

École polytechnique de Louvain

HaïtiWater

Développement d'une application web pour gérer
la distribution de l'eau en Haïti

Auteurs: **Céline DEKNOP, Adrien HALLET , Sébastien STREBELLE**

Promoteurs: **Kim MENS, Sandra SOARES-FRAZÃO**

Lecteurs: **Benoît DUHOUX, Olivier CARLIER**

Année académique 2018-2019

Master [120] en sciences informatiques

Table des matières

Résumé	2	5.3 Interface utilisateur	49
Remerciements	3	5.4 Client	53
1 Introduction	4	5.5 Serveur	55
2 Contexte	9	6 Validation	59
2.1 Situation de l'eau en Haïti	9	6.1 Vérifications automatiques	59
2.2 Gestion actuelle de la distribution d'eau en milieu rural	13	6.2 Vérifications utilisateurs réels	60
2.3 Comparaison avec d'autres pays	18	7 Améliorations futures	66
2.4 Comparaison avec des outils existants	19	7.1 Suite du projet	66
3 Organisation	21	7.2 Défis rencontrés	67
3.1 Approche de travail	21	7.3 Propositions	68
3.2 Méthodologie	25	8 Conclusion	70
3.3 Répartition des tâches . .	27	8.1 Métriques	71
4 Analyse des besoins	31	Bibliographie	74
4.1 Besoins fonctionnels	32	A Cahier des charges complet	75
4.2 Besoins non-fonctionnels .	33	B Planning	92
4.3 Cahier des charges	35	C Wireframes	99
4.4 Structure des données . .	37	D Diagrammes d'activité	106
5 Implémentation	39	E Documents de validation	110
5.1 Choix technologiques . . .	39	E.1 Objectifs	110
5.2 La hiérarchie dans l'application	47	E.2 Protocole	111
		E.3 Attentes	114

Résumé

Ce travail de fin d'études a été réalisé au terme de notre Master en Sciences Informatiques à l'École Polytechnique de Louvain durant l'année académique 2018-2019.

La gestion du réseau de distribution d'eau potable en Haïti ne dispose pas d'un système informatisé suffisant dans certaines parties du pays. Dans ce mémoire, nous allons présenter nos productions visant à proposer une application web palliant à ce problème. Le contexte haïtien et les défis à relever sont d'abord exposés afin de comprendre ce qui fait d'Haïti un environnement particulier pour le développement d'un tel système. Sont ensuite présentées nos idées, propositions et réalisations en justifiant les différents choix d'implémentation et de technologies. Nous abordons par après la validation de l'application et les retours d'utilisateurs nous ayant permis d'améliorer l'outil. Nous concluons ce texte par le futur de ce travail, les possibilités et nos espoirs pour l'application web *HaïtiWater*.

La totalité des productions est disponible en ligne sur GitHub :
<https://github.com/AdrienHalletUCL/HaitiWater>

L'outil est hébergé par l'UCLouvain à l'adresse :
<https://haitiwater.sipr.ucl.ac.be>

Si vous souhaitez le visionner dans son ensemble, le nom d'utilisateur principal ainsi que son mot de passe est *Protos*. Nous vous demandons cependant de ne pas modifier les données présentes, car elles sont réelles et ont été entrées dans le but de tester l'application sur place.

Remerciements

De nombreuses personnes ont participé à ce mémoire et l'outil HaïtiWater. Nous souhaitons prendre quelques instants pour les remercier.

Merci aux professeurs Kim Mens et Sandra Soares-Frazão pour leur indéfectible soutien, les conseils et apports tout au long de ces mois de travail.

Merci à Benoît Duhoux et Olivier Carlier d'avoir accepté de lire ce travail et d'assister à la défense orale.

Merci à Fritzno Louis pour son implication majeure dans la validation des fonctionnalités de l'application.

Merci à l'ONG Protos pour ce projet et leur aide, en particulier Johan Slimbrouck et Ilse Roels.

Merci aux Professeurs Nyankona Gonomy, Stephen Louis, Yves Zech, à Joseph Adermus et Mathieu Gerardson pour leurs apports respectifs à l'outil et leurs conseils.

Merci à Edouard Haberer pour le logo de l'application et ses conseils.

Merci à nos vingt utilisateurs de test qui ont donné de leur temps et conseils pour améliorer l'interface d'HaïtiWater.

Merci à nos parents et proches pour nous avoir supporté, dans tous les sens du terme, durant ce travail.

Chapitre 1

Introduction

Contexte

Ce mémoire se place dans le cadre d'un projet de développement financé par l'ARES-CCD dans le cadre de ses projets de synergie. Les partenaires du projet sont L'ONG Protos¹, L'UCL et l'UEH. L'un des objectifs de Protos est d'améliorer l'accès à l'eau potable en milieu rural afin d'aider le développement de plusieurs pays du monde. Un des pays dans lesquels Protos s'est engagée est Haïti et leur présence depuis quelques années a permis de produire un état des lieux nous permettant de comprendre la situation sur place [7].

Une succession de crises politiques et catastrophes naturelles ces dernières décennies ont rendu l'accès à l'eau potable, entre autres, particulièrement complexe dans ce pays des Antilles. En 2010, un violent séisme a laissé le pays en ruine, détruisant beaucoup d'infrastructures, y compris de distribution d'eau. Des incertitudes politiques entravent la reconstruction de ces installations et les populations ne sont pas toujours aidées par les services publics pour assurer la distribution de l'eau, particulièrement dans les zones rurales. C'est une des raisons pour lesquelles l'ONG Protos est active dans le pays.

Protos a contacté l'UCL afin de l'aider dans un projet de développement en Haïti. L'objectif est de réaliser un système logiciel pilote pour la gestion de la distribution d'eau potable en zone rurale. En effet, aucune gestion centralisée

1. www.protos.ngo

organisée par l'Etat n'existe pour ces zones, éloignées des grandes agglomérations. Des réseaux existent, constitués de points de prélèvement d'eau, de conduites de distribution d'eau et de fontaines situées dans les villages, mais la gestion publique de ceux-ci n'est pas opérationnelle. Dès lors, les organismes locaux en charge de ces réseaux en assurent la gestion de manière indépendante, en s'appuyant comme ils le peuvent sur les moyens et les acteurs locaux. Une des principales conséquences est un taux de recouvrement extrêmement faible des factures (inférieur à 20% en moyenne).

L'ONG Protos intervient dans ce cadre [24], pour proposer un appui à ces organismes locaux afin de mieux organiser cette distribution. Grâce à une meilleure organisation, il sera possible d'améliorer le taux de recouvrement des factures liées à la distribution d'eau, ce qui permettra d'assurer des rentrées financières à ces organismes qui sont également en charge de la maintenance physique des réseaux, mais sans recevoir de réels moyens de la part de l'Etat.

Ce projet est prévu sur trois ans, une première année pour la conception d'un prototype, une deuxième année pour finaliser le système ainsi que tester son déploiement sur place et une troisième année pour le finaliser. Ce mémoire constitue la première partie de ce projet.

Problématiques

La structure hiérarchique des différents acteurs de la distribution de l'eau, gouvernementaux ou non, est assez complexe [7]. Ces acteurs doivent s'organiser, individuellement et en groupes, pour arriver à une gestion efficace des ressources. Dans ce mémoire, nous nous concentrons sur trois axes afin d'améliorer la coordination entre ces acteurs.

Communication afin de permettre aux différents acteurs de s'informer à partir de la même plateforme.

Collaboration pour uniformiser le format des données et donner un rôle défini à chacun.

Stockage de manière à rassembler l'information sous forme numérique, permettant une meilleure sauvegarde des données, et à terme de les traiter en large volume de manière statistique.

Motivation

Nous réalisons ce travail dans le cadre de nos études de Master en Sciences Informatiques. Le but de ce travail est de conclure celles-ci, et de mettre tous nos apprentissages en application dans un projet à grande échelle.

De plus, il s'agit d'un projet réel, avec de véritables acteurs, enjeux et un objectif d'utilisation à long terme. Cela entraîne de nouvelles problématiques pour nous, qui ne sont pas abordées dans le reste de notre formation.

Ce mémoire nous permet d'avoir une première expérience de développement d'une application web, partant de rien sauf des attentes de nos clients, et intégrant toutes les parties et les étapes de son développement.

Non contents de parfaire notre formation, nous avons pour objectif d'être utiles à Haïti. Nous espérons que l'application développée dans le cadre de ce mémoire pourra être utilisée sur place et avoir un réel impact positif, aidant la distribution de l'eau à Haïti et son développement.

Objectifs

Le but final de ce mémoire est de délivrer une application à l'ONG Protos et aux acteurs de la distribution de l'eau à Haïti. Nous visons un déploiement de cette base applicative sur le terrain, et que les futures équipes de développement pourront travailler à sa maintenance et son évolution.

Nous espérons également que cette application permettra à Protos comme aux Haïtiens d'avoir un bon exemple de solution logicielle. Cela pourrait les aider à voir comment un logiciel peut être un appui dans leur gestion, et leur permettre de bien repenser leurs besoins lors de projets futurs.

Approche

Avant de commencer le développement de l'application, nous avons effectué une longue phase de recherches. Cette phase est séparée en deux parties.

Durant la première partie, nous avons observé ce qu'il se faisait dans les systèmes existants de la gestion de l'eau en Europe pour avoir une meilleure vue d'ensemble du travail à accomplir et des possibilités. En seconde partie, nous avons analysé les documents fournis par l'ONG Protos afin d'avoir une idée de la solution actuellement déployée en Haïti et des améliorations possibles.

La phase de développement suivante fut l'analyse fonctionnelle et la conception. Nous avons établi nos propositions en termes de fonctionnalités pour l'application, ainsi qu'en termes de fenêtres et contrôles pour les présenter à Protos sous forme d'un cahier des charges.

Après validation de l'interface et des fonctionnalités, nous sommes passés à la phase de réalisation, durant laquelle nous avons implémenté ces fonctionnalités et les systèmes nécessaires à leur bon fonctionnement. Cette phase a été la plus longue étant donné le nombre de fonctionnalités à implémenter et la nécessité de documenter à la fois le code pour les équipes de développement ainsi que l'interface pour nos futurs utilisateurs.

Enfin, la validation. Nous avons présenté l'application et les fonctionnalités que nous avons implémentées à des utilisateurs, afin d'obtenir des retours et de nous assurer que l'application que nous avons développée répondait aux attentes. Suite aux commentaires récoltés, nous avons fait quelques ajustements. Nous avons même eu l'occasion de faire une seconde phase de validation, pour confirmer que ces changements ont été bénéfiques.

