage à l'ANPTIC ;
- ❖ M.BALLO Ibrahim, Directeur technique du G-Cloud & Directeur de Projet RESINA, notre maître de stage et par son expérience, nous a conseillé et guidé tout au long de notre stage ;
- ❖ Monsieur le Directeur Général de l'ANPTIC, et le personnel technique pour l'encadrement, les conseils, le partage d'expérience ;
- ❖ M. ZOUGMORE Téeg-Wendé Gildas, enseignant à l'ESI, notre superviseur pour son encadrement, ses encouragements, sa disponibilité, ses remarques pertinentes et enrichissantes ;
- ❖ toute l'administration de l'Université Nazi BONI (UNB) en particulier celle de l'École Supérieure d'Informatique (ESI) ;
- ❖ tout le corps enseignant de l'ESI, pour avoir assuré notre formation ;
- ❖ aux Familles BADINI à Pissy et TIENDREBEOGO à Tampouy pour l'hébergement et le soutien durant notre séjour à Ouagadougou.

## RESUME

Dans ce document, nous présentons l'étude et la mise en place d'une plateforme sur le Cloud dédié à la gestion des objets connectés. Cette plateforme a pour but de permettre le stockage et l'analyse des données provenant des différents réseaux de capteurs déployés dans notre pays.

Pour ce faire nous sommes partis d'une solution existante WAZIUP que nous avons cloné sur une machine virtuelle (VM) du G-Cloud. Ce clonage basé sur docker, qui est une architecture logicielle permettant d'exécuter des images (y compris des logiciels systèmes) en local sur une machine dans un environnement isolé appelé « **container** ». Il est aussi vu comme une technologie de virtualisation.

Pour tester la bonne marche de la solution, nous avons déployé un réseau de capteurs qui permet de récupérer la température et l'humidité d'un data center et de les stocker sur la plateforme.

## ABSTRACT

In this document, we present the study and the implementation of a Cloud platform dedicated to the management of connected objects. The purpose of this platform is to allow the storage and analysis of data from the various sensor networks deployed in our country.

To do this we started from an existing WAZIUP solution that we cloned on a virtual machine (VM) of the G-Cloud. This docker-based cloning, which is a software architecture for executing images (including system software) locally on a machine in an isolated environment called a "container". It is also seen as a virtualization technology.

To test how well the solution works, we deployed a network of sensors that can retrieve the temperature and humidity of a data center and store it on the platform.

## TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
RESUME .....	III
ABSTRACT .....	IV
LISTE DES FIGURES .....	IX
LISTE DES TABLEAUX.....	XI
SIGLES ET ABREVIATIONS .....	XII
INTRODUCTION GENERALE.....	- 14 -
Chapitre 1 Présentation du contexte du stage.....	- 15 -
1.1 Introduction .....	- 15 -
1.2 Présentation de l'ESI.....	- 15 -
1.2.1 Présentation générale .....	- 15 -
1.2.3 Licence en Informatique.....	- 16 -
1.2.4 Master en informatique .....	- 17 -
1.2.5 Mission de l'ESI.....	- 17 -
1.2.6 Partenaires de l'ESI .....	- 18 -
1.3 Présentation de l'ANPTIC.....	- 19 -
1.3.1 Présentation générale .....	- 19 -
1.3.3 Objectifs de l'agence .....	- 19 -
1.3.5 Missions de l'ANPTIC.....	- 20 -
1.3.6 Services offerts par l'ANPTIC .....	- 21 -
1.3.7 Départements de l'agence.....	- 21 -
1.3.4 Situation géographique et adresse de l'agence .....	- 23 -
1.4 Présentation du projet.....	- 24 -
1.4.1 Contexte du projet .....	- 24 -
1.4.2 Problématique.....	- 25 -

1.4.3 Objectifs de l'étude.....	- 25 -
1.4.4 Résultats attendus .....	- 26 -
1.4.5 Gestion du projet .....	- 26 -
1.5 Conclusion .....	- 28 -
Chapitre 2 Analyse de l'existence et démarche de résolution.....	- 29 -
2.1 Introduction .....	- 29 -
2.2 Présentation de l'existant.....	- 29 -
2.2.1 Le G-Cloud.....	- 29 -
2.2.2 Ressources matérielles .....	- 30 -
2.3 Diagnostic de l'existant .....	- 33 -
2.3.1 Atout .....	- 33 -
2.3.2 Insuffisance.....	- 33 -
2.3.3 Perspective.....	- 34 -
2.4 Démarche de résolution du problème .....	- 34 -
2.4.1 Démarche suivie .....	- 34 -
2.4.2 Moyens techniques nécessaires .....	- 34 -
2.5 Conclusion.....	- 35 -
Chapitre 3 Généralités sur les plateformes d'objets connectés .....	- 36 -
3.1 Introduction .....	- 36 -
3.2 Description d'une plateforme d'objets connectés.....	- 36 -
3.3 Architecture générale d'une plateforme d'objets connectés .....	- 37 -
3.4 Mise en place d'une plateforme d'objets connectés existante open source.....	- 39 -
3.5 Risques des objets connectés .....	- 41 -
3.5 Conclusion .....	- 42 -
Chapitre 4 Etude détaillée de la solution.....	- 43 -
4.1 Introduction .....	- 43 -
4.2 Description de la plateforme WAZIUP .....	- 43 -

4.2.1 Généralités .....	43 -
4.2.2 WAZIUP : une plateforme de services PaaS .....	44 -
4.3 Solution technique de WAZIUP .....	47 -
4.4 Architecture de la plateforme WAZIUP .....	48 -
4.4.1 Vue d'ensemble fonctionnelle .....	49 -
4.4.2 Composants de la plateforme WAZIUP .....	49 -
4.4.3 Descriptions des composants.....	51 -
4.5 Descriptions des technologies utilisées.....	53 -
4.5.1 Technologie de communication LoRa .....	53 -
4.5.2 Technologie docker.....	57 -
4.5.3 Etude comparée d'une VM et d'un conteneur docker.....	57 -
4.5.4 Cas d'utilisation de docker .....	58 -
4.6 Conclusion.....	59 -
Chapitre 5 Implémentation et test de la solution.....	60 -
5.1 Introduction .....	60 -
5.2 Ressources nécessaires .....	60 -
5.2.1 VM et ses caractéristiques .....	60 -
5.2.2 Concepts de base et installation de docker .....	64 -
5.3 Estimation et coût de réalisation .....	72 -
5.4 Installation et configuration de la plateforme.....	74 -
5.5 Installation et configuration du tableau de bord .....	80 -
5.6 Déploiement d'un RCSF pour le contrôle d'humidité du datacenter et du G-Cloud.....	85 -
5.6.1 Assemblage du prototype de sonde.....	85 -
5.6.2 Mises en marche du prototype de sonde .....	85 -
5.6.3 Assemblage et mise en marche de la passerelle.....	86 -
5.7 Test de la solution.....	86 -
5.8 Bilan .....	87 -



5.8.1 Points de réalisation .....	- 87 -
5.8.2 Explication des écarts .....	- 87 -
5.8.3 Présentation des limites de la solution .....	- 88 -
5.8.4 Perspectives .....	- 89 -
5.9 Conclusion .....	- 89 -
CONCLUSION GENERALE .....	xC
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE ET WEBOGRAPHIE .....	xCi

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. L'organigramme de l'ESI.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 2. Les départements de l'ANPTIC.....	- 22 -
Figure 3. Les départements de la DIG .....	- 23 -
Figure 4. Localisation de l'ANPTIC .....	- 24 -
Figure 5. Le planning prévisionnel du projet .....	- 28 -
Figure 6. Vue d'ensemble de l'interconnexion des sites Métropolitains .....	- 32 -
Figure 7. Schéma descriptive d'une plateforme IoT.....	- 37 -
Figure 8. L'architecture générale d'une plateforme IoT .....	- 39 -
Figure 9. Les composants de WAZIUP en arrière-plan.....	- 41 -
Figure 10. Les domaines d'intervention de WAZIUP.....	- 44 -
Figure 11. Le déploiement PaaS dans WAZIUP.....	- 46 -
Figure 12. Vue d'ensemble fonctionnelle.....	- 49 -
Figure 13. L'architecture complète de la plateforme WAZIUP.....	- 50 -
Figure 14. L'architecture du déploiement du logiciel de la plateforme .....	- 51 -
Figure 15. Les technologies utilisées par WAZIUP.....	- 54 -
Figure 16. Le débit de LoRa et la sensibilité en fonction des valeurs de : $BW$ et $SF$ .....	- 56 -
Figure 17. L'influence du Coding Rate sur le nombre de bits ajouté.....	- 56 -
Figure 18. Image d'un conteneur docker.....	- 57 -
Figure 19. Etude comparée d'une VM et d'un conteneur docker .....	- 58 -
Figure 20. Le portail de la plateforme CBMS .....	- 61 -
Figure 21. Interface de déploiement Cloud .....	- 61 -
Figure 22. Les services de machine .....	- 62 -
Figure 23. Le déploiement de la VM.....	- 63 -
Figure 24. Fin de la création et exécution de la VM.....	- 64 -
Figure 25. La suppression des anciens paquets de docker.....	- 66 -
Figure 26. L'installation de docker.io.....	- 66 -
Figure 27. L'exécution de la commande d'accès aux référentiels docker via HTTPS .....	- 67 -
Figure 28. Installation du référentiel docker.....	- 68 -
Figure 29. Installation de docker-ce.....	- 68 -
Figure 30. L'état des services de docker.....	- 69 -
Figure 31. Installation du référentiel docker-compose.....	- 70 -

Figure 32. Le devis d'acquisition des composants pour un RCSF.....	- 72 -
Figure 33. L'authentification au compte GitHub.....	- 75 -
Figure 34. La configuration et l'ajout d'une clé SSH.....	- 76 -
Figure 35. Le contenu du mail.....	- 77 -
Figure 36. Le clonage récursif de la plateforme.....	- 78 -
Figure 37. La construction des images dockers.....	- 78 -
Figure 38. Téléchargement des images.....	- 79 -
Figure 39. L'authentification sur le Dashboard de WAZIUP en locale.....	- 79 -
Figure 40. Possibilité d'accéder aux codes sources des dispositifs .....	- 80 -
Figure 41. Installation des dépendances de yarn.....	- 81 -
Figure 42. Construction de l'arbre des dépendances.....	- 81 -
Figure 43. L'ajout du référentiel yarn à la liste des référentiels maîtres.....	- 81 -
Figure 44. L'installation de yarn.....	- 82 -
Figure 45. Installation toutes les dépendances figurant au sein du package.json.....	- 82 -
Figure 46. Démarrage des services de yarn avec yarn start.....	- 83 -
Figure 47. L'aperçue du navigateur avec <a href="http://10.50.95.62:3001">http://10.50.95.62:3001</a> .....	- 83 -
Figure 48. La page d'authentification sur le Dashboard.....	- 84 -
Figure 49. Création d'un utilisateur.....	- 84 -
Figure 50. Graphique de données recueillies par un capteur.....	- 87 -
Figure 51. Le planning réel.....	- 88 -

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. <i>Tableau de sigles et abréviations</i> .....	XII
Tableau 2. <i>Le comité de pilotage</i> .....	- 27 -
Tableau 3. <i>Ressources matérielles du G-Cloud</i> .....	- 31 -
Tableau 4. <i>Coût d'assemblage et de déploiement d'un site</i> .....	- 73 -
Tableau 5. <i>Coût total d'exécution du projet sur les trois sites</i> .....	- 73 -

## SIGLES ET ABBREVIATIONS

Le tableau 1 suivant fait référence aux sigles et abréviations que vous rencontrerez tout au long de la lecture du rapport.

**Tableau 1.** *Tableau de sigles et abréviations*

ANPTIC	Agence Nationale pour la Promotion des TICs
API	Application Programming Interface
BODI	Burkina Open Data Initiative
CAR	Conception et Architecture des Réseaux
CBMS	CloudBand Management System
CEP	Complex Event Processing
CPU	Control Process Unit
DaaS	Data As A Service
DWDM	Dense Wavelength Data Multiplexing
DANIDA	Coopération au Développement du Danemark
ESI	École Supérieure d'Informatique
ETR	Enhanced Temperature Range
G-Cloud	Government Cloud
GTF	Garanties de Temps de Fonctionnement
GTI	Garanties de Temps d'Intervention
HTTPS	HyperText Transfer Protocol Secure
IaaS	Infrastructure As A Service
IdO	Internet des objets
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT	Internet of Thing
IP	Internet Protocol
IRS	Ingénierie des Réseaux et Système
IT	Information Technology
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
LoRaWAN	Long Range WAN
LPWAN	Low Power WAN
MCO	Maintien en Condition Opérationnelle
MPLS	MultiProtocol Label Switching
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
NOC	Network Operating Center
NTP	Network Time Protocol
OGE	Open Government Environment
ONG	Organisation non gouvernementale
OS	Operating System

OSS	Operations Support Systems
PaaS	Platform As A Service
PADTIC	Projet d'Appui au Développement des TIC
PARICOM	Programme d'Appui au Renforcement des Infrastructures de Communication
PLE	Plateforme Logement Etudiant
PME	Petite ou Moyenne Entreprise
PRM	Personne Responsable des Marchés
RAM	Random Access Memory
RCSF	Réseau de Capteurs Sans Fil
RESINA	Réseau Informatique Nationale de l'Administration
SaaS	Software As A Service
SAD	Système d'Aide à la Décision
SCMRP	Service de la Communication, du Marketing et des Relations Publiques
SD	Science des données
SDO	Standard Development Organisation
SGBD	Système de gestion de bases de données
TIC	Technologie de l'information et de la communication
UNB	Université Nazi BONI
UX	User Experience
VM	Virtual Machin
W3C	World Wide Web Consortium
WAN	World Area Network

## INTRODUCTION GENERALE

Les réseaux de capteurs sont de plus en plus fréquents. Ils sont souvent déployés pour surveiller des dispositifs ou pour actionner des équipements à distance.

Au Burkina Faso, nombreuses structures particulièrement les laboratoires de recherche s'offrent ces types de réseaux dans le but de collecter des données relatives à leurs expériences. Il y a aussi des particuliers qui utilisent ces réseaux de capteurs pour surveiller leur maison.

Tous ces réseaux déployés de part et d'autre ont besoin d'interagir à distance avec les capteurs et de stocker leurs données de sorte à pouvoir y accéder à distance également. Pour offrir de telles possibilités, il y a lieu d'avoir une plateforme d'objets connectés. C'est dans ce contexte que nous avons été accueillis à l'Agence Nationale de la Promotion des Technologies de l'Information et de la Communication (ANPTIC), pour l'étude et la mise en place d'une plateforme d'objets connectés sur le G-Cloud.

Ce rapport synthétise nos travaux et est organisé en cinq (05) chapitres :

- la présentation du contexte de stage ;
- l'analyse de l'existant et la démarche de résolution du problème ;
- les généralités sur les plateformes d'objets connectés ;
- l'étude détaillée de la solution ;
- l'implémentation technique de la solution.

## **Chapitre 1 Présentation du contexte du stage**

### **1.1 Introduction**

Ce chapitre porte sur la présentation de notre école de formation, l'École Supérieure d'Informatique, suivie d'une présentation de la structure d'accueil qui est l'ANPTIC. Ensuite, un accent sera mis sur la problématique liée à la mise en place de la plateforme des objets connectés tout en évoquant les objectifs et les résultats attendus. Enfin, les acteurs du projet et le planning prévisionnel seront présentés.

### **1.2 Présentation de l'ESI**

#### **1.2.1 Présentation générale**

L'École Supérieure d'Informatique (ESI) fait partie des huit (08) établissements d'enseignement et de recherche de l'Université Nazi BONI (Ex-Université Polytechnique de Bobo Dioulasso). Elle est née en 1991 du besoin exprimé par le Premier Plan Directeur Informatique (1991-1995) « édification de compétences nationales par la formation de spécialistes (analystes et ingénieurs) concepteurs de système d'information ».

D'abord implantée à Ouagadougou, l'ESI a ensuite été installée au sein de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso en septembre 1995. La première promotion de diplômes est sortie en juin 1993. On retrouve désormais des anciens élèves de l'ESI dans tous les secteurs de la vie économique. Autant les banques que les entreprises industrielles ou les prestataires de services informatiques, aussi que les mairies, ONG et administrations diverses.

L'ESI délivre les diplômes de :

- ✚ Licence en informatique (BAC+3) dans les options :
  - Ingénierie de travaux des Systèmes d'Information ;
  - Ingénierie de travaux des Réseaux et Systèmes.



- ✚ Master en informatique (BAC+5) dans les options :
  - Master Réseaux et Systèmes spécialité Conception et Architecture des Réseaux ;
  - Master Réseaux et Systèmes spécialité Cybersécurité ;
  - Master Systèmes d'Information spécialité Système d'Aide à la Décision ;
  - Master Systèmes d'Information spécialité Science des Données.

## **1.2.3 Licence en Informatique**

### **1.2.3.1 Objectifs**

Ce cycle a pour objectif de former des cadres moyens opérationnels et évolutifs dans une diversité de domaines d'application de l'informatique.

La formation de ces ingénieurs de travaux informatiques option ISI leur permet de :

- dialoguer avec des utilisateurs d'horizons divers : concepteurs, gestionnaires, spécialistes de différents domaines techniques et scientifiques ;
- participer efficacement à la conception, la réalisation et la maintenance d'applications informatiques ;
- assurer la formation des utilisateurs et gérer des centres informatiques ;

### **1.2.3.2 Programme d'études**

Le programme d'études se déroule sur trois années académiques de trente semaines. Les enseignements se répartissent en trois pôles :

- ✓ matériels et logiciels de base (23% du volume horaire total). Il concerne les enseignements portant sur l'architecture des ordinateurs, les principes de base qui régissent leur fonctionnement interne ainsi que les logiciels qui les accompagnent ;

- ✓ formation générale (45% du volume horaire total). Il regroupe quatre disciplines : les mathématiques, l'anglais, les techniques d'expression française et la gestion/comptabilité/économie ;
- ✓ ingénierie des logiciels d'application (32% du volume horaire total). Il donne aux élèves les fondements de la programmation et les techniques d'ingénierie des logiciels d'application. Il se compose de trois groupes de matière : l'algorithmique, les outils de productivité (bureautique, SGBD, etc.), les méthodes et outils d'aide à l'ingénierie des applications informatiques (UML, Java, Visual Basic, C, ...).

### **1.2.3.3 Stage et projet en entreprise**

Le programme d'études est ponctué d'un stage de programmation en entreprise (8 semaines) à la fin de la deuxième année de formation et d'un projet de fin d'études portant sur des applications réelles proposées par des entreprises et administrations de la place en troisième et dernière année de ce cycle.

### **1.2.4 Master en informatique**

Le Master de l'ESI offre aux étudiants la possibilité de se spécialiser en Système d'aide à la prise de décision, en Conception et architecture des réseaux, en Cybersécurité et en Science des données. Ce cycle est ouvert aux titulaires d'une Licence en Informatique et la durée de la formation est de deux ans.

### **1.2.5 Mission de l'ESI**

L'ESI a pour mission :

- la formation fondamentale, appliquée et/ou professionnelle dans les domaines de l'informatique ;
- la recherche scientifique et technologique ainsi que la valorisation des résultats de la recherche ;
- la diffusion de la culture et de l'information dans les domaines relevant de sa compétence ;
- la collaboration avec d'autres structures de formation et/ou de recherche pour la préparation des diplômes ;
- et la participation à des programmes internationaux de formation et de recherche.