Au cours de la phase de réalisation, nous avons pu collaborer avec un stagiaire venant d'Haïti. Cela nous a permis de comprendre plus directement les besoins sur place, complétant ainsi les informations plus théoriques que nous avions obtenues des documents de Protos. Cette vision plus pratique nous a permis d'avoir une meilleure idée de la réalité du terrain.

Contribution

Grâce à notre travail de fin d'études, nous avons permis à l'ONG Protos ainsi qu'aux acteurs de terrain en Haïti d'avoir un premier contact avec le monde du développement logiciel. Nous espérons que celui-ci les aidera à comprendre les problématiques liées à la création de logiciels informatiques pour leurs projets futurs.

Nous avons également proposé une application pour la gestion de l'eau potable à Haïti. Nous espérons qu'elle pourra servir de base de travail, permettant aux acteurs de terrain d'avoir un jour un outil les aidant dans leur travail quotidien et apportant une aide au développement national.

Nous espérons avoir contribué à l'amélioration de la gestion de l'eau en Haïti, mais ce travail a assurément contribué au développement de nos compétences ; en tant que développeurs, de par l'utilisation de bibliothèques et frameworks peu ou pas connus, en tant qu'analystes grâce au problème réel posé et à la nécessité de comprendre les besoins. La coordination du groupe, la planification du travail et la communication avec les clients ont également beaucoup apporté à notre développement professionnel.

Plan

Dans ce document, nous allons exposer le déroulement de notre travail de fin d'études. Tout d'abord, nous allons revenir sur le contexte de ce travail. Nous allons ensuite détailler notre approche pour sa réalisation. Après cela, nous étayerons notre analyse des besoins de l'ONG Protos et des acteurs haïtiens. Ensuite, nous expliquerons toutes les étapes et décisions de notre implémentation. Nous reviendrons sur les techniques que nous avons utilisées afin de valider notre implémentation. Nous clôturerons ce mémoire par une rétrospective sur le travail et une ouverture aux possibilités futures.

Chapitre 2

Contexte

2.1 Situation de l'eau en Haïti

Haïti (voir figure 2.1) est un des pays les plus pauvres de la planète, qui peine à se remettre du séisme de 2010 qui a ravagé le pays et en particulier sa capitale, Port-au-Prince. Éducation, économie, habitat, etc, sont autant de défis que le pays doit relever. L'eau potable, son assainissement, sa gestion et sa distribution font partie de ces défis, en particulier dans les zones rurales. Les zones d'action de l'ONG Protos sont particulièrement touchées. La majorité des familles s'approvisionne en eau à des fontaines publiques (96% des foyers) et effectue une marche de plus de 30 minutes (58% des foyers). Il est de plus extrêmement difficile de maintenir et développer le réseau de distribution d'eau potable dans certaines régions en raison de la pauvreté extrême d'une grande partie de l'île. La zone étudiée de *Passe Catabois* (au nord du pays), par exemple, a un taux de recouvrement des factures de 11% seulement. Si la situation est complexe, il est toutefois possible d'identifier des facteurs expliquant l'état, entre autres, des infrastructures d'eau potable.



FIGURE 2.1 – Carte d’Haïti

Problèmes environnementaux

Située dans les Caraïbes au sud-est de la République de Cuba et des États-Unis d’Amérique, la République d’Haïti occupe un territoire de 27.750km^2 sur la partie occidentale de l’île d’Hispaniola. Le pays entier souffre de sa position géographique [8] qui le place dans un risque permanent de catastrophes naturelles. La proximité de failles tectoniques et de courants aériens et marins favorisant la formation de tempêtes tropicales produisent une succession de cataclysmes. De multiples tempêtes et séismes frappent l’île fréquemment. Le tristement célèbre tremblement de terre du 12 janvier 2010, dont le nombre de victimes est approximé à 250.000 morts et autant de blessés, a, à lui seul, causé des dégâts estimés de 8 à

14 milliards USD [5]. Ces catastrophes périodiques détruisent les infrastructures et mettent à mal l'économie du pays, empêchant notamment un développement du réseau d'eau potable suffisant pour répondre aux besoins.

Le climat haïtien n'aide pas la situation. Météorologiquement parlant, Haïti affronte une alternance entre saison très chaude et saison moins chaude, les deux provoquant fréquemment des sécheresses. Les différentes régions du pays ont des climats variés, obligeant l'adoption de plusieurs mesures pour sauvegarder la population et rendant difficile une politique commune de gestion des ressources. Il convient de noter que l'aridité qui résulte de ce climat est accentuée par les activités humaines. La déforestation massive et rapide du pays, à des fins principalement énergétiques, empêche une rétention correcte des eaux dans les sols. Seuls 2% à 3% du territoire sont occupés par des forêts (venant de plus de 60% il y a un siècle). La sécheresse se trouve ainsi aggravée, et le ruissellement des eaux accélère l'érosion des sols [26]. Les terres sont ainsi progressivement emportées vers la mer. En 2008, un rapport des Nations Unies estimait cette perte à 37 millions de tonnes par an [16]. Les cours d'eaux ont donc un débit accéléré, parfois torrentiel, rendant difficile l'exploitation de l'écoulement naturel et nécessitant plus d'infrastructures pour obtenir de l'eau potable.

Problèmes politiques

Pays colonisé français devenu indépendant en 1804, la République d'Haïti a connu plusieurs régimes politiques différents, dont une dictature qui s'est terminée en 1986. Depuis lors, le pays oscille politiquement jusqu'à une instabilité contemporaine relative (on dénombre 15 présidents et 22 premiers ministres depuis 1986 alors que le mandat est constitutionnellement valable 5 ans) et des tensions internes continuent de perturber le pays. Cela entraîne une difficulté à adopter des politiques de long terme, ou même une politique commune aux différents gouvernements.

La scène internationale s'est très largement mobilisée pour Haïti et tout particulièrement après le séisme de 2010. De nombreuses organisations humanitaires et non-gouvernementales sont arrivées, mais les aides financières sont soupçonnées de détournement par ces mêmes organisations [7]. Ces aides sont parfois décriées dans la dépendance qu'elles créent et leur manque de vision à long terme. La population s'est également déjà retournée contre les aides et notamment contre les casques bleus venu aider après le séisme, et toujours présents à l'heure actuelle. Des soldats népalais des Nations Unies, venus aider après le drame, auraient involontairement

déclenché une grave épidémie de choléra en introduisant la maladie en tant que porteurs sains. Le *Center for Disease Control and Prevention (CDC)*, un service du département de la santé des États-Unis d'Amérique, a confirmé cette hypothèse et les Nations Unies ont reconnu leur responsabilité en décembre 2016. L'épidémie a causé 10.000 morts pour 800.000 cas dans les Caraïbes, majoritairement en Haïti. Cette maladie a été introduite par des rejets d'eaux usées dans un cours d'eau, par négligence et manque d'installations permettant d'évacuer les eaux usées dans un campement d'aide humanitaire.

La République d'Haïti entretient également des relations conflictuelles avec la République Dominicaine, avec laquelle elle partage l'île d'Hispaniola. Les raisons sont multiples (travailleurs étrangers, tensions ethniques, etc) et un lourd passé pèse sur la relation entre les deux pays.

Nous voyons donc que la situation politique intérieure et internationale haïtienne est un cas complexe. Les diverses tensions et soupçons de corruption ne permettent certainement pas de donner à la problématique de l'eau toute l'attention, ni tous les fonds nécessaires.

Problèmes sociaux

De ces conditions environnementales et politiques émane une population pauvre, voire abandonnée dans les zones rurales où des conseils de village tentent de pallier les problèmes au quotidien. Là où les villes et principalement la capitale profitent des avantages de la mondialisation, la campagne haïtienne peine à bénéficier de l'aide nationale et son développement repose essentiellement sur les organisations locales et externes au pays. L'éducation y est difficilement accessible et la population est très majoritairement endettée (81% des foyers haïtiens), situation aggravée depuis 2015 lorsque la monnaie locale, la Gourde (HTG) a cessé d'être maintenue à un taux de change fixe avec le Dollar (USD). La Gourde continue depuis sa dépréciation (1 Euro vaut 93,5445 Gourdes¹). La société haïtienne est donc pauvre et les inégalités nombreuses. La campagne en particulier, qui semble déjà oubliée financièrement, manque de techniciens et ingénieurs aptes à créer et maintenir un réseau de distribution d'eau potable avancé.

1. Taux de change du marché au 28 mars 2019

Problèmes organisationnels

Le modèle politique et organisationnel d'Haïti se calque sur la théorie occidentale. Cependant les profondes différences résultent en une mise en pratique des concepts qui ne sont pas toujours efficaces. On constate notamment un manque de collaboration entre les entités haïtiennes ou même entre villages. Particulièrement dans les zones rurales, les croyances locales (religions, magie) sont parfois consultées pour des décisions importantes au détriment de la rationalité. La communication entre les différentes parties du pays n'est pas optimale. Les entités gouvernementales sont parfois nommées sans moyens financiers ni même bureaux et se retrouvent désœuvrées. Les fréquentes crises détournent l'attention des problèmes de fond tels que l'éducation, les infrastructures, ...

2.2 Gestion actuelle de la distribution d'eau en milieu rural

Organisation générale

Comme exposé dans la section précédente, la situation environnementale, politique et sociale, cause une instabilité dans l'organisation des services publics d'Haïti. Les présidents changent souvent, et avec eux, les mesures mises en place. Les responsabilités des ministères et de leurs sous-entités sont assez peu claires, ou impossibles à mettre en pratique.

Par conséquent, nos lectures des différents documents fournis par l'ONG Protos nous a démontré qu'elle est sans doute l'une des entités les plus stables au niveau de l'organisation de la gestion de l'eau dans la région visée par ce travail. Elle supervise plusieurs organisations locales, en apportant son soutien (expérience, logistique, finances), tandis que ce sont les localités elles-mêmes qui tentent de solutionner les problèmes.

Chaque zone est traitée indépendamment (elle dispose de son ONG locale), mais on distingue tout de même trois groupes d'acteurs récurrents :

- Le triangle formé par les autorités locales, les fournisseurs et les usagers
- Le gouvernement national
- Les autres ONG (locales ou non)

Protos se repose beaucoup sur des entités locales, notamment les services étatiques, comme l'Université d'État d'Haïti (qui aura une place dans ce projet à l'avenir). Également, elle tend à être la plus inclusive possible, et à impliquer un maximum d'acteurs (locaux) dans ses projets. L'idée est que les citoyens instruits servent de bon exemple pour répandre les avancées sociales et/ou technologiques à travers le pays. Selon eux, pour avoir un système fonctionnel, la conscientisation sur la problématique de l'eau devrait partir des habitants eux-même avant de remonter vers l'État.

Actuellement, Protos agit dans deux zones du pays, indiquées sur la figure 2.2 : Nord-Ouest (région dite *Moustiques*) en bleu et Centre-Est (région dite *Onde Verte*) en vert. Celles-ci font partie des plus rurales, et ont été choisies car ce sont celles qui ont le plus besoin d'aide.



FIGURE 2.2 – Régions d'Haïti où l'ONG Protos est active

Structure organisationnelle

En plus de l'aide fournie par l'ONG Protos, il existe en Haïti plusieurs structures dédiées à la gestion de l'eau. Premièrement, la DINEPA (Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement), qui a pour mission d'exécuter la politique de l'État dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement autour de trois grands axes : le développement du secteur au niveau national, la régulation du secteur et le contrôle des acteurs [1]. La DINEPA est sous contrôle direct du Ministère de Travaux Publics, Transports et Communication.

La DINEPA supervise des branches régionales appelées OREPA (Offices Régionaux d'Eau Potable et d'Assainissement), gérant chacune une zone du pays. Elles sont chargées de la prestation du service de distribution de l'eau potable en milieu urbain et rural.

Finalement, il existe des CAEPA (Comités d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement), qui gèrent un réseau de distribution d'eau à un niveau local réduit. Ils sont moins formellement gérés par l'État et sont encore loin d'être en place sur tout le pays, mais ont prouvé leur efficacité. Surtout dans les régions rurales, les habitants se reposent bien plus sur les CAEPA pour leur approvisionnement en eau que sur d'autres entités privées ou publiques.

Le schéma en figure 2.3 résume visuellement cette structure.

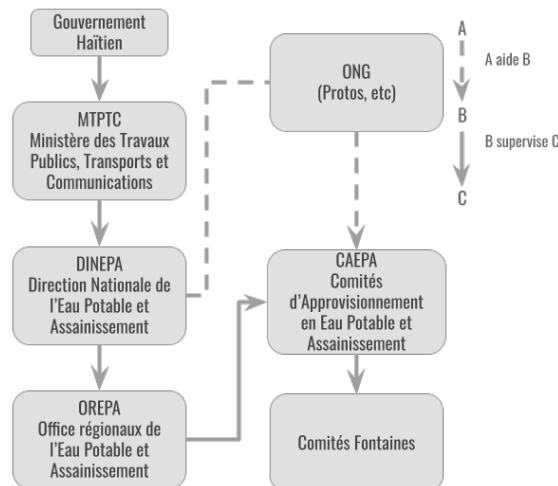


FIGURE 2.3 – Structure organisationnelle de la gestion de l'eau en Haïti

Procédures actuelles

On peut remarquer qu'il n'y a pas vraiment de standardisation dans les procédures en place au niveau des CAEPA. En effet, un comité de gestion de l'eau existe à Poste-Métier depuis plus de 20 ans, mais il n'est présent que grâce à l'implication du Pasteur Chrisbon Fraïs et à l'aide de Protos. Cet effort s'étant montré efficace, le système établi à Poste-Métier a été appliqué dans d'autres zones, avec plus ou moins de succès.

Le principal problème rencontré par les comités de l'eau est le recouvrement des factures. En effet, on constate que les habitants d'Haïti n'ont pas l'habitude d'avoir à payer pour l'eau, et rechignent à le faire. Premièrement parce qu'ils ne l'ont jamais fait, mais également car la religion a encore une place forte dans la société haïtienne et l'eau y est considérée comme *don de Dieu*. Protos met en avant qu'une part essentielle du processus de stabilisation du réseau de distribution est l'éducation des habitants, pour qu'ils comprennent qu'ils ne payent pas l'eau elle-même, mais bien tout le service fourni par le réseau pour l'assainissement, le transport et la distribution.

Concrètement, si la zone de Poste Métier a un taux de recouvrement satisfaisant (89%), les autres zones comme Passe Catabois sont bien en deça (11%). Ceci est dû à plusieurs éléments : les habitants sont mieux informés sur la problématique de l'eau, mais les gestionnaires de fontaines ont aussi le pouvoir de couper l'accès à l'eau (à l'aide de cadenas) quand les factures ne sont pas payées. On remarque également que les modes de fonctionnements des différentes zones ne sont pas toujours les mêmes (pas toujours de bureau pour les réunions, règlements plus ou moins stricts).

En pratique, un comité de l'eau (*Komité Dlo* en Créole haïtien) est composé d'un président, un vice-président, un secrétaire, un trésorier et un conseiller, élus par les consommateurs locaux pour cinq ans. Ils se réunissent tous les mois pour parler des affaires courantes, et organisent une fois par an une assemblée générale où sont conviés les usagers du réseau. Ils sont en charge du bon fonctionnement du réseau, de la gestion du budget et des fonds amenés par les utilisateurs, de superviser les *comités fontaines* et de rendre des comptes à la population.

Les comités fontaines, eux, sont composés d'un responsable fontaine, un secrétaire et un trésorier. Ils sont en charge du bon fonctionnement et de la qualité du point d'eau, d'apporter les fonds au comité d'eau et de gérer les éventuels conflits entre usagers ou les réparations nécessaires.

Concrètement, la quantité de points d'eau et le nombre d'utilisateurs desservis par les réseaux de distribution d'eau varie : comme ceux-ci sont en développement, les nombres sont en constante augmentation. En ce moment, on compte par exemple 13 fontaines publiques dans la zone Passe Catabois, et 25 dans la zone Poste Métier. Ces fontaines alimentent entre 100 et 1000 utilisateurs (voir figure 2.4), avec une moyenne autour de 300.

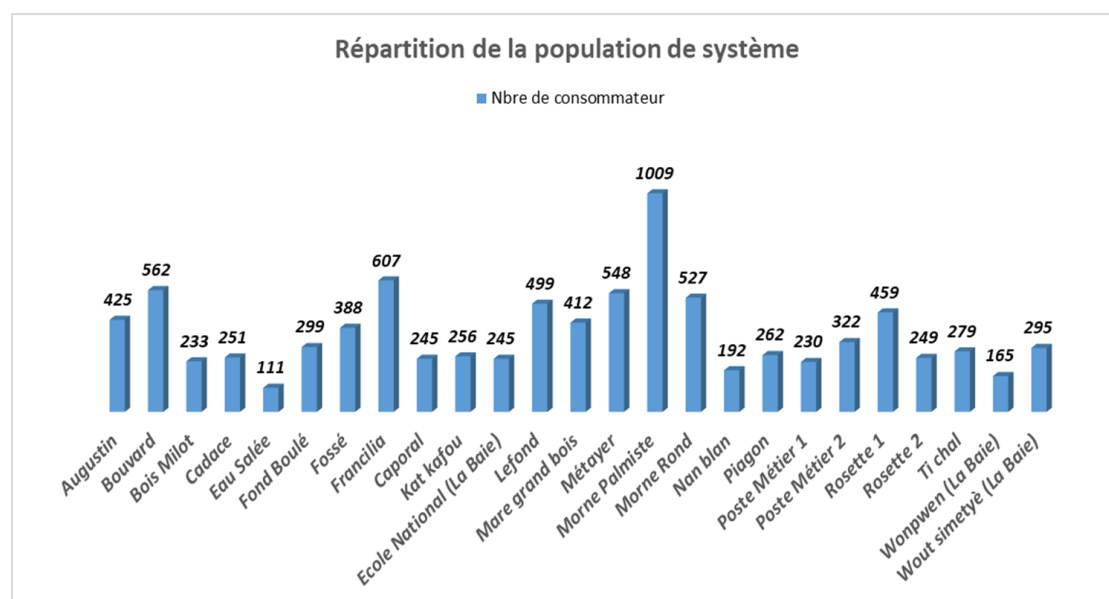


FIGURE 2.4 – Répartition des consommateurs par fontaine

Malgré la structure hiérarchique décrite ci-dessus, ces organismes ont encore du mal à effectuer la gestion du réseau au jour le jour. Ils utilisent encore les outils les plus basiques : un crayon et du papier. Cette situation rend l'accès aux informations antérieures difficile voire impossible. Il est également difficile de transmettre ces informations à la hiérarchie supérieure.

L'accès aux fontaines publiques est accordé après le règlement d'un paiement annuel. Les consommateurs se voient attribuer une carte spécifiant la somme, le lieu et la date. Cette carte est utilisée comme preuve de paiement pour accéder aux fontaines. Cependant, il n'est pas possible pour le responsable fontaine de se souvenir exactement qui a payé ou non et les informations se perdent. De plus, certains abus (distribution non-équitable, prise d'eau sans paiement) ont été constatés.

2.3 Comparaison avec d'autres pays

La situation de l'eau dans d'autres pays, en particulier ceux aux économies fortes et établies, est différente. Le contexte d'Haïti est évidemment particulier, comme nous avons pu le voir dans les sections précédentes. Ces circonstances nécessitent des solutions adaptées pour gérer la distribution d'eau. Néanmoins, une analyse de la situation d'autres pays a été utile afin de découvrir d'autres manières de faire, d'identifier les bonnes pratiques du milieu ainsi que les différences avec la situation haïtienne afin de bénéficier de l'expérience des organismes existants.

Gestion de l'eau en Belgique

Nous avons d'abord étudié la situation de la distribution de l'eau en Belgique, choix naturel de par la localisation de nos études et du développement de ce mémoire. La première chose importante est que l'eau est une compétence régionale en Belgique, ce qui signifie que chaque région (Flandre, Wallonie et Bruxelles) développe sa propre politique à propos de l'eau.

Par exemple, en Wallonie, la gestion de l'eau est déléguée par le gouvernement wallon à la SPGE, Société Publique de la Gestion de l'Eau. Il s'agit d'une société publique, dont le fonctionnement est décrit par un contrat de gestion établi par le gouvernement. Elle travaille avec différentes intercommunales, sociétés également publiques, pour s'assurer de la distribution d'eau potable, ainsi que de l'égouttage et l'assainissement des eaux usées. Ces différentes intercommunales sont mandatées par la SPGE via des contrats de gestions sur des parties spécifiques du territoire wallon.

On peut voir que contrairement à Haïti, la gestion de l'eau en Belgique est beaucoup plus liée au secteur public. Ceci n'est pas possible en Haïti, étant donné les problèmes politiques discutés plus tôt dans ce chapitre.