### **1.2.6 Partenaires de l'ESI**

L'ESI bénéficie pour la réalisation de ses enseignements du soutien des partenaires tels que :

- Université Ouaga 1 Pr Joseph KI -ZERBO ;
- Université Ouaga 2 ;
- Université de Norbert ZONGO ;
- Université Gaston BERGER (Sénégal) ;
- Agence Universitaire de la Francophonie ;
- Université Paris Dauphine (France) ;
- Université de Poitiers (France) ;
- Université Polytechnique de Catalogne (Espagne) ;
- Agence Nationale de Promotion des TICs (ANPTIC) ;
- Agence Nationale de Sécurité des Systèmes d'Information (ANSSI) ;
- Autorité de Régulation des Communications Électronique et des Postes (ARCEP).

## **1.3 Présentation de l'ANPTIC**

### **1.3.1 Présentation générale**

L'Agence Nationale de Promotion des Technologies de l'Information et de la Communication (ANPTIC) est le bras technique de l'Administration burkinabè en matière des TIC. Elle représente l'autorité nationale en matière de réalisation de grands programmes et projets TICs.

Il s'agit d'un Établissement Public de l'État (EPE) créé par le DECRET N°2014 055/PRES/PM/MEF/MDENP/MFPTSS du 07 février 2014 et placé sous la tutelle technique du Ministre en charge de l'Économie Numérique et sous la tutelle financière du Ministre en charge des Finances.

### **1.3.3 Objectifs de l'agence**

L'agence a pour objectifs de favoriser :

- ✓ l'approfondissement de l'appropriation des TIC ;
- ✓ l'innovation à travers le développement d'une expertise nationale reconnue et d'une industrie locale de services performante et compétitive, basée sur ces technologies ;
- ✓ l'assurance de la mise en œuvre des projets et programmes de développement des TIC ;
- ✓ l'opérationnalisation de la stratégie du Gouvernement en matière d'administration électronique ;
- ✓ la promotion de l'utilisation des TIC dans les autres domaines de développement économique, social, scientifique et culturel ;
- ✓ l'assurance de l'opérationnalisation de la cyber stratégie nationale adoptée en 2004.

### 1.3.5 Missions de l'ANPTIC

L'ANPTIC est l'autorité nationale en matière de réalisation de grands programmes des Technologies de l'Information et de la Communication. Elle a pour objet d'assurer la mise en œuvre des grands programmes de développement des TICs. Elle a notamment pour missions, d'une part, l'opérationnalisation de la stratégie du Gouvernement en matière d'administration électronique et, d'autre part, la promotion de l'utilisation des TIC dans les autres domaines de développement social, économique, scientifique et culturel. Les missions de l'agence sont assez énormes parmi lesquelles nous énumérons quelques-unes. A ce titre, ses missions sont entre autres en matière d'administration électronique :

- élaborer et mettre en œuvre le plan d'équipement de l'Administration ;
- assurer la sécurité des systèmes d'information de l'Administration ;
- assurer l'exploitation, le développement et la maintenance du Réseau Informatique National de l'Administration (RESINA) ;
- soutenir la formation continue des professionnels des TICs, afin d'aider les entreprises locales du secteur à développer une expertise reconnue, et valoriser cette expertise sur le marché international ;
- assurer l'accompagnement des personnes souhaitant développer des capacités professionnelles dans l'utilisation des outils liés aux technologies de l'information et de la communication et promouvoir l'utilisation des logiciels libres ;
- exécuter toute mission de service public confiée par le Gouvernement dans le cadre de la mise en œuvre des cyber-stratégies sectorielles ;
- etc.

### **1.3.6 Services offerts par l'ANPTIC**

Les offres de services s'étendent sur les secteurs, comme suit :

- ✓ les services pour les entreprises et les organisations de la société civile : les formations, la maîtrise d'ouvrage déléguée, l'assistance technique et l'élaboration Schéma Directeur Informatique ;
- ✓ les services pour les collectivités : l'interconnexion de sites, la téléphonie IP, l'accès internet, l'hébergement sites web, l'accès au RESINA, protection antivirale, la maîtrise d'ouvrage déléguée, l'assistance technique, le contrôle technique et l'élaboration Schéma Directeur Informatique ;
- ✓ les services pour l'administration centrale : la maîtrise d'ouvrage déléguée, l'assistance technique, contrôle technique et biens d'autres cités précédemment.

### **1.3.7 Départements de l'agence**

Pour la bonne gestion de l'agence, elle est hiérarchisée comme l'illustre la Figure 2.

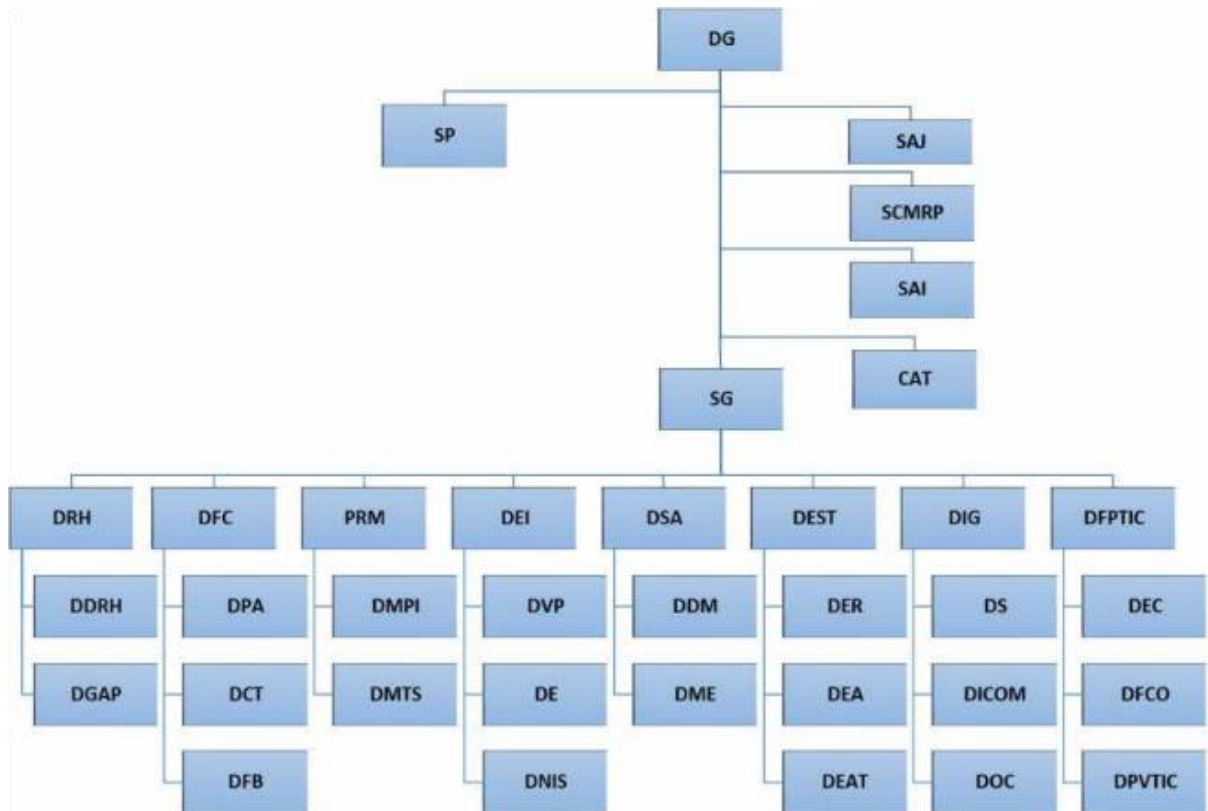


Figure 1. Les départements de l'ANPTIC

La Direction de l'Intranet Gouvernemental (DIG) dirigée par un Directeur, est la direction où nous avons notre stage. Elle est chargée de :

- assurer le développement et la maintenance du RESINA, l'exploitation et le développement des data center de l'Administration ;
- assurer la sécurité des systèmes d'information de l'Administration, le rôle d'intégrateur de solutions et la maîtrise d'ouvrage pour la mise en place des réseaux et systèmes ;
- analyser et valider les projets de mise en place d'infrastructures réseaux et systèmes ;

Elle comprend : le Département des Infrastructures de Communication, le Département de la Sécurité et le Département des Outils de Communication.

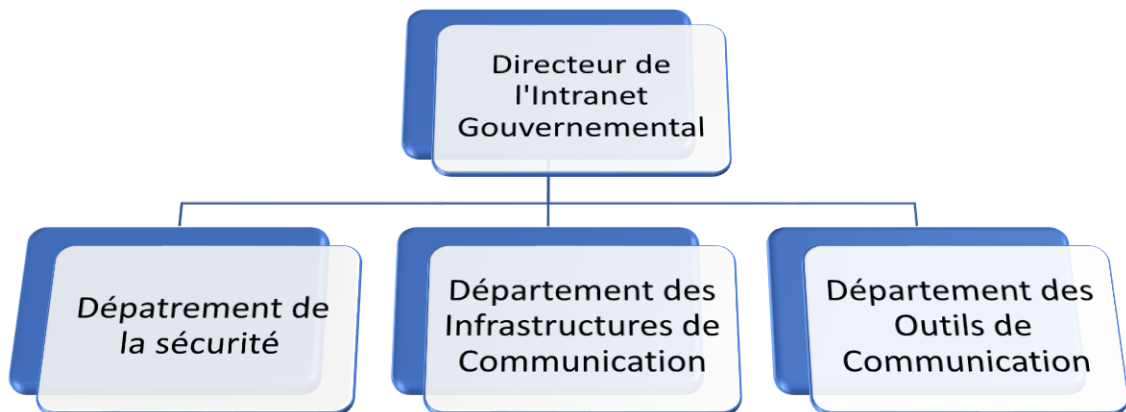


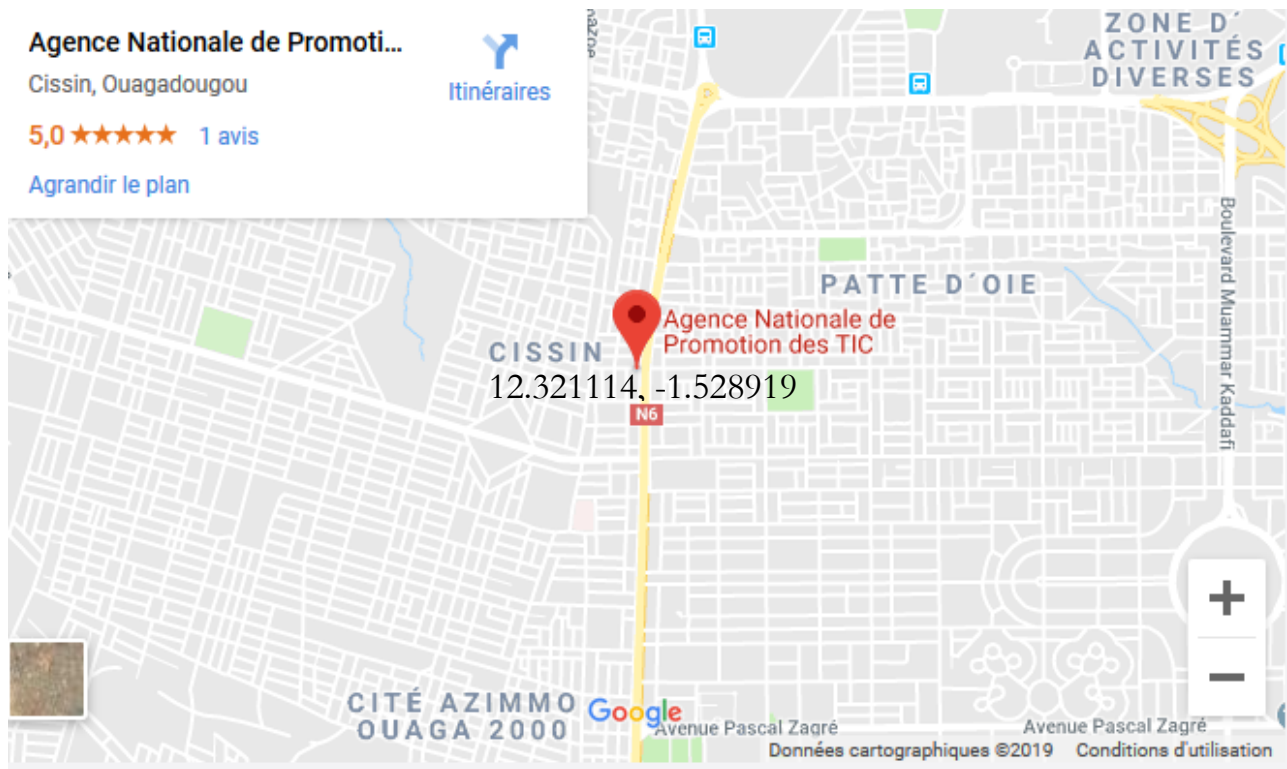
Figure 2. Les départements de la DIG

#### 1.3.4 Situation géographique et adresse de l'agence

L'agence est située sur le boulevard de l'insurrection populaire des 30 et 31 octobre, Cissin, Secteur 25, à Ouagadougou, Burkina Faso. Ses adresses sont les suivantes :

- adresse : (+226) 25 49 77 77 / (+226) 25 33 13 87
- site : [infos@anptic.gov.bf](mailto:infos@anptic.gov.bf)
- centre de support et d'assistance : (+226) 25 49 77 77





**Figure 3.** Localisation de l'ANPTIC

Source : <https://www.anptic.gov.bf/contact>

## 1.4 Présentation du projet

### 1.4.1 Contexte du projet

Nous assistons de plus en plus au Burkina Faso à des initiatives d'utilisation des TIC pour entre autres améliorer les conditions de vie mais aussi collecter des données environnementales facilitant les productions agropastorales, l'optimisation du trafic routier et l'automatisation de certaines tâches (ouverture des portes, etc...).

En témoignent les activités menées par des structures telles que KeoLid, Agritech, Beogolab, openburkina, Ouagalab et bien d'autres.

Dans le cadre de notre étude, le domaine des TIC mis en avant est celui des objets connectés. Avec ces objets, on est à mesure par exemple de surveiller ou contrôler à distance la production agricole, les besoins en eau des sols, la température et l'humidité d'un Datacenter. Ces objets connectés une fois déployés produisent un

grand volume de données qu'il faut stocker, gérer et analyser. Cela passe nécessairement par la mise en place d'une plateforme dédiée offrant des fonctionnalités telles que la gestion des capteurs (ajout, modification et suppression), le stockage et la visualisation des données produites par les capteurs.

### **1.4.2 Problématique**

Il existe de nombreuses plateformes d'objets connectés accessibles en ligne. Mais elles sont toutes hébergées hors du pays. Il est donc difficile d'avoir une maîtrise totale (déploiement et gestion) de celles-ci et d'assurer l'intégrité et la sécurité des données qui y sont hébergées. En plus de ce manque de contrôle de données, il serait intéressant que le stockage des données produites par les objets connectés soit mutualisé au niveau national. Ces raisons nous amènent à faire l'étude et la mise en place d'une plateforme nationale d'objets connectés au sein du G-Cloud.

### **1.4.3 Objectifs de l'étude**

Notre étude a pour objectif de :

- mettre en place une technologie nouvelle au profit de l'économie et des utilisateurs finaux ;
- relever le niveau du secteur agricole et de l'élevage via les solutions qu'offre la plateforme et de créer une richesse pour la communauté rurale ;
- tirer profit des projets innovants pour l'agro-industrie proposés par WAZIUP dans l'optique d'améliorer les conditions de travail des populations cibles en proposant des solutions à des coûts accessibles ;
- permettre aux utilisateurs finaux de bénéficier des nouvelles technologies sur mesure qui répondront à leurs besoins ;
- mettre à la disposition des développeurs Burkinabés une solution d'objets connectés (IdO) qui leur sera utile.

#### **1.4.4 Résultats attendus**

Nous escomptons à la fin de ce travail, avoir une plateforme IoT/big data déployée sur un serveur du G-Cloud. La plateforme permettra de :

- gérer à distance des capteurs ;
- stocker et traiter les données produites par des capteurs ;
- analyser ces données ;
- aider à la prise de décisions suite aux analyses effectuées.

#### **1.4.5 Gestion du projet**

Notre proposition d'organisation se base sur le principe de bonne pratique en matière de gestion de projet pour l'atteinte des résultats tout en respectant le délai impartis.

##### **1.4.5.1 Acteurs du projet**

Un ensemble d'acteurs associé au projet, influence directement ou indirectement son déroulement. Ils peuvent être moteurs, décideurs mais aussi opposants. Ils sont repartis en deux groupes dont le comité de pilotage et le groupe de projet.

##### **1.4.5.1.1 Comité de pilotage**

Il est constitué des responsables chargés de la coordination technique et le contrôle de la pertinence des solutions proposées. Le tableau suivant indique la composition de ce comité.

Tableau 2. *Le comité de pilotage*

Noms et Prénoms	Fonction	Contacts
<b>M. BALLO Ibrahim</b>	Directeur de projet G-Cloud, maître de stage.	<a href="mailto:ibrahim.ballo@tic.gov.bf">ibrahim.ballo@tic.gov.bf</a>
<b>M. ZOUGMORE Téeg-Wendé Gildas</b>	Enseignant chercheur à l'ESI, superviseur	<a href="mailto:teegwend@gmail.com">teegwend@gmail.com</a>

#### 1.4.5.1.2 Groupe de projet

Le groupe de projet est l'équipe chargée de la mise en œuvre des attentes du projet, d'assurer la cohérence et la faisabilité de la solution et de rendre compte au comité de pilotage tout en présentant des rapports d'évolution.

#### 1.4.5.2 Planning prévisionnel

Le planning prévisionnel est la description synthétique des travaux et l'affectation des ressources aux différentes tâches. La Figure 5 illustre le planning prévisionnel de notre travail.