Visite d'un centre opérationnel en France

Afin d'avoir une meilleure vision de ce qu'implique la gestion de l'eau sur le terrain, ainsi que du quotidien d'une société impliquée dans cette gestion, nous sommes

allés visiter le groupe Saur², une entreprise de gestion (assainissement, distribution, facturation, etc) de l'eau pour les particuliers et industriels, principalement en France.

Nous avons visité le Centre de Pilotage Opérationnel de Serris. Il s'agit du centre névralgique d'où sont dirigées les activités de Saur pour la région Île-de-France. Ce centre permet un suivi en temps réel des activités sur toute la région par des ordonnanceurs, employés se chargeant de la planification et du suivi du travail des opérateurs de terrain.

Les activités de ce centre sont principalement orientées autour de l'analyse des données reçues à travers tous les capteurs du réseau. Ces analyses sont étudiées par les ordonnanceurs qui déterminent les priorités du système et planifient les journées des opérateurs en conséquence.

Tout le centre fonctionne de manière informatisée. Le système informatique se base sur EPANET (voir section suivante) et propose un véritable ERP³ intégrant toutes les activités du centre, afin d'en augmenter la productivité. Dans ce logiciel, l'eau n'est au final plus qu'une ressource de l'entreprise et l'important est la gestion au quotidien de celle-ci.

Ce système informatique ne détermine pas le réseau de distribution. Celui-ci s'est développé historiquement et le système informatique s'est greffé par dessus. Il permet une collecte des données de ce réseau et de déterminer les opérations à effectuer en fonction de ces données.

2.4 Comparaison avec des outils existants

Afin d'avoir une meilleure idée de ce à quoi devrait ressembler un logiciel de gestion de distribution d'eau, nous avons recherché des logiciels existants afin d'identifier leurs similarités, forces et faiblesses.

EPANET [6] est un logiciel libre de droits, développé par l'*Environment Protection Agency* aux États-Unis. Ce logiciel est une véritable référence dans le milieu, et se retrouve souvent utilisé comme base d'autres logiciels. **WaterCAD** [20]

2. <https://www.saur.com/>

3. Enterprise Resource Planning, progiciel de gestion intégrée

s'inspire de suites logicielles connues afin d'apporter une interface moderne et des visuels avancés. **KY Pipe** [11] se base sur EPANET pour proposer une analyse hydraulique avancée et pour permettre de modéliser de nombreux contenus. Beaucoup d'autres logiciels existent, généralement basés sur EPANET ou AutoCAD (un logiciel plus générique).

On peut remarquer que tous ces logiciels proposent une modélisation géographique du réseau de distribution. Celle-ci permet un affichage du réseau sous forme de graphe avec de liens pour les conduites et des nœuds pour les différents points de traitement, ainsi qu'une superposition sur une carte géographique pour une meilleure visualisation. Un autre module commun à tous ces logiciels permet d'effectuer des analyses formelles sur le réseau. Les modèles mathématiques sont utilisés pour poser une évaluation (quantitative, relative, etc) du système. Ces analyses permettent d'étudier les flux, les dépôts, la pression, etc, que ce soit en un point ou sur toute une partie du réseau. Un dernier module commun permet d'obtenir des rapports sur l'état en temps réel du réseau de distribution.

La majeure différence entre ces solutions est le modèle tarifaire. On passe d'un logiciel gratuit à d'autres dont le prix peut s'élever jusqu'à 14.000 \$. Les autres variations sont plutôt d'ordre visuel, avec des interfaces plus ou moins stylisées ainsi que des représentations du réseau et des données plus ou moins modernes.

Chapitre 3

Organisation

Tout au long de l'année académique, la réalisation du mémoire a été influencée par la composition particulière du groupe. Trois mémorants, deux promoteurs, un client, Protos, et des acteurs de terrain. Autant de points de vue, horaires, désirs et apports à intégrer dans ce travail. Afin de conserver un cap commun et de pouvoir concilier les objectifs de chacun, il a été nécessaire de définir, planifier et attribuer des tâches.

3.1 Approche de travail

Comprendre les problématiques liées au mémoire a été notre première tâche. En tant qu'étudiants en sciences informatiques, notre formation n'inclut pas de cours sur la gestion de l'eau et le contexte haïtien. L'idéal aurait été d'intégrer dans l'équipe des consultants sur les domaines méconnus et d'envisager une visite en Haïti pour rencontrer les acteurs locaux et appréhender la situation.

Pour des raisons évidentes de budget et de temps, l'option de se rendre sur place et engager plus de partenaires a immédiatement été écartée. Pour comprendre la situation et relever les défis posés par le contexte, nous avons pu compter sur l'expertise de nos promoteurs et les 700 pages de documentation qui nous ont été fournies en préambule. Cette première documentation, orientée sur le contexte, a apporté des éclaircissements sur les défis de la gestion de l'eau potable en Haïti (ci-avant présentés en section 2.1).

Tandis que les besoins non-fonctionnels de l'application étaient établis par ce contexte et les vues de Protos, le contenu fonctionnel s'est basé sur les outils actuellement en place. Nous avons vu en section 2.2 que des solutions locales ont été mises en place. En essayant de tirer le meilleur de toutes ces solutions, nous avons établi un cahier des charges (voir chapitre 4).

L'arrivée en Belgique de plusieurs acteurs haïtiens impliqués dans la gestion de l'eau potable a modifié notre approche. A partir de janvier 2019, des réunions régulières avec des utilisateurs potentiels de l'application ont été mises en place. Ce changement d'approche a permis d'orienter le développement vers un but bien plus précis qu'auparavant, nous permettant de bénéficier de nouvelles expertises et nouveaux points de vue.

Planification

L'organisation d'un groupe, même réduit à trois personnes, est nécessaire pour orienter le travail dans un but commun. La planification de la réalisation du mémoire, qui est constitué en vaste majorité de l'application web produite, s'est effectuée sur trois plans :

Mensuel Au départ du mémoire, un plan général a été dressé. Au début, les inconnues (e.g., étendue du projet, fonctionnalités à implémenter) ont empêché de définir avec précision les productions et les dates butoirs. Avec l'avancée du mémoire, nous avons pu estimer l'état et notre vitesse de travail. Les réunions avec Protos pour présenter nos deux plus grandes échéances, à savoir les versions alpha et beta de l'application web, ont été l'occasion de refaire le point et reformuler les objectifs.

Hebdomadaire Chaque semaine en alternance, nous rencontrions un de nos promoteurs. Dans la continuité de la planification mensuelle, ces réunions permettaient de présenter les productions, rapporter les tâches en cours et leur avancement, et enfin de projeter le futur du travail. Ces présentations étaient également l'occasion de rassembler les productions et d'avoir, chaque semaine, des documents ou démonstrations pouvant être comprises par des acteurs étrangers à l'équipe de développement. C'était donc autant un médium d'information que l'occasion de nous recentrer sur le travail, sans compter les précieux retours de nos promoteurs.

Quotidien Après une période d’expérimentation avec plusieurs outils de suivi, la gestion au quotidien des tâches à accomplir s’est ancrée sur Trello¹, un tableau en ligne composé de cartes amovibles réparties dans des colonnes. Dans notre organisation (exemple simplifié en figure 3.1), une carte représente une tâche plus ou moins atomique semblable à un *récit utilisateur*². Nous utilisons les colonnes pour classer les cartes selon l’état de la tâche associée. Nous avons ainsi défini les colonnes : *à faire*, *à faire urgemment*, *en cours*, *problématique* et *fini*. Nous avons également utilisé des messageries instantanées (e.g. Slack³) et canaux vocaux pour organiser les tâches de manière plus informelle.



FIGURE 3.1 – Exemple simplifié d’interface Trello

Etablir un plan et s’y tenir n’était cependant pas suffisant. Le projet a connu de nombreuses modifications dans ses objectifs et contraintes. Différents facteurs viennent expliquer ces modifications :

- La présentation de prototypes aux partenaires et aux promoteurs ont souvent amené de nouvelles idées pour l’application, ou suggéré la modification de fonctionnalités existantes.
- L’arrivée de nouveaux acteurs, principalement aux mois de février et mars. Plusieurs Haïtiens ont pu apporter des éclaircissements sur la situation qui ont modifié l’application et l’orientation de son développement.
- Certaines fonctionnalités se sont révélées plus complexes à implémenter que prévu.

1. <https://trello.com>

2. Un récit utilisateur est une phrase ou texte court décrivant une fonctionnalité à développer

3. <https://slack.com/intl/fr-be/>

La figure 3.2 présente une vue simplifiée du diagramme de Gantt⁴ final sur lequel les modules implémentés (voir section 4.3) sont placés sur une ligne temporelle en dessous de laquelle les grandes phases du mémoire ont été placées, ainsi que les deux versions majeures, *alpha* et *beta*, présentées à tous les acteurs du projet.

Les phases d'*analyse* et d'*architecture* se sont également clôturées par des réunions de taille plus importante afin qu'un maximum de personnes puissent donner leur avis sur les artefacts (cahier des charges, ébauches d'interface graphique, etc). C'est notamment après ces réunions que les changements de planification étaient décidés pour répondre aux nouveaux besoins du client.

Le diagramme en figure 3.2 est donc la version finale. Comparé au plan initial, on constate une augmentation de la phase d'implémentation en raison de l'augmentation de la charge de travail, les modules *historique* et *finances* étaient en effet imprévus. De nombreuses autres fonctionnalités ajoutées a posteriori ont allongé cette phase. Il était également prévu de passer plus de temps sur l'analyse et la conception du système. Or le cahier des charges et les ébauches n'étaient pas assez concrets pour avoir des retours précis sur l'outil. Devant ce fait et l'ampleur du projet, nous avons démarré l'implémentation plus tôt que prévu, et elle s'est également allongée sur le mois d'avril (pour un total d'environ 6 semaines supplémentaires).

Ces imprévus n'ont heureusement pas eu d'impact sur la production. Le démarrage anticipé de l'analyse en août, l'ajout d'une semaine de travail imprévue durant la session d'examen de janvier ainsi qu'une zone tampon de deux semaines prévue dans l'horaire initial ont permis d'accomplir la totalité des tâches initialement prévues, ainsi qu'une part appréciable des suggestions apportées au cours de l'année.

4. Un diagramme de Gantt présente l'avancement et les prévisions des tâches d'un projet en fonction du temps.



FIGURE 3.2 – Représentation simplifiée du diagramme de Gantt final

3.2 Méthodologie

Garantir l'avancement sans variation indésirable de tout projet se fait par le biais d'une méthodologie [10]. Il est important que cette méthode de travail soit connue de chacun pour garantir un rôle fixe et un suivi efficace. Cette notion de méthode est une caractéristique bien connue de la gestion de projet, le but étant de partir d'un besoin et d'apporter une solution informatisée. La méthode lie ces deux états et définit un système de communication, échéances, tâches, etc. De nombreuses méthodes déjà établies existent et sont prêtes à l'emploi par n'importe quelle équipe.

Agile

Dans la section précédente, nous avons évoqué les changements constants dans la planification et les tâches. C'est donc tout naturellement que nous avons opté

pour une *méthode agile*, en opposition aux méthodes traditionnelles dites *waterfall* qui se montrent plus rigides et réfractaires au changement.

Nous n'avons pas suivi une méthode agile fixe, préférant une version plus relaxée, adaptée aux variations de disponibilité inhérentes à notre statut d'étudiant. On peut cependant relever des grands principes inspirés de méthodes existantes, notamment Scrum [17].

Développement dirigé par les fonctionnalités *Feature Driven Development*

en anglais, ce type de développement focalise les ressources sur la création. Tout d'abord création d'un prototype général et d'une liste de fonctionnalités. Ensuite création de celles-ci, ajoutées à l'application en impliquant le client à chaque fois qu'une fonctionnalité est créée. C'est également le client qui définit la priorité des fonctionnalités. Ce dernier point fut très utile dans notre mémoire où les acteurs haïtiens ont souhaité orienter le développement vers l'aspect financier de l'application, en opposition à Protos qui accentuait principalement le réseau de distribution.

Itérations courtes Une itération est une étape indépendante du développement. Chaque itération a sa propre planification et rétrospective. En méthode agile, les itérations sont courtes. Puisque nous voyions nos promoteurs toutes les semaines en alternance, nos itérations se sont naturellement calquées sur ce rythme. Nous avons évoqué l'intérêt de recentrer le développement en section 3.1. C'est également une excellente manière de détecter rapidement les risques (tant au niveau de la planification que de l'application produite) et d'agir en conséquence.

Livraison continue A partir de février, un acteur haïtien arrivé en Belgique a utilisé intensivement l'application. Grâce à ses retours, nous avons pu modifier l'application. Durant trois mois, nous avons déployé de nouvelles versions de l'application toutes les deux ou trois itérations afin qu'il puisse essayer les fonctionnalités ajoutées. Cela a nécessité un peu plus de travail, pour déployer l'application et garantir l'intégrité des données entre les différentes versions. Effort récompensé par des retours fréquents de la part d'un utilisateur impliqué dont le point de vue extérieur s'est avéré extrêmement utile.

Phases du mémoire

Si le développement (implémentation) de l'application a suivi ces principes agiles, on notera que le déroulement d'ensemble du mémoire est divisé en grandes

phases. Ce principe est mis en avant dans la figure 3.2. Cette caractéristique est traditionnellement indicatrice d’un développement en cascade où les différentes étapes du développement logiciel sont délimitées en temps et responsabilités (analyse, conception, implémentation, test, déploiement).

Les raisons sont multiples. On citera notamment notre méconnaissance des contextes de la gestion de l’eau potable et d’Haïti pour lesquels il a fallu se documenter pendant une période assez longue ainsi que la quantité de documents initiaux qui ont forcé à travailler durant ces premiers mois sur la compréhension et l’ébauche d’une solution.

Les disponibilités des acteurs externes au développement (membres de Protos, Haïtiens, chercheurs externes) ont aussi été un facteur. Chacun ayant une mission déterminée, nous ne pouvions avoir de contacts trop fréquents (aussi dûs à la distance et au décalage rendant difficile l’organisation de réunions). Nous avons donc dû aussi adapter les itérations aux disponibilités, variables, de chacun. Ceci explique aussi partiellement pourquoi le développement s’est autant accéléré lorsque des acteurs haïtiens sont venus en Belgique et nous ont offert des retours fréquents, ont participé à différentes réunions. La disponibilité du client est très importante dans le développement agile afin de pouvoir évaluer le travail accompli. En l’absence de membres extérieurs, ce sont nos promoteurs qui ont parfois joué ce rôle de client.

3.3 Répartition des tâches

Dès le début, nous avons cherché à tirer avantage de nos centres d’intérêts et capacités différents. Nous avons eu la chance d’être une équipe complémentaire et d’avoir un mémoire intéressant au point que toutes les tâches étaient attribuées sans problème et rapidement. Dans cette section, nous discutons de cette attribution systématique et de ce qu’elle implique pour ce travail.

Analyse

La phase d’analyse principale, d’août à octobre, avait pour but de comprendre la situation et le rôle de l’application. Afin que toute l’équipe avance vers le même objectif, il a été nécessaire que chacun soit impliqué dans l’analyse. En débutant par une recherche libre, nous avons cherché à nous documenter sur le contexte haïtien,

les solutions existantes et les entreprises qui appliquent ces solutions. L'apport de plusieurs centaines de pages de documentation par Protos et nos promoteurs a nécessité une certaine organisation. Demander à chacun de nous, mémorants, de tout lire nous a semblé improductif, mais il était nécessaire que les informations circulent. Nous avons donc adopté un système de file pour les documents. Chaque nouveau document [18] est placé dans cette file et pris en charge par un de nous trois (selon disponibilité et affinité). Au fil de la lecture, un document résumant le contenu et relevant les informations utiles pour le mémoire est produit. Le résumé terminé et mis à disposition, il est lu et discuté en groupe. Un autre objectif de ce système est de pouvoir bénéficier de documents raccourcis pour rechercher des informations, notamment dans la rédaction de ce travail.

Précisons cependant que même si ce que nous considérons être comme la phase d'analyse principale s'est déroulée de août à octobre, les changements d'exigences et l'apport de nouvelles informations au cours de l'année ont induit des phases d'analyse complémentaires, principalement au démarrage de l'implémentation de chaque module. A nouveau, nous nous sommes tous trois impliqués dans ces phases afin que le développement soit cohérent.

Conception et implémentation

Contrairement à l'analyse, la conception et l'implémentation ont connu une très forte séparation des tâches entre nous trois, chacun ayant un champ de travail défini.

Adrien responsable de la gestion du projet (planification, présentations intermédiaires, communication), de l'analyse fonctionnelle et du *front-end* (le client) : interface graphique, fonctionnalités utilisateur.

Céline responsable du *back-end* (le serveur) : base de données, traitement des informations et calculs, gestion des performances.

Sébastien responsable du *service worker* (l'accès hors-ligne à l'application), des tests et renfort au *back-end* sur le module financier et la vérification des permissions.

Pour chacune de ces préoccupations, le responsable désigné s'est chargé de la conception, des schémas, de la réalisation (implémentation) et de la documentation. Une communication constante et présentation de l'avancement des tâches à

chaque membre de l'équipe se sont implicitement imposées, toujours dans l'optique d'orienter le développement dans le même sens.

L'inconvénient principal de ce type d'organisation est la compartimentalisation qui nuit à l'apprentissage individuel puisque tout le monde ne travaille pas avec la totalité des technologies utilisées. Cela pose un risque d'arrêt, même temporaire, du développement si un des membres se trouve dans l'incapacité d'assumer sa charge de travail. En entreprise, ce risque serait à corriger au plus vite en impliquant plus d'acteurs dans chaque branche du développement, ou en impliquant tous les acteurs dans la totalité du code (par exemple via un système de rotation).

Nous avons tout de même effectué ce choix pour la puissance de travail qu'il permet et les facilités de développement et d'organisation apportées. Chacun de nous a développé une connaissance accrue de la technologie utilisée dans sa partie, permettant une augmentation drastique de l'efficacité qui s'est particulièrement ressentie dans la seconde partie (second quadrimestre) du travail. Organisationnellement parlant, savoir directement à qui s'adresser en cas de problème ou demande de fonctionnalité a été également particulièrement pratique.

Rédaction

La rédaction du présent texte a à nouveau rassemblé l'équipe. En tant que document résumant et justifiant le travail accompli, il était naturel d'être tous inclus dans son élaboration. Nous avons considéré les différentes sections en tant qu'entités individuelles, permettant un déroulement de la rédaction simplifié, étape par étape. A des granularités différentes (parfois allant jusqu'à établir le plan pour chaque sous-section), nous avons dressé une liste du contenu à intégrer. La section était ensuite attribuée au mémorant responsable du sujet discuté.

Une fois le premier jet établi, une relecture permettait à chacun d'apporter les modifications désirées, parfois discutées, pour obtenir un texte dans lequel chacun de nous peut s'identifier. Ce processus était répété pour chaque section et chaque jet, encouragés et orientés par les commentaires de nos promoteurs.

Au quotidien

La planification générale avait une précision au maximum hebdomadaire. Pour le travail effectué au jour le jour, nous nous sommes entièrement reposé sur Trello avec un système de colonnes décrivant l'état et la priorité de chaque tâche comme exposé ci-avant. Autre héritage des méthodologies agiles, ces cartes sont des tâches à réaliser pour avancer le développement. Dans notre cas, les tâches étaient souvent atomiques ou ne reflétaient qu'une seule unité de développement (e.g., ajouter un champ dans un formulaire).

Un système de description de la tâche, assignation de membre(s) à une carte et étiquetage, ajouté au principe des différentes colonnes indiquant la priorité et l'état de chaque carte, a permis de gérer efficacement le travail.

Quant à l'ajout des cartes, on relève deux possibilités :

- Au début des itérations, lorsqu'on planifiait le sprint à venir.
- Durant une itération, lorsqu'un membre de l'équipe avait besoin d'une fonctionnalité qu'un autre membre devait implémenter, le premier membre ajoutait une carte en assignant le second. Par exemple, si le développement du client nécessitait l'implémentation d'une fonctionnalité du serveur, la carte était ajoutée en assignant directement la personne responsable.

La colonne de travail prioritaire s'est avérée une très bonne idée. Puisque nos fonctionnalités sont dépendantes à la fois du client et du serveur, cela permettait d'identifier clairement les besoins. Nous pouvions ainsi débiter une séance de développement à n'importe quel moment en sachant ce dont les autres avaient besoin.

Chapitre 4

Analyse des besoins

La phase d'analyse des besoins est, dans tout projet, l'une des plus importantes. Elle permet de s'accorder entre toutes les parties impliquées, clients comme développeurs, sur la portée du projet, quelles fonctionnalités implémenter, et comment y arriver. Cette phase se doit d'être méticuleuse, afin que toutes les parties impliquées soient d'accord sur ce qu'elles souhaitent.