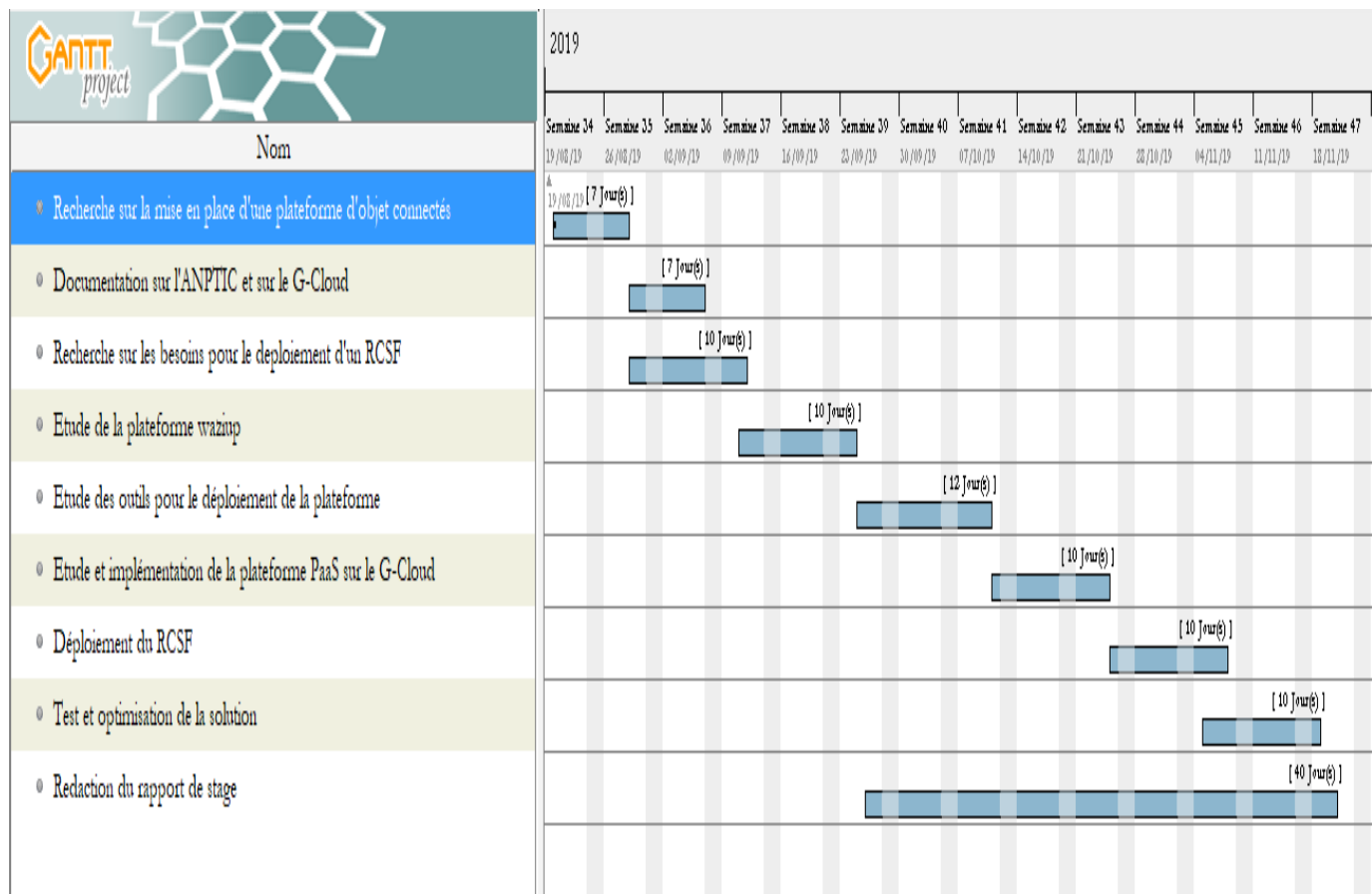


Figure 4. Le planning prévisionnel du projet

## 1.5 Conclusion

Dans ce chapitre il était question de présenter notre école ESI et la structure d'accueil ANPTIC. Ensuite nous procédés à la présentation du projet de notre stage qui a comme problématique l'absence d'une plateforme d'objets connectés nationale.

Dans le chapitre suivant nous effectuerons une analyse de l'existant et une présentation de la démarche de résolution du problème.

## Chapitre 2 Analyse de l'existant et démarche de résolution

### 2.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre consiste à faire une analyse de l'existant afin de proposer une démarche de résolution.

Dans ce chapitre nous procéderons d'abord à une présentation de l'existant, ensuite nous effectuerons un diagnostic de l'existant, et enfin nous présenterons notre démarche pour la résolution du problème.

### 2.2 Présentation de l'existant

#### 2.2.1 Le G-Cloud

Le projet de mise en place d'une plateforme Cloud au profit de l'administration, des entreprises et des citoyens (G-Cloud) est l'un des principaux projets pilotés par l'ANPTIC.

Ce projet permettra à terme, à notre pays d'apporter aux administrations et aux entreprises de la place une solution Cloud sécurisée, opérationnelle 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, garantissant une haute qualité de service et la fourniture de services connectés, fiables et adaptés à la demande.

Le Cloud Computing « Informatique en nuage » ou « informatique dématérialisée » est l'exploitation de la puissance de calcul ou de stockage de serveurs à travers un réseau, généralement Internet.

Le financement de ce projet est assuré par le Gouvernement du Burkina Faso avec l'appui du Royaume du Danemark à travers DANIDA (Coopération au

développement du Danemark). La réalisation de cette infrastructure est assurée par la société Alcatel-Lucent (NOKIA).

Le Cloud band Management System (CBMS) de NOKIA est la plateforme qui gère l'infrastructure du G-Cloud. La couche applicative du G-Cloud est essentiellement composée de :

- Open Stack qui regroupe des outils Open Source qui permettent de créer et gérer des Clouds privés et public ;
- la couche SaaS qui fournit des outils logiciels communs et applique des processus communs à être insérés dans les applications client, telles que l'authentification, la signature électronique les communication mobiles, etc. ;
- la couche PaaS offre des portails ouverts, afin de partager les actifs numériques du gouvernement avec les développeurs d'applications à travers des API ;
- la couche IaaS repose sur les technologies Cloudband et IP-MPLS, afin de fournir un système d'orchestration et de gestion centralisée des nœuds Cloud distribués offrant les ressources du réseau, serveurs et stockage.

### **2.2.2 Ressources matérielles**

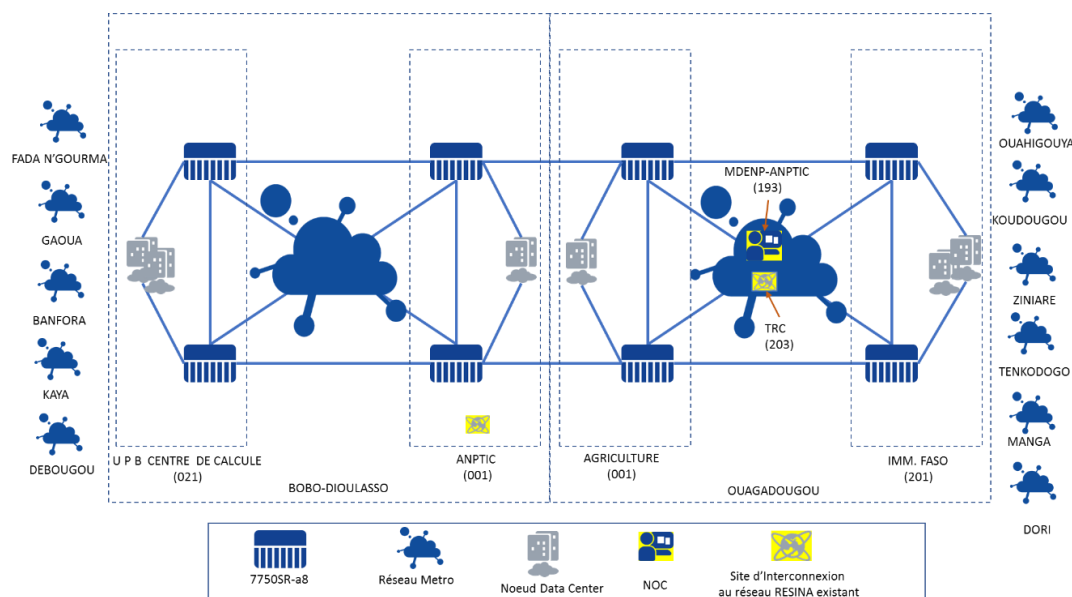
Le G-Cloud est composé de nombreuses ressources matérielles, certaines disposés dans des locaux techniques appelé datacenter au nombre de quatre (04). Ces Datacenters sont repartis entre la ville de Ouagadougou et celle de Bobo Dioulasso. Ces ressources sont présentées dans le Tableau 3.

**Tableau 3.** *Ressources matérielles du G-Cloud*

Désignations	Description et rôle	Nombres
Routeurs de services 7750SR a8	Ils assurent une connectivité redondante et garantir des échanges entre les nœuds Cloud à travers le réseau IP/MPLS	08
Routeurs d'agrégation de services 7210 SAS-Mxp	Ils assurent la connectivité 10Gbps entre les différents nœuds des Métro et constituent des points de convergence des sites de desserte	74
switchs d'accès de services 7210 SAS-K	Ils assurent la connectivité au niveau des clients, leur permettant d'accéder aux ressources du Cloud et sont raccordés aux Mxp par des liens 1Gbps	301
Serveur 5620 SAM	Assurer la supervision et l'administration de l'ensemble des routeurs, switchs et serveurs Cloud, assurer un rôle de serveur de rebond pour les connexions externes au réseau de management.	02
TP 5000 ou serveur NTP	C'est le serveur de gestion et synchronisation du temps	01
Réseau informatique de l'ANPTIC	Assurer l'interconnexion des sites et la connectivité inter urbaine. C'est un réseau	01



	de fibre optique avec une topologie hiérarchisée	
Nœud Cloud	Composé de deux (2) nœud de fédération et de six (06) nœuds distribués dont l'ensemble dispose d'une puissance de calcul et de plusieurs VMs à la disposition des utilisateurs	08
PSS 1830	C'est l'équipement de transmission de données utilisé sur les longues distances utilisant la technologie DWDM	08



**Figure 5.** *Vue d'ensemble de l'interconnexion des sites Métropolitains*

Source : 3HR-50426-FACB-DAZZA-01P06-Burkina Faso - HLD réseau IP-MPLS

## **2.3 Diagnostic de l'existant**

### **2.3.1 Atout**

L'agence regorge un grand nombre d'équipements que nous pouvons apprécier positivement sur le plan sécuritaire :

- ✓ l'existence de locaux appropriés comme Datacenters ;
- ✓ l'existence d'un système de climatisation permettant de maintenir les équipements dans un environnement adéquat de fonctionnement ;
- ✓ l'existence d'un détecteur d'incendie, de fumée et d'extinction automatique à gaz fm200 ;
- ✓ la présence des caméras de surveillance dans les datacenters ;
- ✓ l'absence de tout produit ou matière facilement inflammable dans les datacenters ;
- ✓ l'installation électrique composée d'éléments comme des onduleurs, groupe électrogènes, parafoudre, paratonnerre, fusible. Tous ces éléments protègent les équipements informatiques contre d'éventuels incidents liés au courant électrique ;
- ✓ la mise en place de pare-feu fortimanager pour la protection du réseau et des données qui y transitent ;
- ✓ l'existence d'une PKI permettant de gérer les signatures numériques pour toute application qui doit être déployée sur le G-Cloud ;
- ✓ l'utilisation des antivirus pour prévenir et éviter les intrusions ou attaques des ressources applicatives ;
- ✓ l'accès au réseau est soumis à des règles de gestion édités et appliqués par les administrateurs en charge de la sécurité des systèmes.

### **2.3.2 Insuffisance**

Les insuffisances de l'agence sont entre autres :

- ✓ l'absence d'une plateforme opérationnelle pour suivre à distance les paramètres environnementaux (carburant du groupe électrogène, la température) des datacenters et nœuds ;
- ✓ l'absence d'un système de sauvegarde complet qui est primordiale pouvant causer l'inaccessibilités de données en cas de sinistre sur un datacenter ;
- ✓ l'absence de plusieurs sources d'énergie redondante sur tous les nœuds afin d'assurer une disponibilité continue du réseau et des données.

### **2.3.3 Perspective**

En perspective l'ANPTIC peut :

- mettre en place un système de sauvegarde complet pour les données ;
- mettre en place des sources d'énergies secondaires sur les nœuds d'agrégation.

## **2.4 Démarche de résolution du problème**

### **2.4.1 Démarche suivie**

Dans le but de pouvoir régler le problème de suivi à distance des paramètres environnementaux, nous avons procédé à une première d'étude qui consiste à faire l'analyse de la solution et une capture des besoins fonctionnels. Les besoins techniques et la conception constituent la deuxième phase technique et la dernière phase qui consiste à faire le déploiement et les tests de la solution.

### **2.4.2 Moyens techniques nécessaires**

Pour mener à bien notre travail, nous avons eu besoins des ressources suivantes :

- un VPN et une VM sur le Cloud ;
- un ordinateur doté d'un système d'exploitation Linux Ubuntu 18\_04 ;

- une connexion internet illimitée ;
- un bureau assez confortable ;
- un kit de composants électroniques permettant de confectionner des capteurs et une passerelle.

## **2.5 Conclusion**

Le résultat produit par l'analyse de l'existant se résume par la connaissance du projet G-Cloud du Burkina Faso, s'appuyant sur des Datacenter et un réseau IP qui permet l'interconnexion et l'accès aux ressources matérielles et logicielles.

Elle nous a permis également d'avoir une vue éclairer sur les ressources nécessaires à l'atteinte de nos objectifs. Dans le prochain chapitre nous effectuerons une étude générale sur la mise en place d'une plateforme d'objets connectés.

## Chapitre 3 Généralités sur les plateformes d'objets connectés

### 3.1 Introduction

L'Internet des objets consiste à connecter des objets à des réseaux. Ces objets sont nommés « objets connectés ». Dans ce chapitre nous commençons avec la description d'une plateforme d'objets connectés, ensuite nous montrons l'architecture d'une plateforme d'objets connectés et nous terminons avec la mise en place d'une plateforme d'objets connectés.

### 3.2 Description d'une plateforme d'objets connectés

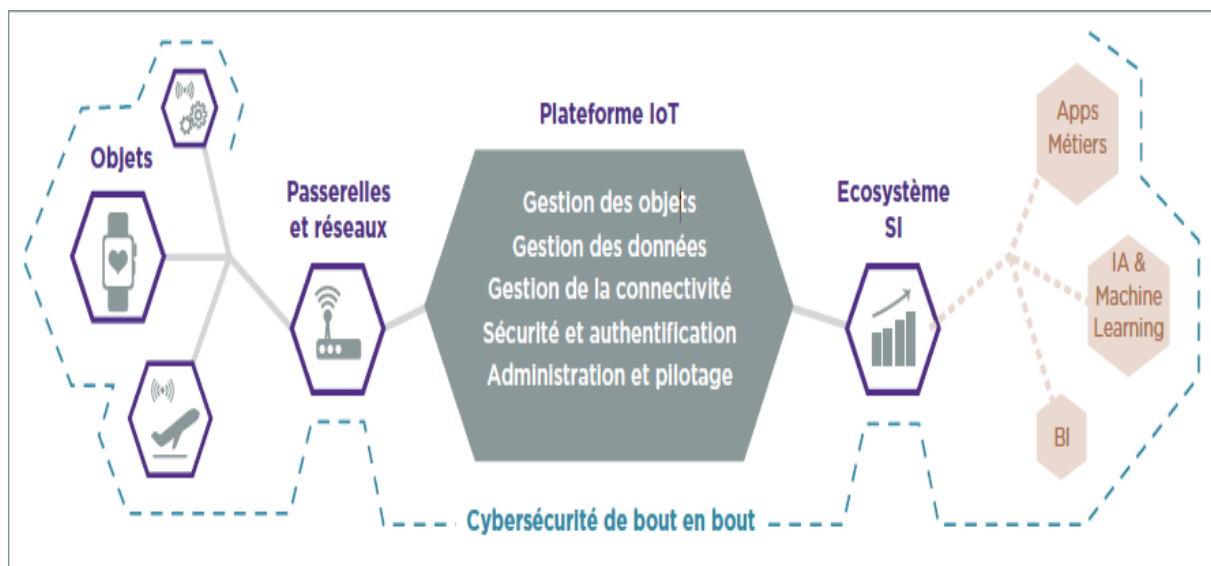
La plateforme d'objets connectés rassemble un ensemble de services qui permettent de collecter, stocker, corréler, analyser et exploiter des données. Elle fait ainsi référence au logiciel de support qui connecte l'ensemble du système objets connectés, en facilitant la communication, le flux de données, la gestion des périphériques et la fonctionnalité des applications. La plateforme connecte les appareils à un Cloud grâce à des options de connectivité flexibles.

Pour les développeurs, une plateforme d'objets connectés fournit un ensemble de fonctionnalités prêtes à l'emploi qui accélèrent considérablement le développement d'applications pour les périphériques connectés, tout en prenant en charge l'évolutivité et la compatibilité entre périphériques. Elle peut également servir de middleware lorsqu'elle connecte les périphériques distants aux applications utilisateurs tout en gérant les interactions entre le matériel et les couches des applications.

Une plateforme d'objets connectés est un composant essentiel de la chaîne de valeur de services connectés. Les objectifs des plateformes d'objets connectés peuvent être

différents d'une plateforme à une autre. Une plateforme IoT peut être définie comme l'ensemble des services techniques permettant de piloter les objets, de collecter, d'analyser les données envoyées, et de sécuriser les échanges des objets jusqu'au système d'information.

Une plateforme IoT en général, a pour tâche de gérer les objets, les données produites par ces objets et gérer également la connectivité. Elle dispose d'une sécurité et d'authentification pour éviter la perte de contrôle des objets par des administrateurs. Cette plateforme IoT et ses applications métiers permettent de construire un écosystème monitoré via des machines intelligentes.



**Figure 6.** Schéma descriptive d'une plateforme IoT

Source : <https://www.digora.com/fr/blog/plateforme-iot-comment-choisir>

### 3.3 Architecture générale d'une plateforme d'objets connectés

L'architecture d'un système IoT est composée de plusieurs niveaux qui communiquent entre eux pour relier le monde tangible des objets au monde virtuel des réseaux et du Cloud. Tous les projets n'adoptent pas une architecture

formellement identique, néanmoins il est possible de schématiser le parcours de la donnée. Un capteur commence par relever une mesure, la mesure relevée par le capteur est ensuite envoyée à la passerelle grâce à un premier protocole de communication.

Le rôle de la passerelle est de traduire les protocoles pour établir une communication entre les objets et le réseau (privé ou public, souvent le Cloud). Parfois une intelligence embarquée dans la passerelle permet le traitement et le stockage de la donnée, ainsi que des fonctions de pilotage de l'objet. Pour les protocoles courte portée (Zigbee, Z-Wave, WIFI, BLE), la passerelle est locale et se connecte souvent à la box du FAI. Pour les protocoles longue portée (Sigfox, LoRa, LTEM, NB-IoT, 3G/4G), la passerelle se trouve sur le réseau de l'opérateur télécom.

La plateforme IoT est une plateforme technique qui permet de collecter les données et superviser la flotte d'objets. La plateforme collecte les données, surveille, et contrôle les objets connectés. La plateforme logicielle IoT embarque une intelligence qui offre de multiples possibilités. Les mesures peuvent être stockées dans l'objectif de créer une historisation permettant la prédiction. La plateforme IoT communique avec différentes plateformes de services qui délivrent un service digital à l'utilisateur final restituant les données collectées des objets, permettant des actions de pilotage et apportant une couche d'intelligence (alertes, conseils, ...).

L'utilisateur bénéficie, dans la plupart des cas, d'une interface dédiée sur son terminal mobile, type smartphone. Il peut alors piloter son objet, accéder à l'historique des mesures relevées, et utiliser les différentes fonctionnalités prévues par la solution IoT. De part cette interface, l'entreprise peut communiquer avec l'utilisateur de façon directe et personnalisée. La stratégie de la sécurité doit être intégrée entièrement dans l'architecture pour éviter les failles matérielles et logicielles à tous les niveaux du système.