Cependant, nous devons rester conscients que le temps accordé à un mémoire est assez court par rapport à ce qui se fait dans l'industrie pour un projet de cette ampleur. Nous ne pouvions donc pas passer trop de temps sur cette phase, sous peine de ne plus en avoir assez pour implémenter les fonctionnalités établies.

Nous pensons avoir trouvé un bon entre-deux, prenant avantage des conseils glanés au cours de nos études [13] : nous avons présenté au plus vite des visuels de la future application, et avons organisé une réunion Skype pour pouvoir échanger en direct avec nos clients malgré le décalage horaire.

Le cahier des charges résultant de ces interactions (voir section 8.1) nous semble complet, et a été assez peu modifié au cours du projet. Deux éléments s'y sont cependant ajoutés, l'un pour répondre aux besoins non-fonctionnels et l'autre suggéré par Louis Fritzno, un acteur haïtien venu pour apporter un point de vue concret.

4.1 Besoins fonctionnels

Le terme *besoins fonctionnels* décrit les besoins précis d'un client sur le projet. Ce sont les points qui ont été mis en avant par Protos et les Haïtiens comme étant les plus importants afin que notre application leur soit utile.

Gestion des données

La chose la plus évidente dont ont besoin les acteurs sur place est une aide à la gestion de leurs données. La technique papier-crayon décrite plus tôt s'est montrée inefficace, il faut donc un système permettant à la fois de centraliser les données et d'éviter les pertes, tout en ne s'éloignant pas trop de ce que les Haïtiens connaissent et font aujourd'hui, afin que la transition vers le nouveau système informatisé puisse être facilitée par une certaine familiarité.

Pour mieux comprendre la nature exacte des données en question, nous avons étudié des fichiers Excel [18], qui servent à ce jour de premier pas vers une informatisation de la gestion du réseau de distribution d'eau.

Ces documents nous ont été d'une très grande utilité, puisqu'ils nous ont permis de lister toutes les données nécessaires à notre application, nous donnant un solide point de départ pour notre base de données. Ils nous ont également permis de mieux comprendre quelles étaient les responsabilités des différents acteurs, ce qui nous a donné la structure de l'application elle-même.

En nous inspirant directement des *Komité Dlo* décrit dans le chapitre 2.2, nous avons décidé de créer deux types de gestionnaires : ceux dits *de zone*, qui effectuent une gestion générale de toute une partie du réseau de distribution avec peu d'interaction avec ses usagers. Ils collaborent avec des gestionnaires dits *de fontaine(s)*, qui s'occupent directement un ou plusieurs points d'eau, et sont en contact direct avec les consommateurs.

Cette division permet à chacun d'avoir un rôle clair et précis, les gestionnaires de fontaines apportant les données au jour le jour (paiements, nouveaux usagers, etc.), tandis que les gestionnaires de zone s'occupent du réseau en lui-même.

Simplification des procédures

La seconde observation que nous avons pu mettre en avant en lisant les documents fournis par Protos et en parlant aux Haïtiens est que les procédures en place sont à la fois trop compliquées et peu standardisées. Il est souvent nécessaire de se déplacer physiquement jusqu'à un point d'eau ou chez la personne qui en est responsable pour avoir l'information nécessaire, ce qui est à la fois une cause directe et un résultat de l'absence de centralisation.

La division en différents rôles que nous avons établie permet aux utilisateurs de l'application d'avoir toujours une vue sur les éléments du réseau de distribution dont ils sont responsables, et de faire circuler les informations beaucoup plus vite.

Nous souhaitons également aider les gestionnaires de zone à prendre des décisions plus rapidement. En effet, grâce à la numérisation des données, il leur est possible de visualiser leur réseau de distribution avec des filtres. Ceux-ci peuvent mettre en avant les points d'eau nécessitant une réparation, ou les villages dans lesquels les factures sont en retard.

Nous sommes partis des documents décrits dans la section 4.1 afin de déterminer différentes procédures importantes dans la gestion de l'eau. Nous avons ensuite conçu des diagrammes représentant comment les utilisateurs pourraient les réaliser au sein de notre application. Ces diagrammes sont disponibles dans l'annexe D.

4.2 Besoins non-fonctionnels

Le terme de *besoin non-fonctionnel* désigne un besoin autour du système, une contrainte liée à l'implémentation, aux performances ou à une situation spécifique au projet en lui-même. La réalisation de ces objectifs permet d'obtenir un système plus fiable et qualitatif.

Sécurité des données

Dans le monde d'aujourd'hui, il est évident qu'une certaine attention doit être accordée à la sécurité d'une application web. En Haïti peut-être plus qu'ailleurs, une attention particulière se doit d'être portée à la possibilité qu'un utilisateur malveillant ou non se connecte au système.

Par conséquent, nous avons non seulement implémenté un principe de connexion avec privilèges (certaines données sont inaccessibles sans un niveau de privilège particulier), mais nous avons également ajouté un système de *logs*.

Ce module, appelé *module historique* n'était pas prévu initialement, nous l'avons ajouté pour remédier aux erreurs des utilisateurs, ou aux comportements malicieux. Ce module permet aux supérieurs hiérarchiques de consulter les modifications faites par leurs subordonnés. Si ces modifications leur semblent incorrectes, un seul clic leur permet de faire revenir les données à leur état précédent. Si une modification est acceptée, elle disparaît de la liste en laissant la modification, jugée valide, dans la base de données.

Connexions lentes et peu fiables

L'utilisation de notre application en Haïti amène un besoin particulier : dans ce pays, la connexion Internet est bien plus lente que nos standards européens et y est souvent peu fiable. Pour pallier à cela, nous avons d'abord utilisé les techniques courantes : nous envoyons aussi peu de données que possible, faisons usage de la cache (voire section 5.4) et envoyons les informations des différents éléments de la page séparément.

Cependant, une demande de nos clients a été de pouvoir utiliser certaines fonctionnalités de l'application lorsqu'il n'y a pas de connexion. Pour cela, nous avons développé un *service worker*, détaillé en section 5.4.

Technologies simples et populaires

Par rapport à un projet classique, une contrainte de ce travail est qu’il se déroule dans le cadre d’un mémoire universitaire. À la fin de nos études, ce projet sera repris par d’autres étudiants pour un deuxième mémoire et sera à terme déployé en Haïti pour être maintenu par les acteurs locaux. Comme ces futurs développeurs ne sont pas connus, une attention particulière doit être apportée à la facilité de la maintenance de notre application.

Pour cela, nous avons décidé d’utiliser des technologies relativement simples et populaires, de sorte que même si nos successeurs ne les connaissent pas, ils puissent assez facilement les apprendre par eux-mêmes, en utilisant des tutoriels disponibles gratuitement sur Internet par exemple. Une description plus détaillée des choix technologiques que nous avons faits se trouve à la section 5.1.

4.3 Cahier des charges

Après discussion avec Protos et les Haïtiens, nous avons décidé d’organiser notre application en différents modules interagissant avec notre base de données. Certains sont indépendants tandis que d’autres étendent un module précédent pour lui rajouter des fonctionnalités. Ils forment au final un réseau de dépendances, montré dans la figure 4.1.

Ce choix de conception nous a permis dans un premier temps d’appliquer la méthode Agile plus facilement, déployant notre travail module par module. Dans un second temps, il permet à notre application d’évoluer très rapidement : un nouveau module vient se greffer à la base de donnée sans changer le fonctionnement des autres, un ancien module qui aurait perdu son utilité peut être enlevé sans rien endommager s’il n’a pas de dépendances. De plus, ce choix devrait aider les futurs développeurs à ajouter à la base applicative existante plus rapidement. Le cahier des charges complet initialement créé et approuvé par toutes les parties est disponible dans l’annexe 8.1.

Chaque module représente un type d’activité pratiqué par les gestionnaires du réseau de distribution. Après cette première année de développement, nous en avons créé huit :

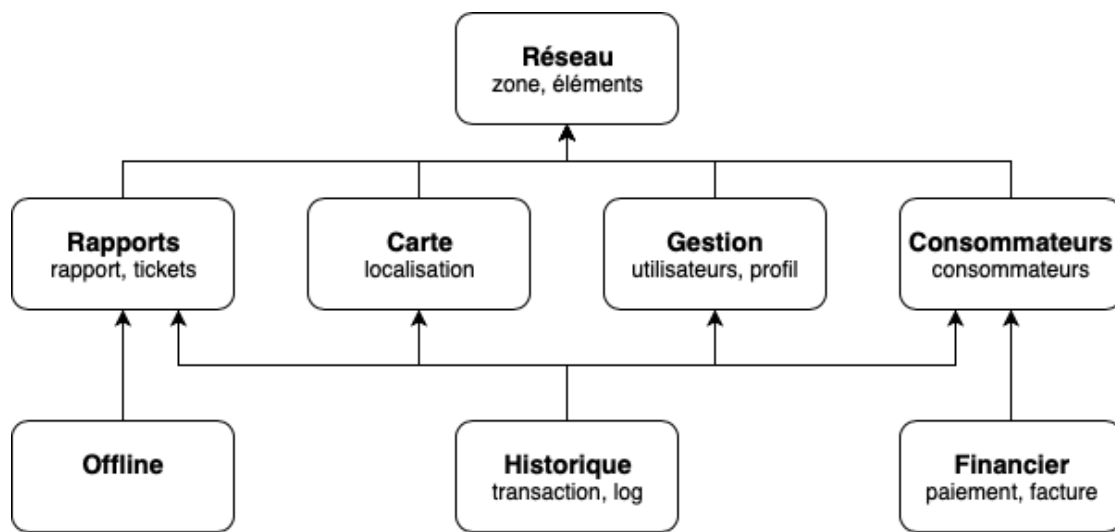


FIGURE 4.1 – Relations entre les différents modules de l'application et entités gérées

- Le module **réseau**, permet de créer de nouveaux éléments du réseau (source, conduite, réservoir, kiosque, fontaine, prise individuelle) et de consulter des informations à leur propos (nom, emplacement, état de fonctionnement)
- Le module **carte interactive**, fortement lié avec le précédent, permet de placer et visualiser les éléments du réseau de distribution sur une carte. Le module permet de placer des éléments sur celle-ci directement avec la souris, ou plus précisément avec trois systèmes de coordonnées : le degré décimal, le degré-minute-seconde et la transverse universelle de Mercator (cette dernière méthode demandée par notre contact haïtien).
- Le module **consommateurs** contient toutes les informations à propos des usagers du réseau (nom, adresse, etc), groupés par ménages.
- Le module **financier**, fortement lié avec le module précédent, permet de consulter et d'ajouter les informations concernant les paiements réalisés par les usagers du réseau.
- Le module **rapports** permet aux gestionnaires de fontaine(s) d'entrer des informations sur le fonctionnement du réseau (s'il a été actif, quelle quantité d'eau a été distribuée) et de créer des tickets de problèmes en cas de panne d'un élément.
- Le module **gestion de zone**, plus administratif, permet de créer de nouveaux gestionnaires et de les assigner à une zone ou des éléments du réseau en fonction de leur rôle.
- Le module **historique** permet aux supérieurs hiérarchiques de visualiser tous les changements, ajouts ou suppressions effectués par leurs subordonnés.