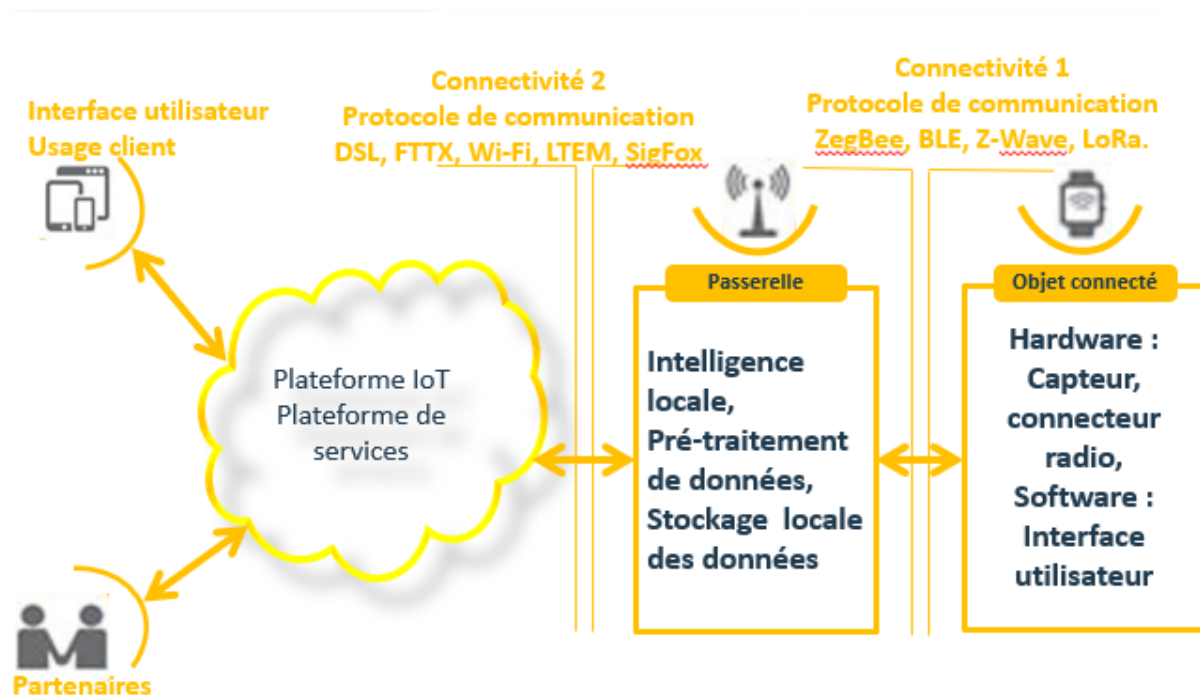


Figure 7. L'architecture générale d'une plateforme IoT

Source : <https://www.pwc.fr/fr/decryptages/data/la-bonne-architecture-iot.html>

### 3.4 Mise en place d'une plateforme d'objets connectés existante open source

Une plateforme **Open source** est un programme informatique dont le code source est distribué sous une licence permettant à quiconque de lire, modifier, ou redistribuer la solution. Comme solution Open source, il en existe plusieurs parmi lesquelles nous pouvons citer **WAZIUP** et **DIGORA**.

Afin de faciliter l'utilisation des objets connectés, **WAZIUP**, première plateforme **Open source** pour les IoTs et le **big data** en Afrique, a développé sa propre plateforme IoT Open-Source afin de nous proposer une solution complète qui combine agilité, ergonomie, sécurité et disponibilité.

Pour la mise en place des éléments de la plateforme open source, il faut d'abord commencer par le cloner. Ce qui permet d'avoir le code source et l'ensemble des



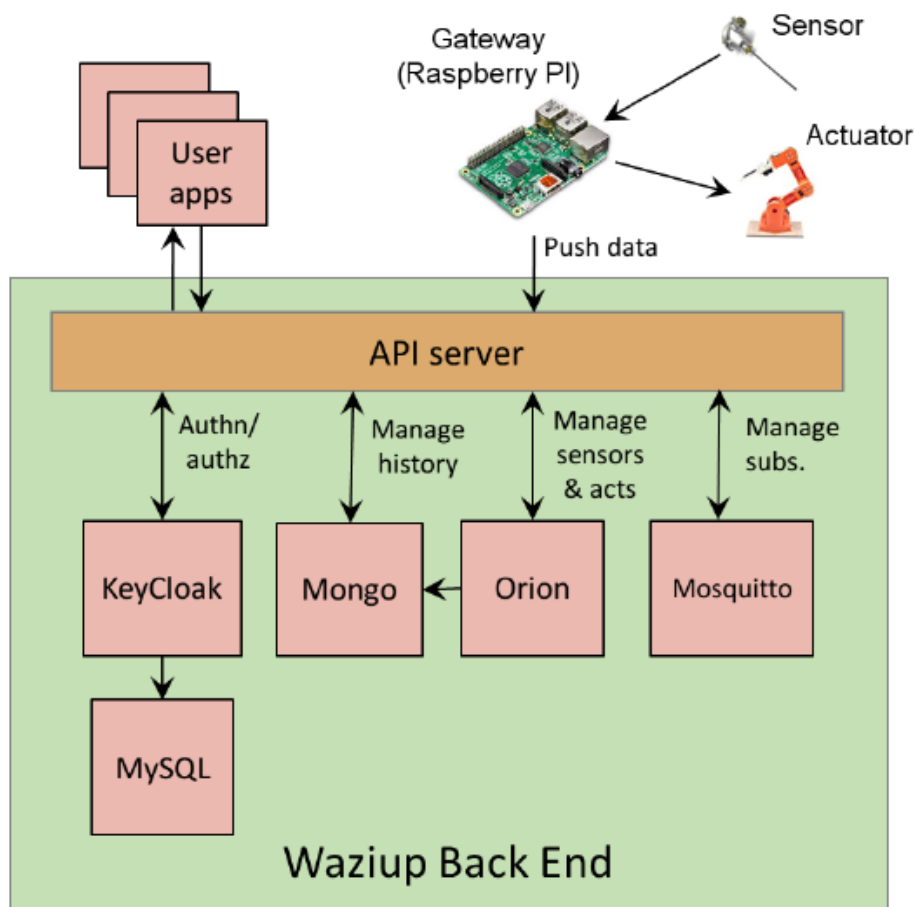
composants de la plateforme. Ce clonage s'effectue de plusieurs manières avec d'outils différents à savoir docker, kebernetes. La plateforme WAZIUP, plateforme open source, utilise ces deux outils cités précédemment. Plus de détails sur le serveur <https://github.com/Waziup/api-serveur/>.

L'étape de clonage consiste à télécharger tous les composants fonctionnant en arrière-plan (KeyClock, Orion, MongoDB, Mosquito et MySQL). Les fonctionnalités de ces composants sont entre autres :

- KeyCloak gère l'identification des utilisateurs et le contrôle d'accès sur la plateforme <https://github.com/Waziup/Platform/tree/master/keycloak> ;
- MongoDB est la base de données documentaire qui stocke les données et le contexte sur les appareils, capteurs, actionneurs, passerelles, projets, activité sociale et notifications des utilisateurs ;
- Orion est le gestionnaire des capteurs et/ou des actionnaires, stocke leurs données dans la base de données MongoDB <https://github.com/Waziup/Platform/tree/master/orion> ;
- Mosquitto est un courtier MQTT<sup>1</sup>. Il permet de publier et de souscrire à des flux de données de capteur avec une grande efficacité ;
- MySQL est la base de données qui stocke les informations sur l'utilisation, y compris les informations liées à la sécurité telles que le mot de passe cryptée et l'accès aux ressources.

---

<sup>1</sup> MQTT est un protocole de messagerie publish-subscribe basé sur le protocole TCP/IP.



**Figure 8.** *Les composants de WAZIUP en arrière-plan*

Source : WAZIUP\_D3.5

Ensuite il faut procéder au téléchargement de tous les images auxquelles dépend la plateforme. Et enfin démarrer les services de la plateforme.

### 3.5 Risques des objets connectés

Les objets connectés présentent beaucoup d'avantages, cependant leurs risques sont énormes dont voici quelques-uns :

- **environnemental** : chaque appareil doit être alimenté en électricité et est construit avec des métaux de plus en plus rares ;
- **piratage** : qui dit objet connecté dit objet piratable ;

- **vie privée** : les entreprises récupèrent de nombreuses informations vous concernant ;
- **sécurité** : risque de dysfonctionnement de l'appareil.

### **3.5 Conclusion**

L'étude sur les généralités des plateformes d'objets connectés nous a permis de savoir dans un premier temps qu'est-ce qu'une plateforme IoT, d'établir leur architecture générale. En secundo, cette étude nous a également permis donner les étapes clés pour la mise en place d'une plateforme IoT. Dans le prochain chapitre, nous essayerons de faire une étude approfondie afin de faciliter sa mise en œuvre.

## Chapitre 4 Etude détaillée de la solution

### 4.1 Introduction

Il est question dans ce chapitre de faire une étude détaillée de la plateforme WAZIUP. Nous décrivons dans un premier temps la plateforme WAZIUP. Dans un second temps, d'une présentons la solution technique de WAZIUP. En troisième lieu, nous donnons des détails sur son architecture et terminons par une description des technologies utilisées par la plateforme WAZIUP.

### 4.2 Description de la plateforme WAZIUP

#### 4.2.1 Généralités

Le programme subsaharien WAZIUP, destiné à promouvoir l'utilisation de l'Internet des objets (IdO) dans le monde rural en Afrique, a été lancé début février 2016 à Dakar par le CTIC<sup>2</sup>, l'incubateur sénégalais spécialisé dans les technologies de l'information et de la communication. Financé par l'Union européenne à hauteur de 3 millions d'euros pour une période de trois ans, WAZIUP regroupe des acteurs de quatre pays africains et cinq pays européens et vise à aider à lancer des applications pratiques dans des secteurs comme l'agriculture, l'irrigation, l'élevage, la pisciculture ou la gestion de l'eau.

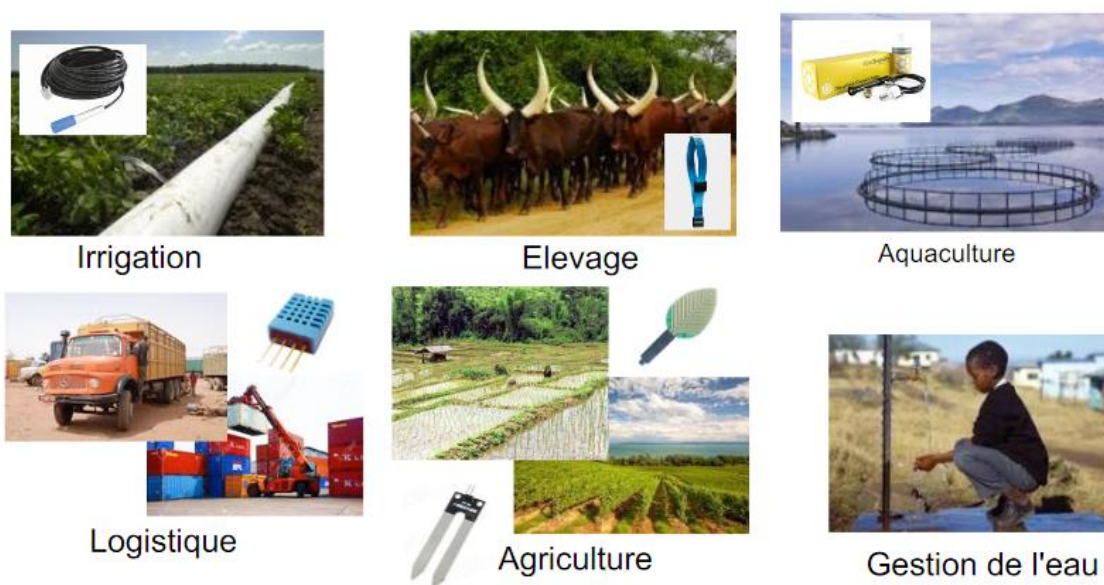
Le programme WAZIUP se situe dans un contexte assez simple : il s'agit de montrer que les objets connectés sont accessibles, pratiques et pas chers. Pour cela, certains concepts vont être expérimentés par ces centres de recherche comme les universités Gaston Berger de Saint Louis (Sénégal), Nazi BONI (ex-UPB) de Bobo Dioulasso (Burkina Faso) ou de Pau (France). Nous avons quatre pays à savoir le Sénégal (Université Gaston Berger, Coders4Africa), le Ghana (Farmerline et iSpace

---

<sup>2</sup> CTIC Dakar est un incubateur TIC du Sénégal.

Foundation), le Togo, via l'incubateur Woelab et le Burkina Faso, représenté par l'Université Nazi BONI (ex-UPB) de Bobo.

Pour sa part, il s'agira notamment pour WAZIUP, de répondre à certaines problématiques comme le vol de bétail ou l'agriculture de précision, grâce à des capteurs installés. Et grâce à ces mêmes capteurs il est possible ainsi de suivre par exemple les mouvements d'un troupeau. Afin d'optimiser l'utilisation de l'eau et d'augmenter les rendements, une ferme agricole expérimentale au sein de l'UGB est utilisée pour des tests sur l'agriculture sur la base des capteurs qui vont donner des informations sur la température, l'humidité et le potentiel hydrogène (pH) du sol.



**Figure 9.** *Les domaines d'intervention de WAZIUP*

Source : WAZIUP\_Presentation

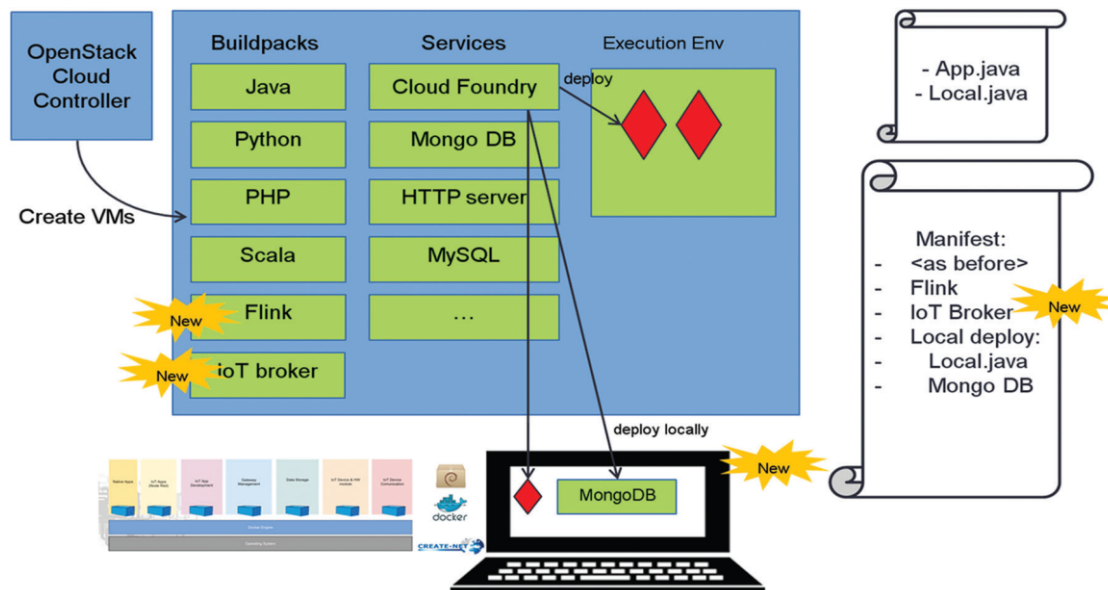
#### 4.2.2 WAZIUP : une plateforme de services PaaS

La plateforme en tant que service (PaaS) est une catégorie du service de Cloud computing qui fournit une plateforme permettant aux clients de développer, exécuter et gérer des applications. Un PaaS cadre compile une application à partir de son code source, puis se déploie dans des machines virtuelles ou des conteneurs légers. Cette compilation et le déploiement s'effectue à l'aide d'un fichier appelé manifeste, qui permet au développeur de décrire la configuration et les besoins en ressources applicative.

La plateforme met à la disposition des applications, des services décrits par le fichier manifeste. En outre, les environnements PaaS offrent généralement une interface permettant aux applications d'agrandir ou de réduire leurs activités, ou de planifier diverses tâches au sein des applications.

L'idée de WAZIUP est d'étendre le paradigme du PaaS à l'IoT, de développer une application IoT Big Data. Beaucoup de services doivent être installés et configurés, tels que des bases de données et des événements complexes moteurs de traitement. De plus, il nécessite une connaissance approfondie des divers protocoles de communication, la programmation de périphériques intégrés, le stockage, le traitement et l'analyse des données de manière distribuée et enfin la programmation des interfaces graphiques et des interactions utilisateurs. La promesse du PaaS étendu à l'IoT revient à faire abstraction de ce travail dans une large mesure.

La Figure 11 illustre le déploiement de PaaS dans WAZIUP. PaaS traditionnel, les environnements sont généralement installés sur l'IaaS (voir la Figure 11). Les boîtes bleues sont des serveurs physiques, respectivement le contrôleur de Cloud et un nœud de calcul. L'environnement PaaS est ensuite installé dans les machines virtuelles IaaS, en vert au niveau de la Figure 11. Nous utilisons Cloud Foundry comme Framework PaaS. Il fournit également un certain nombre de services préinstallés tels que MongoDB ou Apache Tomcat.



**Figure 10.** *Le déploiement PaaS dans WAZIUP*

Source : WAZIUP\_D1.1\_Part2\_Architecture

Le fichier manifeste montré sur le côté droit, fournit un langage de haut niveau qui permet décrivant les services à instancier. Nous proposons d'étendre ce langage haut niveau aux services Big Data tels que :

- flux de données et courtier de messages ;
- moteurs CEP ;
- moteurs de traitement par lots ;
- moteurs de visualisation de données.

En outre, nous proposons d'inclure dans le manifeste une description de l'Internet des objets capteurs requis par l'application. Cette requête inclut des données telles que le type de capteur, emplacement et propriétaire. Le manifeste comprend également la configuration des capteurs. L'application sera ensuite déployée à la fois dans le nuage global et dans le nuage local.

### 4.3 Solution technique de WAZIUP

WAZIUP se concentre principalement à proposer des solutions techniques IoT/BigData open-source, peu coûteuses mais performantes, compatibles avec le niveau de vie des pays en voie de développement. Les principales solutions proposées par WAZIUP incluent :

- une plateforme de détection de longue portée IdO qui utilise du matériel Arduino en source ouverte (WaziDev),
- une plateforme portail de longue portée IdO avec du matériel Raspberry-PI (WaziGate),
- une plateforme Cloud modulaire et sécurisée IdO avec un tableau de bord ouvert qui intègre des composants matériels et logiciels pour le développement d'application IdO (WaziCloud) et ;
- une application pour l'agriculture destinée à une analyse des données et à une visualisation avancée (WaziFarm).

Du point de vue technique, WAZIUP introduit l'innovation en construisant sur les piliers suivants de la technologie IdO/BigData, spécialement conçus pour l'écosystème rural :

- confidentialité et sécurité : en portant une attention particulière à la confidentialité et à la sécurité, aspects spécifiques avec les communautés impliquées (agriculteurs, développeurs) ;
- personnalisation et convivialité : les modèles recevront des exigences des utilisateurs et garantira la conformité avec tous les logiciels les plus courants ;
- une plateforme interopérable ouverte : par le biais de normes et de protocoles ouverts du Consortium géospatial (OGC), du W3C, de l'IEEE de l'Union européenne, les SDO (CEN, CENELEC et ETSI, etc.) pour toutes ses technologies clés ;
- ouverture continue : à travers la publication de la spécification ouverte et ouverte composants logiciels et / ou algorithmes ;



- faible coût et faible consommation d'énergie : grâce à la conception de l'innovation matériel (capteurs / actionneurs), et de la communication et du réseau IoT Infrastructure.

Cette plateforme utilisera également les téléphones mobiles et traitement en temps réel pour responsabiliser les utilisateurs et fournir les services nécessaires.

Ci-après une liste compacte de fonctionnalités techniques de base comprises dans les plateformes :

- la collecte de données en temps réel, combinée à des analyses et à des logiciels d'automatisation : ainsi, la plateforme offrira des solutions rentables pour agréger différentes machines et types de capteurs à générer efficacité, automatisation intelligente et optimisation dans le contexte rural ;
- l'analyse intelligente des données de capteurs et de dispositifs : étudiée pour optimiser pour la performance du lieu de travail rural, détecter les pannes potentielles, et enfin réduire les coûts de maintenance globaux ;
- l'intégration à la plateforme tierce : permet aux clients de bénéficier de la mise à l'échelle rapide et facile.
- le fournisseur PaaS (plateforme en tant que service) : WAZIUP fournira aux entreprises clientèle avec la plateforme maintenue indépendamment sur laquelle des applications web et mobiles, des services et des applications mobiles peuvent être construits.

#### **4.4 Architecture de la plateforme WAZIUP**

Cette section fournit les détails de l'architecture de la plateforme WAZIUP. Un aperçu fonctionnel est donné, suivi de la définition des composants et des diagrammes de séquence.

#### 4.4.1 Vue d'ensemble fonctionnelle

Cette section présente la vue fonctionnelle de l'architecture. La Figure 12 nous montre la présentation fonctionnelle de WAZIUP. Le bloc le plus haut représente la plateforme Cloud, celle du milieu est la connectivité réseau et le dernier représente le déploiement local, y compris la passerelle et les capteurs.

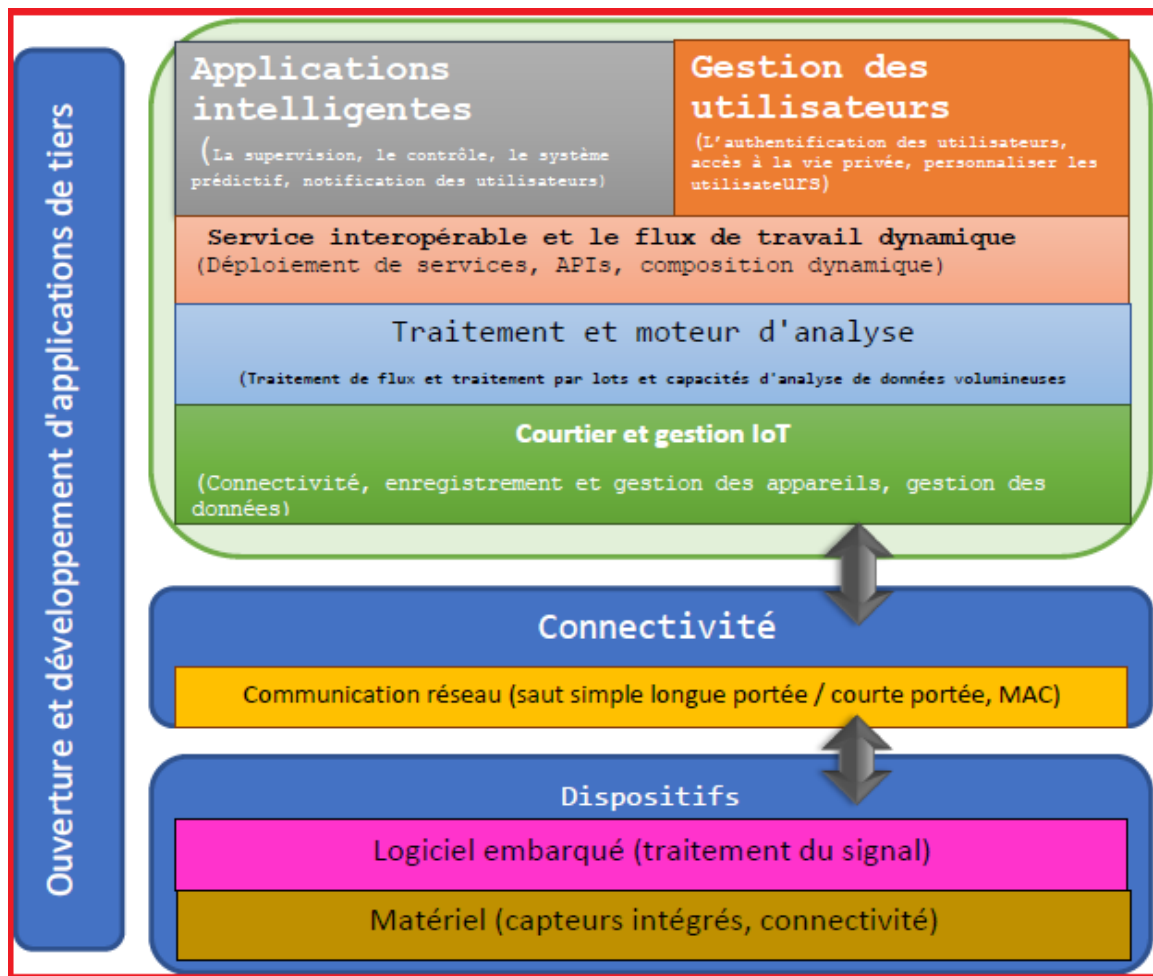


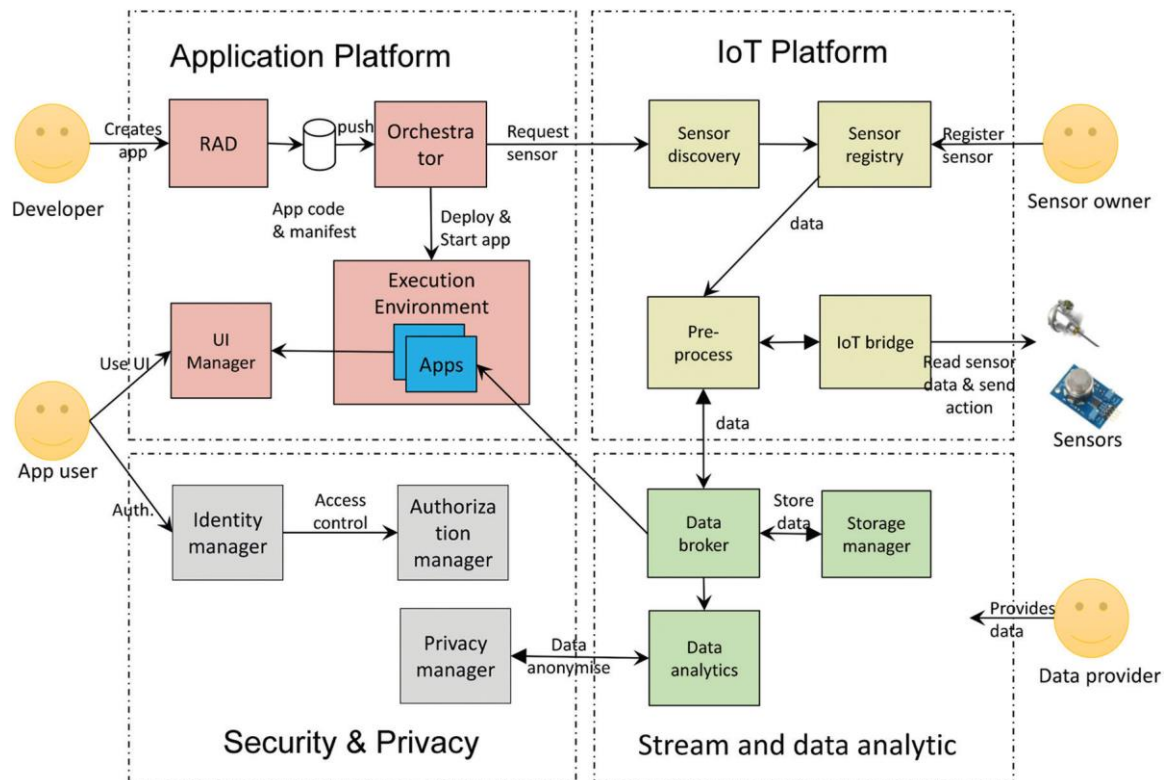
Figure 11. *Vue d'ensemble fonctionnelle*

Source : WAZIUP\_D1.1\_Part2\_Architecture

#### 4.4.2 Composants de la plateforme WAZIUP

L'architecture complète de WAZIUP est présentée par les illustrations suivantes. La Figure 13 constitue l'architecture du logiciel de WAZIUP Cloud et la seconde,

l'architecture du déploiement de la plateforme logicielle. L'architecture du logiciel Cloud montre les quatre domaines fonctionnels tels que : le domaine de la plateforme applicative, le domaine de la plateforme IoT, le domaine de la sécurité et confidentialité et enfin le domaine de l'analyse de flux et de données.



**Figure 12.** L'architecture complète de la plateforme WAZIUP

Source : WAZIUP\_D1.1\_Part2\_Architecture

Les éléments/composants qui constituent cette architecture logicielle seront décrits dans le point [Descriptions des composants](#). L'architecture ci-dessous montre le déploiement du logiciel de la plateforme.

Les dispositifs sont des artefacts techniques destinés à fournir une interface entre le monde numérique et le monde physique, c'est-à-dire un lien entre les entités virtuelles et celles physiques. Un capteur est un appareil spécial qui perçoit certaines caractéristiques du monde réel et les transfère dans une représentation numérique.

Un nœud de capteurs est la plateforme physique où un ou plusieurs capteurs sont connectés. Il transmettent les mesures de données à la passerelle.

La passerelle permet à plusieurs nœuds de capteurs d'être connectés. Elle effectue la transformation des données et la transformation dans le Cloud. Elle est parfois capable d'exécuter des automatisations locales notamment les applications conteneurisées et des services de bases de données.

Le Cloud locale est une infrastructure capable de fournir des services aux clients dans une zone limitée.

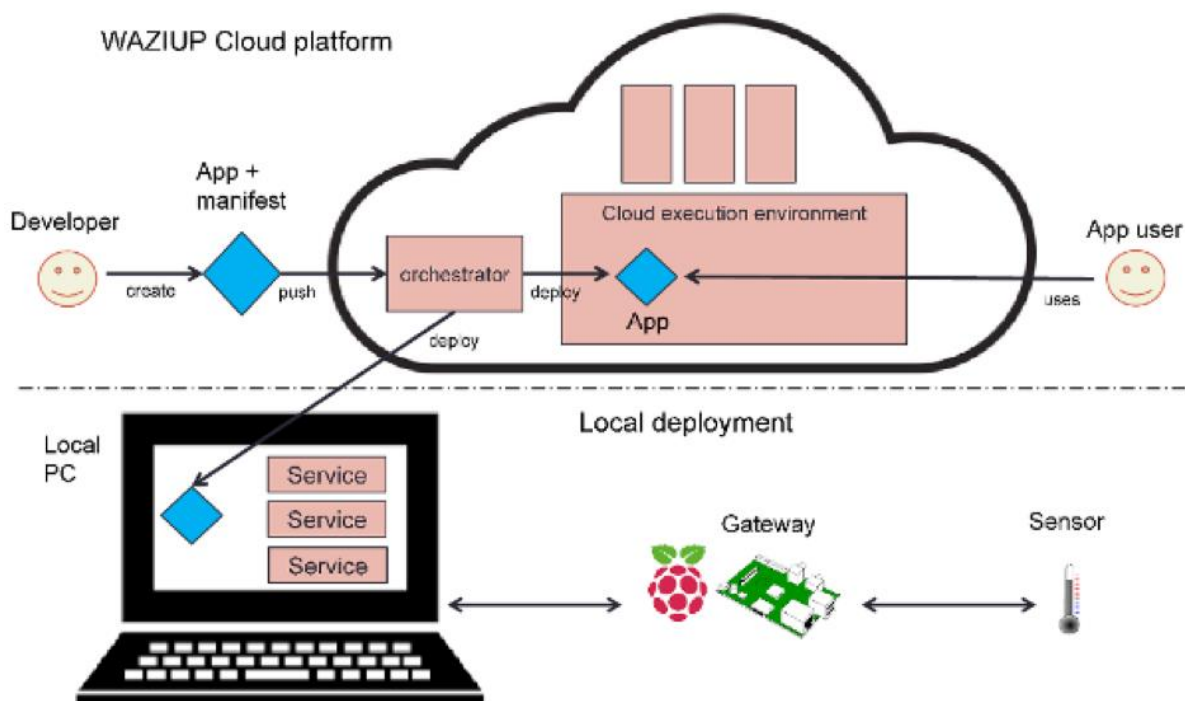


Figure 13. L'architecture du déploiement du logiciel de la plateforme

Source : WAZIUP\_D1.1\_Part2\_Architecture

#### 4.4.3 Descriptions des composants

La plateforme d'application implique le développement de l'application elle-même et son déploiement dans le Cloud et dans la passerelle. Un outil de développement

rapide d'applications (RAD) peut être utilisé, tel que comme Node-Red. Elle offre l'interface web d'accès aux capteurs et aux données mesurées

L'utilisateur fournit le code source de l'application, ensemble avec le manifeste. Le manifeste décrit les exigences de l'application en termes de :

- exigences de calcul (RAM, CPU, disque) ;
- références à des sources de données (capteurs, sources Internet, etc.) ;
- gros moteurs de traitement de données (Flink, Hadoop...) ;
- configuration des capteurs (c.-à-d. Taux d'échantillonnage) ;
- déploiement d'applications locales et globales.

Le code source de l'application, ainsi que le manifeste, est poussé vers le WAZIUP Cloud plateforme par l'utilisateur. Le composant d'orchestrateur lira par le manifeste et déclenchera la compilation de l'application. Alors Il déploiera l'application dans l'environnement d'exécution du Cloud. Ça va aussi instancier les services nécessaires à l'application, comme décrit dans le manifeste. La dernière tâche de l'orchestrateur consiste à demander le détecteur, les sources de données et la connexion à partir des composants IoT de l'architecture.

La plateforme IoT est constituée de la découverte de capteurs, du registre de capteurs, du prétraitement et du pont IoT. Le module de la découverte de capteurs sera chargée de récupérer une liste de capteurs qui correspond à la description du manifeste.

La source de données externes telles que les API Internet peut également être connecté directement au courtier de données (data broker). Les capteurs sélectionnés pour chaque application transmettront leurs données en prétraitement, via le pont IoT. Le module du prétraitement est chargée de la gestion de la connexion et configuration des capteurs. De plus, il contiendra les routines pour prétraiter les données, telles que le nettoyage, l'extrapolation, le regroupement et la moyenne. Les données historiques peuvent être stockées à l'aide du gestionnaire de stockage.

Le domaine Sécurité et confidentialité contient trois composants : le gestionnaire d'identité, le gestionnaire des autorisations et le gestionnaire de la confidentialité. Le premier est chargé de fournir l'identification, les rôles et les connexions des utilisateurs. Le gestionnaire d'autorisations fournit la stratégie d'accès pour chacun des ressources WAZIUP. Enfin, la gestion privée fournit des services aux utilisateurs pour la confidentialité de la communication et également l'anonymisation des données.

## **4.5 Descriptions des technologies utilisées**

Les principales technologies utilisées par WAZIUP sont entre autres la technologie sans fil IEEE 802.22 ou 802.20 ou 802.16 ou 802.15 ou 802.11, LPWAN, SigFox, LoRa et celle Docker. La technologie LoRa est la véritable technologie utilisée par le projet WAZIUP. Les détails sont fournis dans la documentation WAZIUP\_D21\_Version-1.1-low-res.

### **4.5.1 Technologie de communication LoRa**

LoRa est une technologie réseau longue portée permettant la communication à bas débit d'objets connectés. A l'instar de la 3G/4G, le protocole LoRa permet la transmission aussi bien en extérieur qu'en intérieur sur des distances plus longues. L'avantage de LoRa, par rapport à un réseau cellulaire conventionnel, est l'autonomie des récepteurs ainsi que le coût d'utilisation.

Le réseau LoRa est conçu de manière à consommer le moins d'énergie possible. Il serait ainsi possible d'atteindre une autonomie de l'ordre de plusieurs années sur des produits comme des compteurs (d'eau, d'électricité, etc.) avec une batterie. Les autres avantages sont la portée de chaque passerelle (~10km en zone rurale et 3km en ville) ainsi que le faible coût de mise en place par rapport à un réseau GSM conventionnel.

Le coût d'utilisation par objet sera de l'ordre mensuel de CHF 1<sup>3</sup> (613.73 FCFA) au moins suivant la quantité d'objets. Pour un service similaire sur un réseau GSM le cout minimum est plus élevé. C'est une technologie offrant un compromis performance ou prix, et c'est pourquoi WAZIUP l'utilise principalement pour construire des infrastructures IoT à faible coût et sa plateforme. Ce qui le rend très prometteur pour le déploiement à grande échelle de l'Internet des objets.

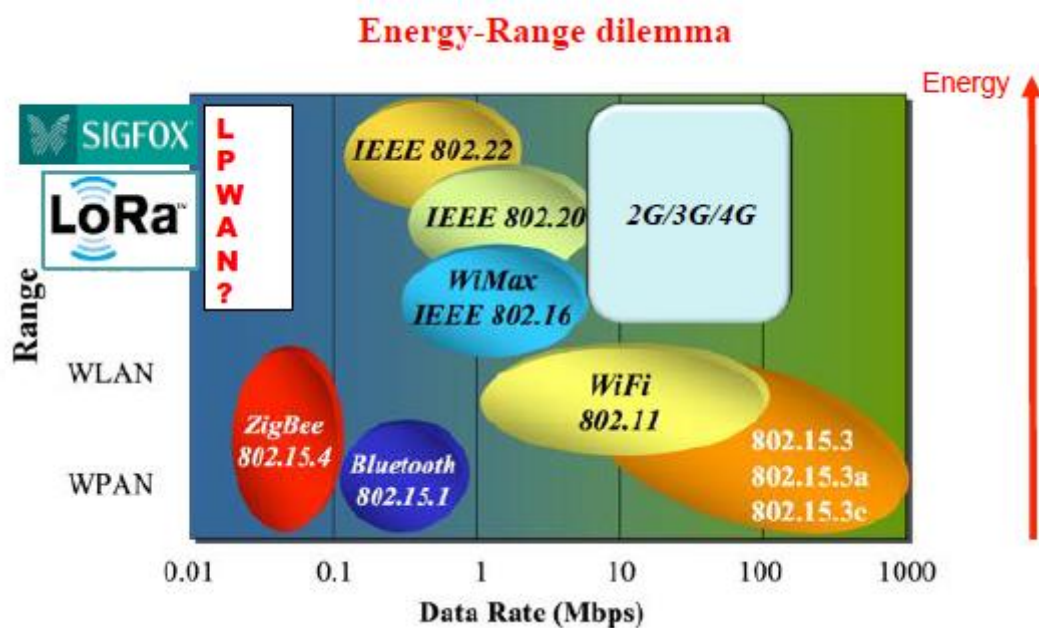


Figure 14. Les technologies utilisées par WAZIUP

Source : WAZIUP\_D21\_Version-1.1-low-res

Nous nous contentons uniquement de la technologie LoRa souvent appelée LoRa Long-Range qui est beaucoup plus utilisée. LoRa est une technologie radio longue portée développée par Semtech qui la définit (LoRa™ ou Long-Range) comme une technique de modulation offrant une portée nettement plus longue que les technologies concurrentes.

La modulation est basée sur des techniques à spectre d'étalement de fréquence (CSS en anglais Chirp Spread Spectrum) avec correction d'erreur directement intégrée

<sup>3</sup> CHF 1 : 1 Franc Suisse



(FEC en anglais Forward Error Correction). LoRa améliore de manière significative la sensibilité du récepteur et comme avec les autres spectres techniques de modulation, utilise toute la bande du canal pour diffuser un signal, robuste pour le bruit de canal et insensible aux décalages de fréquence causés par l'utilisation de faibles coûts de cristaux.