- Ils peuvent valider ou annuler ces changements. Pendant trois semaines, un choix (validation ou annulation) est affiché dans une seconde table pour informer les autres supérieurs qu'une décision a été prise, afin de permettre de récupérer des informations supprimées en cas d'annulation erronée.
- Le module **offline** permet d'assurer la disponibilité du site même lorsque la connexion internet n'est pas stable, donnant la possibilité de compléter le rapport mensuel. Les fonctionnalités précises de ce module sont décrites plus en détail dans la section 5.4.

4.4 Structure des données

À partir des informations des différents documents analysés dans la section 4.1, nous avons commencé à établir une structure pour les données de notre application. Nous avons d'abord repéré les champs qui nous semblaient les plus importants dans les différents fichiers Excel [18].

Nous avons ensuite confronté ça aux différents modules et fonctionnalités développés dans le cahier des charges. En rassemblant tout ça, nous avons établi un schéma en figure 4.2 représentant la structure des données à laquelle nous sommes arrivé. Il montre un diagramme des relations entre les différentes entités de notre application, selon le standard UML [15].

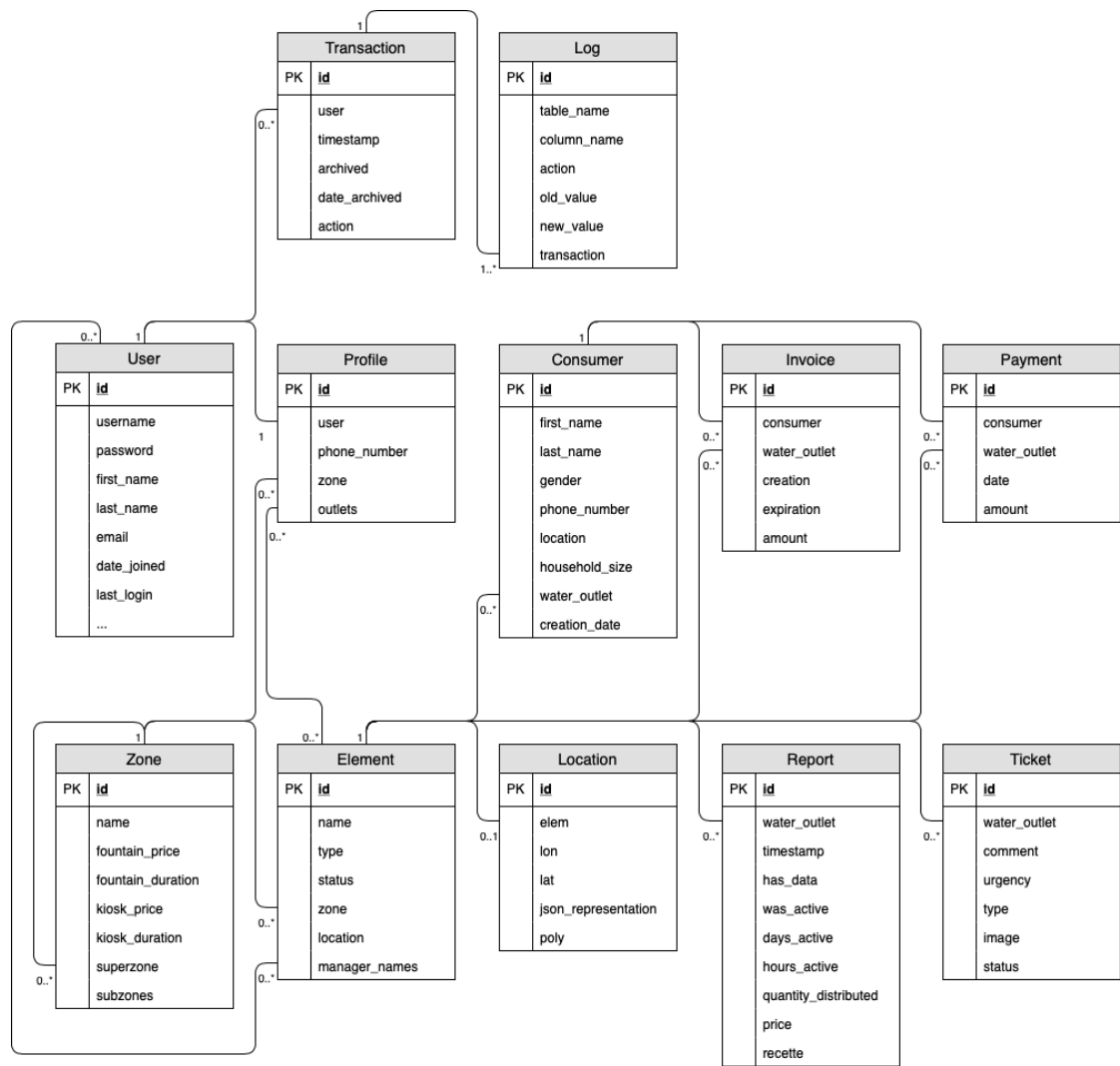


FIGURE 4.2 – Schéma des données du système

Chapitre 5

Implémentation

5.1 Choix technologiques

Web

Établie dès le premier jour, l'exigence du support web pour ce travail a influencé la totalité du mémoire. Nous n'avons pas eu de réel choix à ce niveau, il nous est néanmoins possible de trouver des avantages à ce type de développement :

- L'application ne nécessite aucune installation, aucun prérequis et la seule nécessité est de disposer d'un navigateur internet (préférentiellement majeur et relativement récent). C'est une facilité pour l'utilisateur, puisqu'il suffit d'accéder au site internet. L'avantage est également étendu au développement qui ne doit pas se préoccuper du système d'exploitation de l'utilisateur.
- Le déploiement des mises à jour et la manière dont l'application fonctionne en général est uniforme à travers les utilisateurs et les conflits de version, bien que devant toujours être gérés notamment par le biais du cache (voir section 5.4), sont moindres que sur une application locale. D'éventuels conflits de données peuvent être réglés directement via le serveur et les outils de développement disponibles à l'équipe, ce qui est plus rapide et moins complexe que de créer des automatisations pour gérer ces mises à jour individuellement pour chaque utilisateur.

Ne présentant pas que des avantages, le développement web apporte son lot de problématiques nouvelles :

- Utiliser une application en ligne nécessite une connexion internet, et même si cette dernière n'est pas requise en permanence (voir section 5.4), il est impératif qu'elle soit présente ponctuellement pour charger l'application et envoyer/recevoir les données lors de son utilisation.
- La diversité des navigateurs internet (Firefox, Chrome, Edge, etc) entraîne la nécessité de gérer ces environnements différents pour que l'application fonctionne sur un maximum de navigateurs et de manière similaire.

Choix du framework - Django

Un framework est une infrastructure logicielle dans laquelle l'application est développée. On peut argumenter, avec raison, qu'un framework ajoute une certaine quantité d'outils qui ont comme effet de bord de complexifier l'application et d'en augmenter la taille. Dans une application aussi large que la nôtre cependant, l'apport bénéfique qu'ont ces outils supplante largement ces inconvénients. Parmi ces apports bénéfiques on citera surtout :

- L'environnement de travail d'un framework impose certaines contraintes qui répandent des bonnes pratiques. Par exemple, une structure des fichiers et dossiers du code source qui permet à long terme une meilleure maintenance, surtout dans des applications complexes.
- Les outils fournis sont testés, utilisés et éprouvés. Il n'est pas nécessaire de créer nous-même des fonctionnalités déjà présentes dans un framework, et même si recréer ces fonctionnalités est une expérience enrichissante, elle reste moins efficace. De plus, les fonctionnalités existantes sont de meilleure qualité, offrent de meilleures performances et surtout ne sont pas à maintenir par l'équipe de développement de l'application, mais par l'organisme en charge de la publication du framework. Ces avantages seront d'autant plus importants que le framework est populaire et maintenu à jour.
- Un framework aura beaucoup de fonctionnalités par défaut qui rendront le développement plus aisé. Messages d'erreur, outils de mesures, etc.
- La documentation et l'aide sont de meilleure qualité. Les framework ont généralement une communauté et une équipe de développement dont les capacités et l'expérience permettent une production de documentation rendant très facile la compréhension du projet et la recherche d'aide. Avantages qu'il est impossible d'égaler dans une équipe de trois personnes sur dix mois.

La table 5.1 reprend une liste non-exhaustive de frameworks qui ont été envisagés pour ce projet. Afin de pouvoir développer une application compatible, nous avons évalué les possibilités et arrêté un choix durant la phase d'analyse du développement. Ci-après sont exposées les motivations de ce choix.

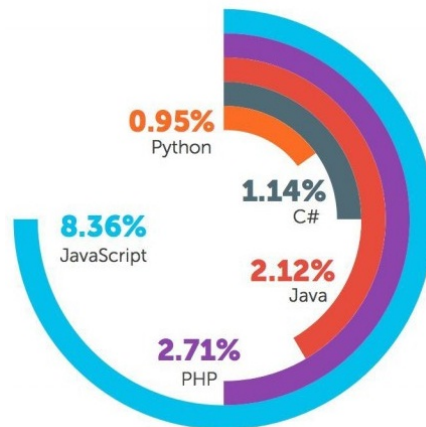


FIGURE 5.1 – Pourcentage de code imbriqué

Langage	Framework	C	M	Pe	Po	T	Total
JavaScript	Express	M	M	B	B	M	3.5
	MeteorJS	B	B	M	N	B	3.5
	NodeJS	M	M	M	B	N	3.5
Python	Django	M	M	B	B	M	3.5
	Flask	B	B	B	B	B	5
	Pyramid	B	B	B	N	B	4
Ruby	Rails	N	M	B	B	B	3

TABLE 5.1 – Comparatif de quelques frameworks connus

Critères - [B]on, [M]oyen, [N]égatif

C Complexité - Difficulté d'utilisation / apprentissage.