LoRa peut également démoduler les signaux à 19.5 dB en dessous du bruit de fond alors que la plupart des systèmes fréquences shift keying (FSK) nécessite une puissance de signal de 8-10 dB au-dessus du bruit de fond pour la démodulation correcte. La modulation LoRa est la couche physique, qui peut être utilisée avec différents protocoles et dans différentes architectures de réseau (maillé, étoile, point à point et autres).

Dans la technologie LoRa, le débit et la plage dépendent de trois (03) paramètres principaux : BW (la largeur bande), CR (Code Rate), et SF (le facteur d'étalement). BW est la bande passante physique pour la modulation RF et peut prendre des valeurs de 500 kHz, 250 kHz, 125 kHz, et 62.5 kHz. Une plus grande largeur de bande du signal permet un débit de données effectif plus élevé, ce qui réduit le temps de transmission au détriment d'une sensibilité réduite.

La modulation LoRa ajoute également une correction d'erreur directe (FEC) à chaque transmission de données. CR (Code Rate) est le taux de codage pour le transfert, détection et correction d'erreur et entraîne une surcharge de transmission. Cette mise en œuvre est réalisée en codant des données à 4 bits avec des redondances en 5 bits, 6 bits, 7 bits ou même 8 bits. L'utilisation de cette redondance permettra au signal LoRa de supporter de courtes interférences. La valeur du taux de codage (CR) doit être ajustée en fonction des conditions du canal utilisé pour la transmission des données. S'il y a trop d'interférences dans le canal, il est recommandé d'augmenter la valeur de CR.

Cependant, l'augmentation de la valeur CR augmentera également la durée de la transmission. Ce taux permet de calculer le **overhead ratio** (ratio de frais généraux)



par la formule suivante : **overhead ratio** =  $\frac{4}{(4 + CR)}$ . Le ratio des frais généraux (coding rate) est 1.25 si la valeur de CR est égale à 1 qui est d'ailleurs la valeur minimale.

Enfin SF est le facteur de propagation pouvant être réglé de 6 à 12. Plus le SF est plus bas, plus le débit de transmission est élevé mais plus l'immunité aux interférences est faible, plus la portée devient petite. Les tableaux suivants nous montrent le débit de LoRa et la sensibilité pour diverses valeurs de BW et SF. Le dernier montre l'influence du Coding Rate sur le nombre de bits ajouté.

Bande passante (KHz)	Facteur de propagation	Rb nominal (bps)	Sensibilité (dBm)
125	6	9380	-122
125	12	293	-137
250	6	18750	-119
250	12	586	-134
500	6	3750	-116
500	12	1172	-131

**Figure 15.** Le débit de LoRa et la sensibilité en fonction des valeurs de : BW et SF

Source : WAZIUP\_D21\_Version-1.1-low-res

Ration des frais	Ration des frais cyclique	Ration des frais généraux
1	4/5	1.25
2	4/6	1.5
3	4/7	1.75
4	4/8	2

**Figure 16.** L'influence du Coding Rate sur le nombre de bits ajouté

Source : WAZIUP\_D21\_Version-1.1-low-res

### 4.5.2 Technologie docker

#### Qu'est-ce qu'un conteneur docker ?

Un conteneur est un package logiciel qui comprend tout le nécessaire pour exécuter des applications. Contrairement à une machine virtuelle, qui virtualise l'ordinateur sous-jacent, un conteneur virtualise le système d'exploitation. Il se trouve au sommet d'un serveur physique et son système d'exploitation hôte est généralement Windows ou Linux. Chaque conteneur partage le noyau du système d'exploitation hôte, les fichiers binaires et les bibliothèques. De plus, il est uniquement possible de lire les composants partagés dans un conteneur.



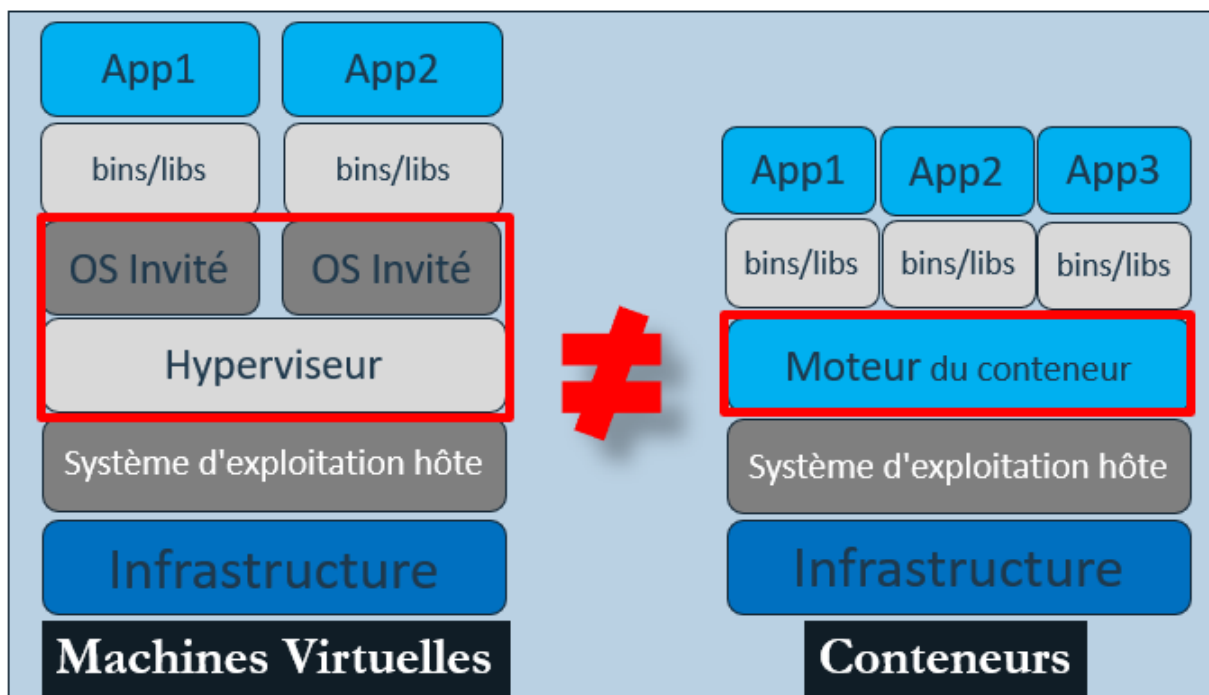
Figure 17. *Image d'un conteneur docker*

### 4.5.3 Etude comparée d'une VM et d'un conteneur docker

Les Machines virtuelles et Conteneurs ont leurs avantages et bien évidemment leurs inconvénients. Par exemple lancer ou créer un conteneur est plus rapide que de lancer une VM. Mais une VM offre une meilleure isolation. Et ils ne sont pas forcément incompatibles, bien souvent, Docker est simplement utilisé dans une VM pour uniformiser une application entre les différents environnements.

Le plus gros défaut des conteneurs, c'est le fait que ce n'est pas cross-platform. On lance des conteneurs Linux sous Linux, des conteneurs BSD sous BSD ou des conteneurs Windows sous Windows.

La différence principale à retenir entre un conteneur et une VM, c'est que chaque machine virtuelle comprend un système d'exploitation complet qui habituellement pèse quelques **Go** de données. Tandis que les containers comprennent l'appliquatif et ses dépendances mais partagent le kernel avec leurs semblables. Ils sont isolés du système hôte.



**Figure 18.** Etude comparée d'une VM et d'un conteneur docker

<https://www.alibabacloud.com/fr/knowledge/difference-between-container-and-virtual-machine>

#### 4.5.4 Cas d'utilisation de docker

Docker est un moyen de conteneuriser des applications mais pas dans le but de remplacer la virtualisation. Plusieurs exemples de cas d'utilisation à savoir :

- le déploiement : puisque Docker a pour vocation de conteneuriser des applications, il devient simple de créer un conteneur pour notre application, et la dispatcher où bon nous semble.

- le développement : cela permet d'avoir facilement le même environnement de développement qu'en production, si ça marche quelque part, ça marchera partout. Cela permet également de pouvoir sur la même machine, tester avec plusieurs versions d'un même logiciel. Par exemple pour une application PHP, on pourrait facilement tester sur plusieurs versions de PHP, puis plusieurs versions de Nginx et d'autres serveurs web.
- l'installation des applications : étant donné que Docker propose une multitude d'outils, nous trouverons à quel point il est facile et rapide d'installer une application, bien souvent une seule ligne de commande suffit pour l'avoir installée.

#### **4.6 Conclusion**

L'étude détaillée de la plateforme WAZIUP nous a permis de faire une description de la plateforme dans un premier temps. Dans un second temps, l'étude de la plateforme nous a également permis de montrer les solutions techniques suivi de son architecture réseau et logicielle. En troisième lieu, nous avons présenté les technologies utilisées par la plateforme WAZIUP où nous avons évoqué les technologies LoRa et Docker. Cette étude a fait l'objet d'une étude comparée entre la VM et un conteneur docker. Dans le chapitre suivant, nous implémentons la solution, puis nous procédons des tests de la solution.

## Chapitre 5 Implémentation et test de la solution

### 5.1 Introduction

Ce présent chapitre est dédié aux différentes étapes de déploiement de la solution. Pour la réalisation du déploiement, nous partons d'abord de la présentation des différents prérequis à installer sur le OS Linux, ensuite l'installation et les configurations nécessaires de la plateforme et enfin nous faisons un bilan général sur le déploiement de la solution.

### 5.2 Ressources nécessaires

#### 5.2.1 VM et ses caractéristiques

##### Définition de la VM

La VM est une émulation d'un système informatique. De plus, elle est basée sur une architecture d'ordinateur et fournit les fonctionnalités d'un ordinateur physique. Cela inclut du matériel spécialisé, des logiciels ou une combinaison des deux. Un hyperviseur ou un moniteur de machine virtuelle est utilisé pour créer et exécuter des ordinateurs virtuels.

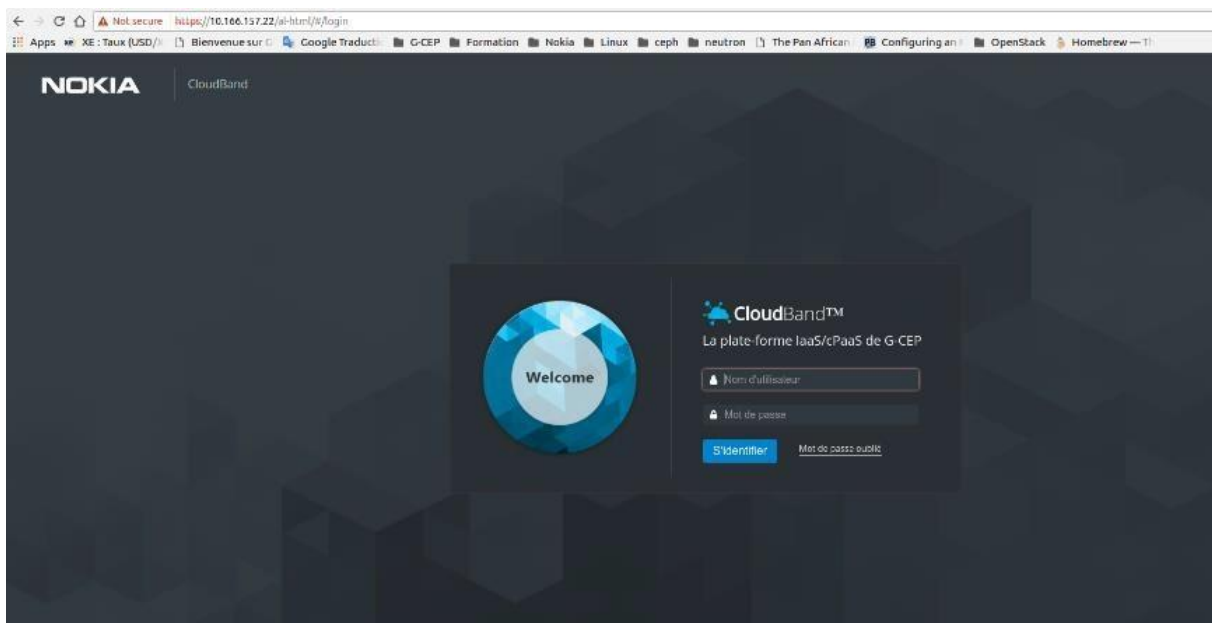
Il existe deux types de machines virtuelles : machines virtuelles systèmes et processus de machines virtuelles. Les **machines virtuelles systèmes** prennent en charge le partage des ressources physiques d'un ordinateur hôte entre plusieurs machines virtuelles. Un **processus de machine virtuelle** exécute des programmes informatiques dans un environnement indépendant de la plateforme.

##### Caractéristiques et création de la VM

Tout comme une machine physique, notre VM possède comme caractéristiques suivantes : 4CPU avec 2,4 GHz/s, 4Gio et une capacité de stockage de 100Gio. Le système d'exploitation utilisé est un OS Linux (Ubuntu 18.04.3 LTS) avec une

version du noyau 4.15.0-72-generic. Pour la création de la VM, nous sommes servis de la documentation CREATION\_VM.docx du G-Cloud.

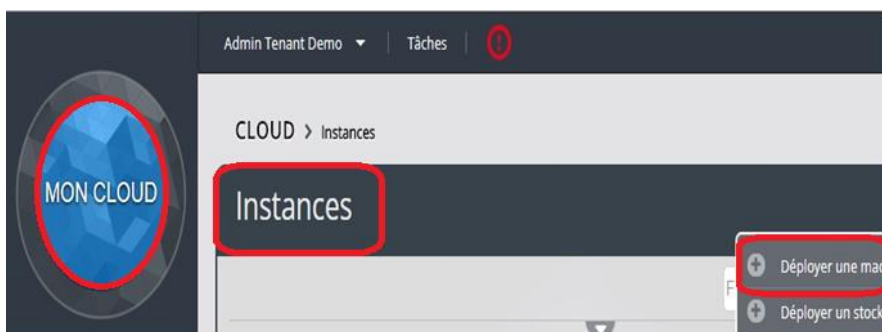
L'étape suivante consiste à créer la VM de façon standard. De ce fait la création de la VM, nécessite un accès à la plateforme Cloud (CBMS). Cet accès au portail de la plateforme CBMS est conditionné par la possession d'un compte de type **Cloud Owner** comme indique la figure :



**Figure 19.** Le portail de la plateforme CBMS

Source : CREATION\_VM.docx

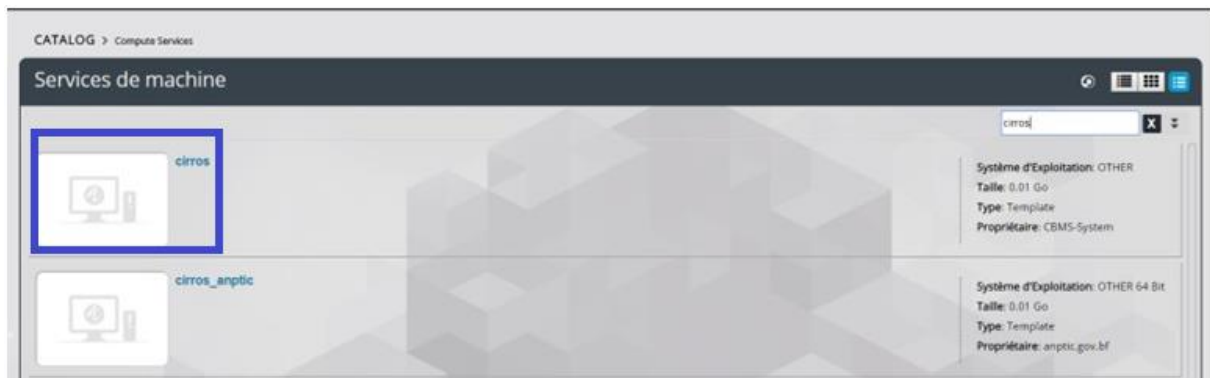
Une fois connecté, aller sur l'option « **MON CLOUD** » ensuite le bouton **Instances** et enfin **Déployer une machine**.



**Figure 20.** Interface de déploiement Cloud

Source : CREATION\_VM.docx

Dans la section suivante, sélectionnons l'image à déployer dans le répertoire d'image, dans notre cas nous avons choisi **cirros** :



**Figure 21.** *Les services de machine*

Source : CREATION\_VM.docx

Renseignons les champs obligatoires, donnons un nom à la nouvelle VM qui sera déployer, chosions l'option **Default** dans le champ Déploiement et l'offre de machine.

### Déployer une machine

Information sur la machine

Système d'Exploitation: OTHER | Taille: 0.01 GB | Type: Template | Propriétaire: CBMS-System

**cirros**

Nom de la machine \*

Déploiement \*  [Créer un\(e\) nouveau\(elle\)](#)

Offre de machine

BKFS-RVM-flavor	CPU	RAM
default	1	1024MB
GCEP-02vCPU-04GB	2	4096MB
GCEP-02vCPU-08GB	2	8192MB
GCEP-02vCPU-16GB	2	16384MB

Déployer une machine Paramètres avancés Annuler

1 DEMO-USR

CIDR: 10.10.201.0/24

Adresse IP de la passerelle: 10.10.201.1

Adresse IP de début: 10.10.201.2

Adresse IP de fin: 10.10.201.254

Zone de placement: N/A

Nœud: N/A

Adresse IP statique

SR-IOV ☐

Plage IP - Début : 10.10.201.2 Fin : 10.10.201.254

Groupe de sécurité

Déployer une machine Paramètres avancés Annuler

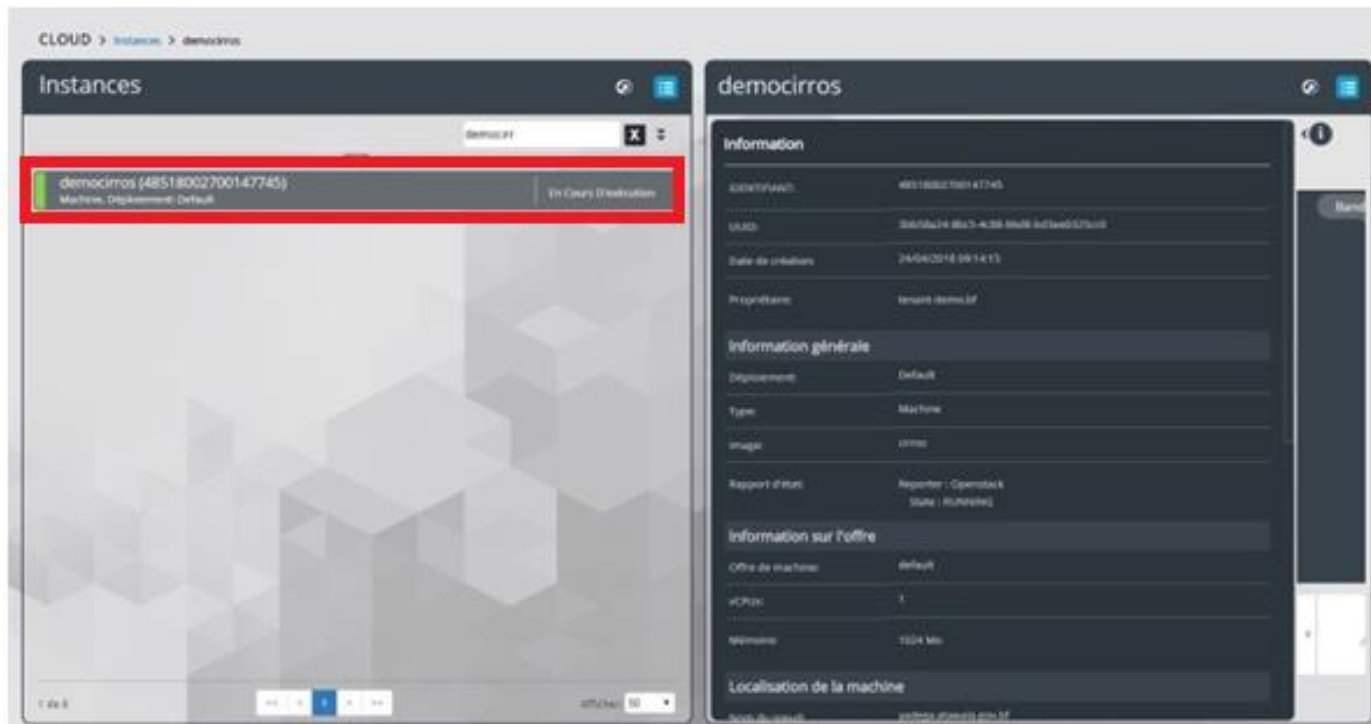
Figure 22. Le déploiement de la VM

Source : CREATION\_VM.docx

Les caractéristiques ici dans la section rouge sont données de façon standard. La section jaune concerne la partie network de la VM, rajoutons le réseau précédemment crée **DEMO-USR** puis cliquons sur **Déployer une machine** tout en acceptant les **termes et condition**, le processus de création de la machine démarre.

La figure suivante montre que la VM a été créée avec succès et son statut est en exécution.





**Figure 23.** *Fin de la création et exécution de la VM*

Source : CREATION\_VM.docx

## 5.2.2 Concepts de base et installation de docker

### 5.2.2.1 Concepts de base de docker

Docker est une application qui simplifie le processus de gestion des processus d'application dans les containers (conteneurs). Les conteneurs nous permettent d'exécuter nos applications dans des processus isolés des ressources. Ils sont similaires aux machines virtuelles, mais les conteneurs sont plus portables, plus respectueux des ressources et plus dépendants du système d'exploitation hôte. C'est-à-dire les conteneurs n'utilisent les ressources de la machine hôte que lorsqu'ils sont démarrés ou en cours d'exécution.

Docker est la technologie de conteneurisation, permettant de simplifier l'utilisation des outils présents dans le noyau Linux. Selon la firme de recherche sur l'industrie 45 Research, « Docker est un outil qui peut emballer une application et ses dépendances dans un conteneur virtuel, qui pourra être exécuté sur n'importe quel

serveur Linux ». Ceci permet d'étendre la flexibilité et la portabilité d'exécution d'une application, que ce soit sur la machine locale, un Cloud privé ou public, une machine nue. Pour la suite, nous allons installer et utiliser Docker Community Edition (CE).

### 5.2.2.2 Installation de docker

#### ❖ Étape 1 : Conditions préalables

Pour l'installation, nous aurons besoin des éléments suivants :

- un OS Ubuntu 18.04 configuré en suivant un guide de configuration initiale, y compris un utilisateur **sudo** non **root** ;
- un compte sur GitHub pour donner un accès au shell.

#### ❖ Étape 2 : Installation de Docker

Le package d'installation de Docker disponible dans le référentiel officiel Ubuntu peut ne pas être la version la plus récente.

- ✓ Installation de docker à l'aide de référentiels par défaut

La première étape consiste à mettre à jour les référentiels logiciels. Par conséquent, exécutons la commande suivante sur un terminal :

```
sudo apt-get update
```

```
root@koudoussou-laptop:~# apt-get update
Réception de :1 http://security.ubuntu.com/ubuntu bionic-security InRelease [88,7 kB]
Atteint :2 http://bf.archive.ubuntu.com/ubuntu bionic InRelease
```

Il est recommandé de désinstaller l'ancienne version de docker s'il était déjà installé sur notre PC avec la commande ci-contre.

```
sudo apt-get remove docker docker-engine docker.io
```

```

root@koudoussou-laptop:~# apt-get remove docker docker-engine docker.io
Lecture des listes de paquets... Fait
Construction de l'arbre des dépendances
Lecture des informations d'état... Fait
Le paquet « docker-engine » n'est pas installé, et ne peut donc être supprimé
Le paquet « docker » n'est pas installé, et ne peut donc être supprimé
Le paquet « docker.io » n'est pas installé, et ne peut donc être supprimé
0 mis à jour, 0 nouvellement installés, 0 à enlever et 0 non mis à jour.

```

Figure 24. La suppression des anciens paquets de docker

La section en bleue montre que docker n'est pas installé.

Installons docker sur notre OS « Ubuntu 18.04 » avec l'aide de la commande suivante :

```
sudo apt-get install docker.io
```

```

root@koudoussou-laptop:~# apt install docker.io
Lecture des listes de paquets... Fait
Construction de l'arbre des dépendances
Lecture des informations d'état... Fait
Les paquets supplémentaires suivants seront installés :
  bridge-utils cgroupfs-mount containerd git git-man liberror-perl pigz runc
  ubuntu-fan
Paquets suggérés :
  aufs-tools btrfs-progs debootstrap docker-doc rinse zfs-fuse | zfsutils
  git-daemon-run | git-daemon-sysvinit git-doc git-el git-email git-gui gitk
  gitweb git-cvs git-mediawiki git-svn
Les NOUVEAUX paquets suivants seront installés :
  bridge-utils cgroupfs-mount containerd docker.io git git-man liberror-perl
  pigz runc ubuntu-fan
0 mis à jour, 10 nouvellement installés, 0 à enlever et 0 non mis à jour.
Il est nécessaire de prendre 56,9 Mo dans les archives.
Après cette opération, 291 Mo d'espace disque supplémentaires seront utilisés.
Souhaitez-vous continuer ? [O/n] o

```

```

Paramétrage de docker.io (18.09.7-0ubuntu1~18.04.4) ...
Ajout du groupe « docker » (GID 127)...
Fait.
Created symlink /etc/systemd/system/sockets.target.wants/docker.socket → /lib/systemd/system/docker.socket.
Traitement des actions différées (« triggers ») pour systemd (237-3ubuntu10.31) ...
Traitement des actions différées (« triggers ») pour man-db (2.8.3-2ubuntu0.1) ...
Traitement des actions différées (« triggers ») pour ureadahead (0.100.0-21) ...
ureadahead will be reprofiled on next reboot

```

Figure 25. L'installation de docker.io

Ensuite nous démarrons et automatisons le service de docker afin qu'il s'exécute au démarrage de notre système. Pour ce faire les deux commandes ci-dessous permet de faire cette configuration.

`systemctl start docker` et `systemctl enable docker`

```
root@koudoussou-laptop:~# systemctl start docker
root@koudoussou-laptop:~# systemctl enable docker
Synchronizing state of docker.service with SysV service script with /lib/systemd/systemd-sysv-install.
Executing: /lib/systemd/systemd-sysv-install enable docker
```

- ✓ Installation de docker à l'aide de référentiels officiels

Il est toujours recommandé de faire une mise à jour locale de la base de données.

`sudo apt-get update`

Ensuite, nous devons exécuter la commande qui suit pour permettre à notre système d'accéder aux référentiels docker via HTTPS :

`sudo apt install apt-transport-https ca-certificates curl software-properties-common`

```
root@koudoussou-laptop:~# apt install apt-transport-https ca-certificates curl software-properties-common
Lecture des listes de paquets... Fait
Construction de l'arbre des dépendances
Lecture des informations d'état... Fait
ca-certificates est déjà la version la plus récente (20180409).
software-properties-common est déjà la version la plus récente (0.96.24.32.11).
Les paquets supplémentaires suivants seront installés :
  libcurl4
Les NOUVEAUX paquets suivants seront installés :
  apt-transport-https curl libcurl4
3 paquets à jour, 3 nouvellement installés, 0 à enlever et 0 non mis à jour.
Il est nécessaire de prendre 375 ko dans les archives.
Après cette opération, 1 191 ko d'espace disque supplémentaires seront utilisés.
Voulez-vous continuer ? [O/n] o
```

Figure 26. L'exécution de la commande d'accès aux référentiels docker via HTTPS

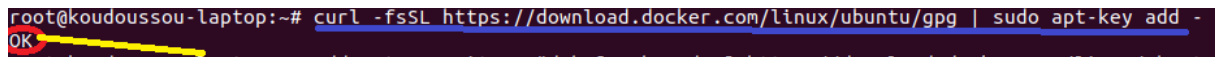
Description de la commande ci-dessus :

**apt-get transport-https** : permet au gestionnaire de paquets de transférer des fichiers et des données via https ;

**ca-certificates** : permet au système et au navigateur web de vérifier les certificats de sécurité. Et enfin **curl** est un outil pour transférer des données, **software-properties-common** ajoute des scripts pour la gestion des logiciels.

La commande suivante vérifie l'authenticité de docker :

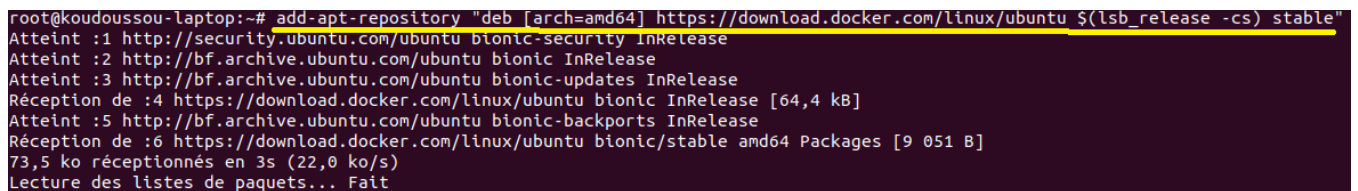
```
sudo curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg | sudo
apt-key add -
```



```
root@koudoussou-laptop:~# curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg | sudo apt-key add -
OK
```

Ajoutons maintenant le référentiel de docker, avec la commande :

```
sudo add-apt-repository "deb [arch=amd64] https://download.docker.com/linux/ubuntu $(lsb_release -cs) stable"
```



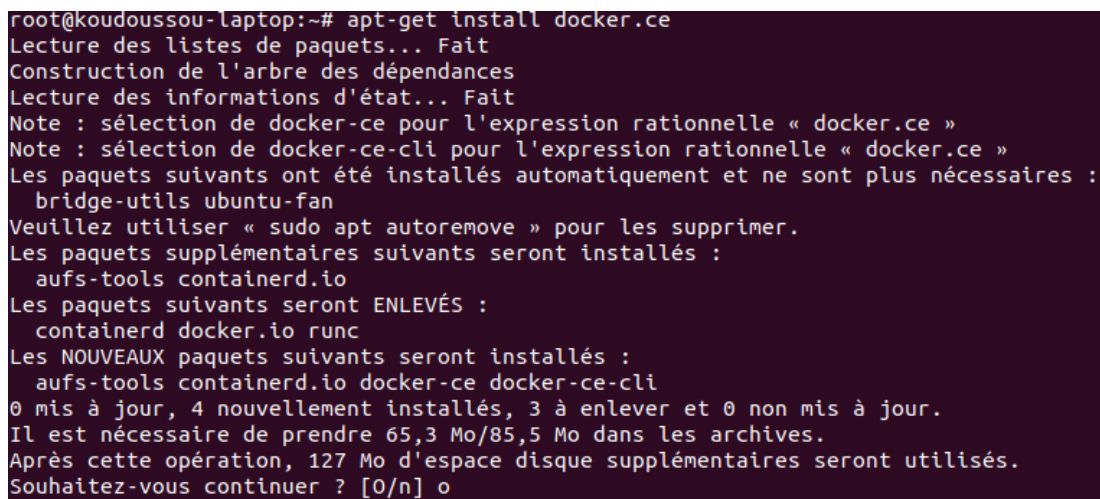
```
root@koudoussou-laptop:~# add-apt-repository "deb [arch=amd64] https://download.docker.com/linux/ubuntu $(lsb_release -cs) stable"
Atteint :1 http://security.ubuntu.com/ubuntu bionic-security InRelease
Atteint :2 http://bf.archive.ubuntu.com/ubuntu bionic InRelease
Atteint :3 http://bf.archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-updates InRelease
Réception de :4 https://download.docker.com/linux/ubuntu bionic InRelease [64,4 kB]
Atteint :5 http://bf.archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-backports InRelease
Réception de :6 https://download.docker.com/linux/ubuntu bionic/stable amd64 Packages [9 051 B]
73,5 ko réceptionnés en 3s (22,0 ko/s)
Lecture des listes de paquets... Fait
```

Figure 27. Installation du référentiel docker

Exécutons les commandes suivantes pour installer la dernière version de docker :

```
Sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get install docker-ce
```



```
root@koudoussou-laptop:~# apt-get install docker-ce
Lecture des listes de paquets... Fait
Construction de l'arbre des dépendances
Lecture des informations d'état... Fait
Note : sélection de docker-ce pour l'expression rationnelle « docker.ce »
Note : sélection de docker-ce-cli pour l'expression rationnelle « docker.ce »
Les paquets suivants ont été installés automatiquement et ne sont plus nécessaires :
  bridge-utils ubuntu-fan
Veuillez utiliser « sudo apt autoremove » pour les supprimer.
Les paquets supplémentaires suivants seront installés :
  aufs-tools containerd.io
Les paquets suivants seront ENLEVÉS :
  containerd docker.io runc
Les NOUVEAUX paquets suivants seront installés :
  aufs-tools containerd.io docker-ce docker-ce-cli
0 mis à jour, 4 nouvellement installés, 3 à enlever et 0 non mis à jour.
Il est nécessaire de prendre 65,3 Mo/85,5 Mo dans les archives.
Après cette opération, 127 Mo d'espace disque supplémentaires seront utilisés.
Souhaitez-vous continuer ? [O/n] o
```

Figure 28. Installation de docker-ce

```
sudo apt-get install docker-ce=<VERSION>
```

Ici l'option `<VERSION>` est remplacée par la version souhaitée. Pour vérifier qu'il est en cours d'exécution, exécutons la commande suivante :

```
systemctl status docker
```

```
root@koudoussou-laptop:/home/koudoussou# systemctl status docker
● docker.service - Docker Application Container Engine
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/docker.service; enabled; vendor preset:
   Active: active (running) since Mon 2019-10-14 12:15:06 GMT; 31min ago
     Docs: https://docs.docker.com
    Main PID: 9240 (dockerd)
      Tasks: 13
     CGroup: /system.slice/docker.service
             └─9240 /usr/bin/dockerd -H fd:// --containerd=/run/containerd/contai
```

Figure 29. L'état des services de docker

La sortie de données nous montre que le service est actif et en cours d'exécution. Pour finir avec l'installation de docker et ses dépendances, installons le docker-compose qui est un élément capital pour le bon fonctionnement de docker. Exécutons la série des deux commandes ci-dessous :

```
sudo curl -L "https://github.com/docker/compose/releases/download/1.24.0/docker-
compose-$(uname -s)-$(uname -m)" -o /usr/local/bin/docker-compose
```

```
root@koudoussou-laptop:~# curl -L "https://github.com/docker/compose/releases/download/1.23.1/docker-compose-$(uname -s)-$(uname -m)" -o /usr/local/bin/docker-compose
  % Total    % Received % Xferd  Average Speed   Time    Time     Time  Current
                                 Dload  Upload   Total   Spent    Left   Speed
100 617      0 617    0     0    722      0 --:--:-- --:--:-- --:--:--    721
100 11.1M  100 11.1M    0     0  25709      0  0:07:36  0:07:36 --:--:-- 16197
```

```
sudo apt-get install docker-compose
```



```

root@koudoussou-laptop:~/Platform# apt install docker-compose
Lecture des listes de paquets... Fait
Construction de l'arbre des dépendances
Lecture des informations d'état... Fait
Les paquets supplémentaires suivants seront installés :
  golang-docker-credential-helpers libpython-stdlib python python-asn1crypto
  python-backports.ssl-match-hostname python-cached-property python-certifi
  python-cffi-backend python-chardet python-cryptography python-docker
  python-dockerpty python-dockerpycreds python-docopt python-enum34
  python-funcsigs python-functools32 python-idna python-ipaddress
  python-jsonschema python-minimal python-mock python-openssl python-pbr
  python-pkg-resources python-requests python-six python-texttable
  python-urllib3 python-websocket python-yaml python2.7 python2.7-minimal
Paquets suggérés :
  python-doc python-tk python-cryptography-doc python-cryptography-vectors
  python-enum34-doc python-funcsigs-doc python-mock-doc python-openssl-doc
  python-openssl-dbg python-setuptools python-socks python-ntlm python2.7-doc
  binfmt-support
Paquets recommandés :
  docker.io
Les NOUVEAUX paquets suivants seront installés :
  docker-compose golang-docker-credential-helpers libpython-stdlib python
  python-asn1crypto python-backports.ssl-match-hostname
  python-cached-property python-certifi python-cffi-backend python-chardet
  python-cryptography python-docker python-dockerpty python-dockerpycreds
  python-docopt python-enum34 python-funcsigs python-functools32 python-idna
  python-ipaddress python-jsonschema python-minimal python-mock
  python-openssl python-pbr python-pkg-resources python-requests python-six
  python-texttable python-urllib3 python-websocket python-yaml python2.7
  python2.7-minimal
0 mis à jour, 34 nouvellement installés, 0 à enlever et 12 non mis à jour.
Il est nécessaire de prendre 3 657 ko dans les archives.
Après cette opération, 14,3 Mo d'espace disque supplémentaires seront utilisés.
Souhaitez-vous continuer ? [O/n] o

```

Figure 30. Installation du référentiel docker-compose

Enfin la première commande suivante permet de gérer les droits d'accès sur le docker-compose, la deuxième donne la version de docker-compose.

```
sudo chmod +x /usr/local/bin/docker-compose
```

```
docker-compose --version
```

```

root@koudoussou-laptop:~# chmod +x /usr/local/bin/docker-compose
root@koudoussou-laptop:~# docker-compose --version
docker-compose version 1.23.1, build b02f1306

```

L'installation de Docker nous donne maintenant non seulement le service Docker (démon), mais également l'utilitaire de ligne de commande docker ou le client Docker. Nous verrons comment utiliser la commande docker plus tard dans la deuxième étape.

### ❖ Étape 3 : Utilisation et Exécution de la commande Docker

Par défaut, la commande docker ne peut être exécutée que par l'utilisateur **root** ou par un utilisateur du groupe **docker**, créé automatiquement lors du processus d'installation de Docker. L'exécution de la commande docker sans la prefixer **sudo** ou sans faire partie du groupe **docker**, une sortie de données comme celle-ci :

Pour pouvoir exécuter les commandes docker, ajoutons notre nom d'utilisateur au groupe docker avec la commande qui suit :

```
sudo usermod -aG docker ${koudoussou}
```

Pour appliquer la nouvelle appartenance à un groupe, déconnectons-nous du serveur et reconnectons-nous, ou exécutons tout simplement la commande suivante :

```
su - ${koudoussou}
```

Nous serons invités à entrer le mot de passe de notre utilisateur pour continuer. Confirmons que notre utilisateur est maintenant ajouté au groupe **docker** en exécutant la commande **id -nG** :

Notre utilisateur **root** a été ajouté au groupe docker avec succès. Pour démarrer/arrêter les services de docker et de voir les conteneurs actifs/inactifs, exécutons les commandes respectives : **docker start/stop** et **docker ps -a**.

Pour la suppression d'un conteneur, on peut exécuter la commande ci-dessous : **docker rm Num\_conteneur**.

L'exécution des commandes ainsi décrites dans l'ordre suivant suppriment tous les images, les conteneurs, y compris les volumes ou les fichiers de configuration créés par l'utilisateur sur son hôte :

```
sudo apt-get purge -y docker-engine docker docker.io docker-ce
```

```
sudo apt-get autoremove -y --purge docker-engine docker docker.io docker-ce
```



```
sudo rm -rf /var/lib/docker | sudo rm /etc/apparmor.d/docker
```

```
sudo groupdel docker | sudo rm -rf /var/run/docker.sock
```

### 5.3 Estimation et coût de réalisation

Pour la réalisation du projet, il nous a été recommandé de faire un devis au nom de l'agence qui prendra en compte toutes les activités et dépenses du projet. Ce devis nous a permis de faire une estimation du coût théorique de la réalisation selon la Figure 32.

**Figure 31.** *Le devis d'acquisition des composants pour un RCSF*

Le coût des composants pour le déploiement du RCSF pour un site est estimé à **213 300 FCFA**. L'acquisition des composants s'effectue à l'extérieur dû au manque de ces composants en local. A cet effet le transport des matériels via DHL a un coût estimé à **40 000 FCFA**. Le coût d'acquisition se lève à **253 300 FCFA**. Les tableaux suivants donnent les détails sur le coût d'assemblage, de déploiement d'un site et de trois sites.

**Tableau 4.** *Coût d'assemblage et de déploiement d'un site*

N°	Désignation	Nombre	HJ	Prix/Jour (FCFA)	Prix total
<b>Coût de conception du prototype</b>					
01	Ingénieur de travaux	02	05	15 000	150 000
<b>Coût d'ingénierie de déploiement</b>					
01	Ingénieur de travaux	02	10	20 000	400 000
<b>Total</b>					<b>550 000</b>

**Tableau 5.** *Coût total d'exécution du projet sur les trois sites*

Désignation	Nombre de sites	Prix (FCFA)	Prix total (FCFA)
<b>Coût de conception de prototype</b>	03	150 000	450 000
<b>Coût d'acquisition des produits</b>	03	253 300	759 900
<b>Coût d'ingénierie de déploiement</b>	-	-	400 000
<b>Total global</b>	-	-	1 609 900

## 5.4 Installation et configuration de la plateforme

La plateforme WAZIUP est une plateforme IoT Big Data. Elle permet de créer des applications IoT et de les déployer à la fois dans le Cloud et sur la passerelle locale. Pour plus de documentation sur WAZIUP, consulter le lien suivant : <https://www.WAZIUP.io>

Nous faisons ici une installation avec récursive car elle va nous permettre d'avoir accès aux différentes documentations des éléments de la plateforme.

Pour obtenir le code source de chaque sous-module, nous devons cloner avec récursivité la plateforme. Pour cela une série de commandes nous permettra de réaliser ce clonage. Mais avant tout le clonage récursif, nous devons configurer l'authentification basée sur la clé SSH pour GitHub.

Installez le **openssh-client** s'il n'est pas déjà installé et, bien sûr, git :

```
sudo apt update && sudo apt install -y openssh-client git
```

Ensuite créons le répertoire ssh de l'utilisateur et un sous-répertoire où sera stockée notre clé ssh GitHub dédiée, puis gérer les droits du dossier :

```
mkdir -p ~/.ssh/github  
chmod 700 ~/.ssh ~/.ssh/github
```

Générons à l'étape suivante la clé SSH (la clé de sortie aura des autorisations octales 600) :

```
ssh-keygen -t rsa -b 4096 -C WAZIUP.bf@gmail.com' -f  
~/.ssh/github/id_rsa -q -N "
```

**-q** pour dire qu'on utilise ssh-keygen en mode silencieux et **-N "** signifie qu'on n'utilise pas de mot de passe mais nous pouvons en attribuer un si nous le souhaitons.

Copions le contenu du fichier **id\_rsa.pub**, utilisons la commande suivante pour l'extraire, puis un tour sur notre compte GitHub pour se loguer en tant utilisateur de GitHub :

```
cat ~/.ssh/github/id_rsa.pub
```

**Figure 32.** *L'authentification au compte GitHub*

Dans le menu déroulant situé dans le coin supérieur droit, sélectionnons **notre profil**. Cliquons sur le bouton **Editer le profil**, puis sélectionnons **les clés SSH et GPG** ensuite sur **Nouvelle clé SSH**. Tapons quelques mots pour un **Titre** et collons le

contenu de `~/.ssh/github/id_rsa.pub` dans le champ **Clé**. Cliquons ensuite sur le bouton **Ajouter une clé SSH**.

**Figure 33.** *La configuration et l'ajout d'une clé SSH*

Après avoir ajouté la clé SSH, nous pouvons la supprimer à tout moment :

Si tout se passe bien, nous devrions recevoir un mail disant que si nous pensons que cette clé a été ajoutée par erreur, nous pouvons la supprimer et la désactiver à travers lien ci-dessous :

**Figure 34.** *Le contenu du mail*

Créons le fichier `~/.ssh/config`, s'il n'existe pas déjà, et lui donner des droits en lecture écriture :

<code>touch ~/.ssh/config</code>
<code>chmod 600 ~/.ssh/config</code>

Editons le fichier config et ajoutons l'entrée suivante pour la nouvelle clé SSH :

<code>Host github.com</code> <code>IdentityFile ~/.ssh/github/id_rsa</code>
--

Enfin pour tester la configuration de ssh, nous utilisons la commande suivante :

<code>ssh -T git@github.com</code>
------------------------------------

Après avoir configuré l'authentification basée sur la clé ssh pour GitHub, nous passons au clonage récursif. En effet exécutons la commande suivante :

<code>git clone --recursive <a href="https://github.com/WAZIUP/Platform.git">git@github.com:WAZIUP/Platform.git</a></code>
--

**Figure 35.** *Le clonage récursif de la plateforme*

Ensuite se déplacer dans le dossier créé par le clonage appelé **Platform**.

**cd Platform**

**git submodule update --remote --recursive**

La commande **docker-compose build** va construire toutes les images des bases données utilisées par la plateforme WAZIUP.

**Figure 36.** *La construction des images dockers*

```
sudo chmod 777 data / * -R
```

```
docker-composer pull
```

**Figure 37.** *Téléchargement des images*

**docker composer up** ou **docker-compose up -d** pour démarrer les services de la plateforme installée. L'option **-d** va démarrer ces services en arrière-plan. Une fois les services démarrés, nous pouvons lancer ou exécuter un localhost avec le lien suivant : <https://localhost:3000>. La figure suivante indique la connexion sur le tableau de bord en local :

**Figure 38.** *L'authentification sur le Dashboard de WAZIUP en locale*

En jaune, nous avons le localhost sur lequel nous nous sommes connectés, en orange on a l'ensemble formé par nos dispositifs, passerelles et les notifications et enfin dans la section verte, on a l'utilisateur avec lequel nous nous sommes logués sur la plateforme en locale. L'accès aux codes sources de ces dispositifs et autres, s'effectue avec le lien suivant : <https://localhost:800/docs>.



**Figure 39.** *Possibilité d'accéder aux codes sources des dispositifs*

### **5.5 Installation et configuration du tableau de bord**

Le tableau bord WAZIUP est le front-end web pour WAZIUP. Le tableau bord peut être exécuté autonome avec la commande : **yarn start**. Pour une question de droit d'auteur, nous utilisons une copie de la licence Apache Version2.0 à travers le lien suivant : <http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>.

L'installation du tableau de bord fait appel à l'installation des paquets de la commande **yarn**. Yarn est un gestionnaire de packages JavaScript compatible avec **npm**<sup>4</sup> qui nous aide à automatiser le processus d'installation, de mise à jour, de configuration et de suppression des packages npm. Il a été créé pour résoudre un ensemble de problèmes avec le npm tels que l'accélération du processus d'installation des packages en parallélisant les opérations et en réduisant les erreurs liées à la connectivité réseau. A cet effet nous exécutons les commandes suivantes dans un terminal :

---

<sup>4</sup> npm est un gestionnaire de paquets officiels Node.js

```
sudo apt install cmdtest
```

**Figure 40.** *Installation des dépendances de yarn*

```
sudo apt remove yarn
```

**Figure 41.** *Construction de l'arbre des dépendances*

```
curl -sS https://dl.yarnpkg.com/debian/pubkey.gpg | sudo apt-key add -  
  
echo "deb https://dl.yarnpkg.com/debian/ stable main" | sudo tee  
/etc/apt/sources.list.d/yarn.list
```

**Figure 42.** *L'ajout du référentiel yarn à la liste des référentiels maîtres*

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get install yarn
```

**Figure 43.** *L'installation de yarn*

```
yarn install
```

**Figure 44.** *Installation toutes les dépendances figurant au sein du package.json*

Après l'installation des paquets, on démarre les services du tableau bord par la commande : **yarn start**

**Figure 45.** *Démarrage des services de yarn avec yarn start*

L'exécution de cette commande nous permet de se loguer directement sur le tableau en locale tout comme à distant en utilisant l'adresse de l'hôte (<http://212.52.129.50:3000>) ou <http://212.52.129.50:3001>. La connexion avec le <http://212.52.129.50:3001> donne la Figure 47.

**Figure 46.** *L'aperçue du navigateur avec <http://212.52.129.50:3001>*

**Figure 47.** *La page d'authentification sur le Dashboard*

**Figure 48.** *Création d'un utilisateur*

Dans la **Figure 47. La page d'authentification sur le Dashboard**, la section en jaune nous permet de créer un utilisateur non seulement en locale mais aussi dans la base de données de WAZIUP dans le Cloud Amazon. Dans la figure précédente, nous venons de créer un utilisateur **waziup-bf** avec un password **adminwaziup**.

## 5.6 Déploiement d'un RCSF pour le contrôle d'humidité du datacenter et du G-Cloud

### 5.6.1 Assemblage du prototype de sonde

Pour l'assemblage du prototype nécessitant les composants Arduino Pro mini, un module LoRa et un dht11 et un câblage suivant :

Entre le module LoRa et Arduino

3V3 -----> VCC

CK ----->pin13

MISO ----->pin12

MOSI ----->pin 11

GND ----->GND

CS ----->pin10

Entre Arduino et le dht11

Pin 1 (VCC)-----> VCC

Pin 2 (DATA)----->A0

Pin3 (GND)----->GND

### 5.6.2 Mises en marche du prototype de sonde

Pour la mise en marche du prototype, nous utiliserons l'IDE Arduino et un câble FTDI pour accéder à l'interface du microcontrôleur Arduino Pro mini, et un programme à téléverser sur le microcontrôleur Arduino Pro mini.

### **5.6.3 Assemblage et mise en marche de la passerelle**

Pour la confection de la passerelle, nous utiliserons une Raspberry pi 2, un module LoRa et une image Raspberrypi-jessie-WAZIUP-demo.dmg à flasher sur la Raspberry.

Pour des contraintes de services administratives, de finances, et le manque des produits sur le territoire national, le volet déploiement de RCSF est d'office programmé à revoir dès que ces produits seront disponibles. En effet nous avons décidé d'une création de capteur virtuels en utilisant les APIs afin de pouvoir faire le point suivant sur le test de la solution en attendant de mettre la main sur la totalité du matériel.

## **5.7 Test de la solution**

Le test de la solution va consister à vérifier, si la plateforme est bien installée, ensuite si la réception des données s'effectue en temps réel.

Pour le point de vérification de l'état de fonctionnement de la plateforme WAZIUP, nous essayons d'accéder à la VM afin de pouvoir démarrer les services de la plateforme. Le second consiste à vérifier la réception des données produites par les capteurs. L'image suivante illustre l'historique des données produites par un capteur de test.

**Figure 49.** *Graphique de données recueillies par un capteur*

NB : les valeurs utilisées sont des valeurs de test donc ne sont pas réelles.

## **5.8 Bilan**

### **5.8.1 Points de réalisation**

Au point des réalisations, nous pouvons dire que la solution WAZIUP a été assez bien étudiée et le clonage de la solution répond aux attentes de notre structure d'accueil. Toutefois compte tenu des contraintes de disponibilités de ressources matérielles dans les délais, le planning d'exécution a connu un décalage.

### **5.8.2 Explication des écarts**

La comparaison entre le planning prévisionnel et le planning réel présente un écart lors de l'étude et de l'implémentation de la solution WAZIUP. En effet le projet devant finir le 20/11/2019 s'étend jusqu'au 20/12/2019. Ce décalage se justifie en plus des contraintes ci-dessus citées, par les difficultés liées à la procuration et la complexité des documents sur la solution, les contraintes pour la procuration de la



VM sur le Cloud. Le planning réel est représenté dans la figure à l'aide d'un diagramme de GANTT :

**Figure 50.** *Le planning réel*

### **5.8.3 Présentation des limites de la solution**

La solution que nous avons étudiée est une plateforme d'objet connecté. Cette plateforme présente un certain nombre de limites qui sont entre autres les problèmes de compatibilité avec les autres modules pour la communication des données, les problèmes de sécurité, la complexité de l'utilisation. L'une des limites à ne pas oublier, tout comme les technologies de virtualisation, docker est une technologie qui nécessite beaucoup plus l'utilisation du CPU ainsi que la RAM. Nous terminons par dire que l'installation de docker a beaucoup de dépendances et un élément important mal installer revient à reprendre toute l'installation.

### 5.8.4 Perspectives

Nous envisageons améliorer notre solution par l'ajout d'autres fonctionnalités comme l'alerte par SMS et la notification par email.

## 5.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les principales parties de la solution à mettre en place, des exemples d'installation et de configurations d'une plateforme d'objets connectés ont été démontrés pas-à-pas pour la réussite du déploiement de la solution. Un bilan a été établi dans le but de mettre en exergue les points sur la réalisation du projet, les limites de la solution et les perspectives en cours de réflexions.

## CONCLUSION GENERALE

En sommes, ce stage de trois mois se termine par ce rapport de stage, ayant pour thème : « **L'étude et la mise en place d'une plateforme d'objets connectés sur le G-Cloud** », qui nous a permis de nous exprimer à travers cinq grands chapitres. Le premier donne une présentation du contexte de stage à travers la présentation de l'ESI et de l'ANPTIC. Dans le second chapitre, nous avons effectué l'analyse de l'existant, le diagnostic des ressources énumérées et de la description de la démarche de résolution des problèmes. Ensuite les généralités et les différentes étapes de mise en place des plateformes d'objets connectés ont fait l'objet du troisième chapitre.

Dans le quatrième chapitre, nous nous sommes intéressés à la présentation détaillée de la solution choisie qui est WAZIUP, une solution open source. Enfin le cinquième déroule l'implémentation technique de la solution à travers une méthode d'installation de la solutions WAZIUP et des exemples de configurations de plateforme et de réseaux.

Ce passage à l'ANPTIC nous a permis de se familiariser avec les outils d'implémentation sur le Cloud, où notre solution des objets connectés est implémentée avec l'outils docker qui est un outil de conteneurisation complet aux vues de ses nombreuses capacité de pouvoir répondre à nos différents besoins.

Pour finir, nous pouvons dire que ce stage de fin d'étude de licence fut une première véritable expérience en entreprise car la formation théorique reçue au cursus universitaire a été complétée par les formations pratiques reçues à l'ANPTIC.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE ET WEBOGRAPHIE

### ❖ BIBLIOGRAPHIE

- [1] WAZIUP\_D1.1\_Part2\_architecture.pdf
- [2] WAZIUP\_D2.1\_version-1.1-low-res.pdf
- [3] WAZIUP\_D3.1\_v1.pdf
- [4] Présentation\_G-Cloud\_ANPTIC\_VersionFinale.pdf

### ❖ WEBOGRAPHIE

- [1] « Présentation et objectifs | Agence Nationale de la Promotion des Technologies de l'Information des Communications ». [en ligne]. Available : <https://www.anptic.gov.bf/agence/qui-sommes-nous>. [Accès le 23 août 2019].
- [2] « Missions | Agence Nationale de la Promotion des Technologies de l'Information des Communications ». [en ligne]. Available : <https://www.anptic.gov.bf/agence/missions>. [Accès le 23 août 2019].
- [3] « Offres de services | Agence Nationale de la Promotion des Technologies de l'Information des Communications ». [en ligne]. Available : <https://www.anptic.gov.bf/agence/offres-de-services>. [Accès le 23 août 2019].
- [4] « les grands projets | Agence Nationale de la Promotion des Technologies de l'Information des Communications ». [en ligne]. Available : <https://www.anptic.gov.bf/projets-1>. [Accès le 23 août 2019].
- [5] « Présentation du G-Cloud | Agence Nationale de la Promotion des Technologies de l'Information des Communications ». [en ligne]. Available : [https://www.anptic.gov.bf/projets-1/details?tx\\_news\\_pi1%Baction%5D=detail&tx\\_news\\_pi1%Bcontroller%5D=News&tx\\_news\\_pi1%Bnews%5D=7&cHash=4a483505ece994fce0fe680dda4406e5](https://www.anptic.gov.bf/projets-1/details?tx_news_pi1%Baction%5D=detail&tx_news_pi1%Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%Bnews%5D=7&cHash=4a483505ece994fce0fe680dda4406e5). [Accès le 23 août 2019].
- [6] « Situation géographique et adresse | Agence Nationale de la Promotion des Technologies de l'Information des Communications » 2019. [en ligne]. Available : <https://www.anptic.gov.bf/contact>. [Accès le 23 août 2019].

[7] « Historique | Ecole Supérieure d'Informatique »2019.[en ligne] .Available : [http://www.esi-upb.bf/?page\\_id=25](http://www.esi-upb.bf/?page_id=25). [Accès le 05 septembre 2019].

[8] « Historique | Ecole Supérieure d'Informatique »2019.[en ligne] .Available : [http://www.esi-upb.bf/?page\\_id=29](http://www.esi-upb.bf/?page_id=29). [Accès le 05 septembre 2019].

[9] « Licence Informatique | Ecole Supérieure d'Informatique »2019.[en ligne] .Available : [http://www.esi-upb.bf/?page\\_id=29](http://www.esi-upb.bf/?page_id=29). [Accès le 7 septembre 2019].

[10] « Master en Informatique | Ecole Supérieure d'Informatique »2019.[en ligne] .Available : [http://www.esi-upb.bf/?page\\_id=255](http://www.esi-upb.bf/?page_id=255). [Accès le 05 septembre 2019].

[11] « Architecture des IoTs »2019.[en ligne] .Available : <https://www.pwc.fr/fr/decryptages/data/la-bonne-architecture-iot.html>. [Accès le 05 septembre 2019].

[12] « Domaines d'application des IoTs »2019.[en ligne] .Available : <https://wikimemoires.net/2019/09/domaines-d-applications-de-l-iot/>. [Accès le 18 décembre 2019].

[13] « Projet WAZIUP »2019.[en ligne] .Available : <https://www.osiris.sn/Projet-WAZIUP-Une-plateforme-qui.html> .[Accès en novembre 2019]

[14] « WAZIUP, la première plateforme opensource pour les objet connectés et le big (...) »2019.[en ligne] .Available : <https://www.osiris.sn/WAZIUP-la-premiere-plateforme.html> .[Accès en novembre 2019]