Évaluer la complexité est hautement subjectif en fonction des préférences et habitudes du développeur. Nous pouvons néanmoins comparer les langages utilisés et la structure du framework.

Une mesure de la complexité se base sur l'imbrication des blocs de code. Un code comportant beaucoup de structures imbriquées sera moins lisible, et donc plus complexe. Les résultats¹ en figure 5.1 montrent que cette mesure favorise le langage Python dans nos options.

M Maintenabilité - Aisance et possibilités de maintenance.

L'aisance avec laquelle un code est maintenu à jour est inversement lié à la

1. Étude de Seerene ©, 2015

complexité. À cela, nous pouvons ajouter les fréquences de mise à jour des frameworks. La structure du framework impacte également la maintenabilité; moins on modifie de fichiers pour implémenter une fonctionnalité, plus facile sera la maintenance à moyen et long terme. Nos recherches favorisent les frameworks Python, par leurs sources généralement plus courtes. La taille du framework a en revanche un impact négatif sur la maintenabilité. Les petits frameworks en python seraient donc les plus maintenables.

Pe Performance - Capacités du framework.

Les performances sont mesurées en termes de temps de réponse pour une requête du client au serveur. Il peut être important de noter que, dans le cas d'Haïti, la performance sera importante due à l'instabilité des connexions Internet mais moins au niveau du serveur qui ne sera pas aussi sollicité qu'une application de banking ou militaire par exemple. Les performances d'un framework sont largement définies par les technologies utilisées (principalement le type de base de données). Django est un candidat recommandé sur Internet pour les larges projets manipulant beaucoup de données.

Po Popularité - Popularité du langage à travers le monde.

La popularité est sans doute la plus importante des mesures de ce comparatif. Un langage populaire dispose de plus de tutoriels et aide en ligne que d'obscurs langages / frameworks peu ou pas utilisés.

La figure 5.2² montre une évolution de la popularité des frameworks les plus courants. On peut constater que Django est actuellement classé cinquième, et surtout qu'il a l'une des courbes les plus stables, ce qui suggère qu'il restera populaire dans le futur. Sa présence dans le top 10 est également un bon indicateur de sa perrenité.

T Taille - Espace de stockage requis

Un framework léger sera plus intéressant pour ce projet. D'une part pour la complexité, car moins il est nécessaire de modifier/ajouter des fichiers, plus l'utilisation est aisée. D'autre part car le serveur de destination nous est inconnu et nous ne savons donc pas quel espace de stockage sera mis à disposition.

Le calcul du total pose les valeurs 0, 0.5 et 1 (resp. N, M et B) et somme les valeurs des différents critères. Nous insistons sur la subjectivité et la sensibilité au contexte d'HaïtiWater de ces critères non-exhaustifs et n'impliquant que des choix envisagés pour ce mémoire et non tous les frameworks (plusieurs centaines existent).

2. <https://hotframeworks.com/>

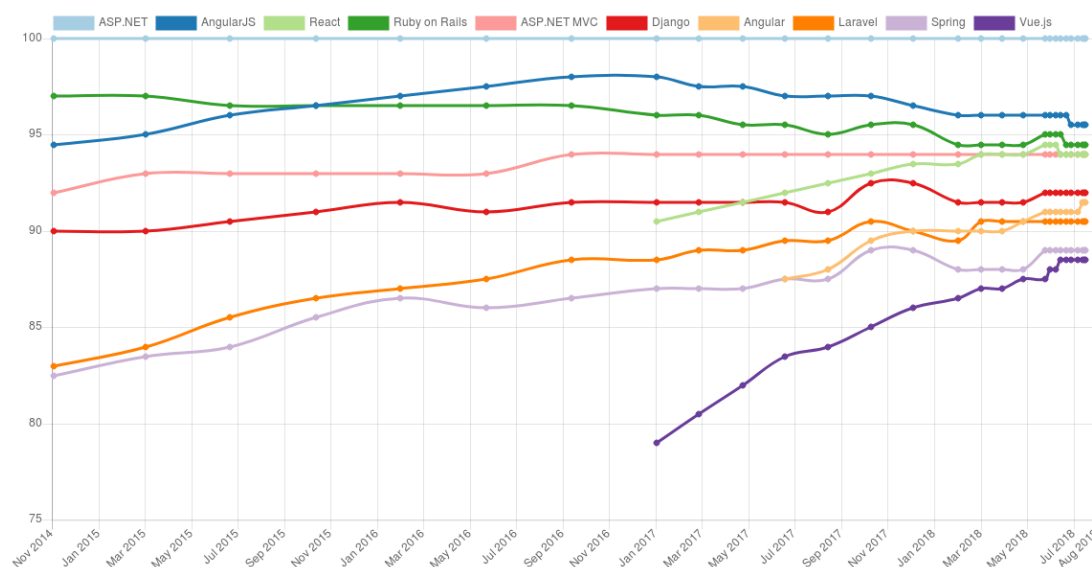


FIGURE 5.2 – Popularité des frameworks de novembre 2014 à août 2018

Django

Le choix d'un framework repose sur de nombreux critères dont plusieurs sont subjectifs. En l'absence d'une ligne directrice, le choix se fait souvent selon l'expérience et les désirs de l'équipe. Notre comparatif terminé, il est devenu clair que nous favorisons un framework utilisant le langage de programmation Python.

Flask a été envisagé, cependant les facilités offertes par Django dans la gestion de la base de données, particulièrement pour les données géographiques, ont été le facteur décisif. Parmi les sites populaires utilisant Django, on citera Instagram, DropBox, Disqus³.

Python

Le langage Python est un langage de programmation populaire principalement grâce à sa syntaxe légère permettant un code compréhensible et généralement plus court (voir figure 5.1). Il n'est pas le plus utilisé en développement web, ce sont

3. <https://djangostars.com/blog/10-popular-sites-made-on-django/>

PHP (79% d'utilisation), ASP.NET (11.3%) et Java (4%) qui constituent le trio de tête [19]. Toutefois, nous pensons que Python s'adapte parfaitement aux besoins de l'application demandée. C'est un langage relativement simple et compréhensible dont la popularité croît ces dernières années. Les bibliothèques logicielles et la documentation, toutes deux disponibles à foison sur Internet, en font un langage particulièrement ouvert aux débutants. De plus, cette montée en popularité fait qu'il est de plus en plus enseigné au sein des universités et hautes écoles, ce qui indique que la tendance se maintiendra sans doute. Un dernier argument, et non des moindres, est l'expérience déjà acquise dans la programmation en Python durant nos années d'études.

PostgreSQL et PostGIS

Si l'utilisation du langage Python était imposée dès lors que Django fut choisi en tant qu'environnement logiciel, le système de gestion de base de données, dont le rôle est de lier l'application web et la base de données, était moins contraignant puisque de nombreuses options sont compatibles avec notre framework.

Nous avons tout de suite écarté les systèmes non-relationnels. Bien que présentant des avantages, principalement dans l'agilité avec laquelle la structure des données peut évoluer, ces derniers ne sont pas adaptés à une application comme celle développée dans le cadre de ce mémoire. En effet, les données ont de fortes dépendances, les éléments du réseau étant rattachés à des gestionnaires faisant parties de zones géographiques elle-même gérées, etc. Les outils offerts par les bases de données relationnelles pour joindre différents groupes de données (par exemple pour croiser les consommateurs avec leurs paiements afin d'obtenir un détail financier), sont tout simplement mieux adaptés au fonctionnement de l'application.

Restent donc les systèmes de gestion de base de données (SGBD) relationnels, dans lesquels nous avons opté pour PostgreSQL, classé quatrième système de gestion de bases de données le plus utilisé au monde⁴. La première motivation de ce choix est la recommandation du framework Django, lequel s'adapte mieux à ce SGBD via son système de *mapping objet-relationnel* (voire section 5.5). La seconde motivation est l'existence de l'extension PostGIS [4], une extension du SGBD permettant de traiter aisément les données géographiques.

4. <https://db-engines.com/en/ranking>, 1 mai 2019

Bootstrap

Bien que l'utilisation de frameworks *front-end* soit de plus en plus répandue, nous n'en avons pas intégré dans le client de l'application. Les choix sont pourtant nombreux et tant Angular, React que Vue ont été envisagés. Nous avons décidé de n'en utiliser aucun pour ne pas ajouter de technologie supplémentaire et pour limiter le nombre de dépendances du projet afin d'en garantir la perrenité sur le long terme.

Néanmoins, la version 3 (plus documentée, éprouvée et ayant de meilleures compatibilités avec les autres frameworks et bibliothèques que la version 4) de Bootstrap est présente dans l'application. Bootstrap est une bibliothèque implémentant une large quantité de fonctionnalités que nous utilisons majoritairement pour agencer visuellement les blocs de l'interface graphique en fonction de la taille de l'affichage disponible, afficher des composants avancés (multisélection, sélection de date, menus) et styler les composants de l'interface.

Bootstrap ajoute l'avantage non-négligeable d'implémenter un bon nombre de fonctionnalités nous permettant d'accélérer le développement, tout en étant une bibliothèque assez connue que pour être extensivement testée et documentée, la rendant une meilleure alternative à une création personnalisée qui aurait sans doute été moins performante.

Le désavantage majeur est son poids. Accompagnée de nombreuses fonctionnalités qui n'ont pas été utilisées dans ce projet, Bootstrap est lourde (approximativement 400 KB), d'autant plus en considérant la lenteur des connexions haïtiennes. Il est cependant tout à fait possible de nettoyer la bibliothèque (voir section 7.1) pour n'en conserver que les fonctionnalités utilisées, et ainsi optimiser les téléchargements.

DataTables

DataTables [12] est la seconde plus grosse bibliothèque du projet, gérant l'affichage des données sous forme de tables. A nouveau sélectionnée de par son ancienneté permettant une documentation et des tutoriels efficaces, DataTables était très loin d'être la seule option. Nous avons envisagé, et débuté la première version avec, la bibliothèque *Django-Tables2* qui causait un ralentissement du chargement des pages contenant les données, et une perte de contrôle de l'information

au niveau du serveur car les tables étaient directement rattachées aux modèles de la base de données.

Dans notre volonté d'offrir une API pour communiquer avec le serveur (voir section 5.5), nous avons migré vers DataTables. En utilisant la technologie AJAX (Asynchronous Javascript And XML) de DataTables, nous pouvons exploiter pleinement l'asynchronicité du navigateur et charger une page de l'application en totale indépendance des données, ce qui augmente la vitesse de chargement des contrôles, permettant d'utiliser directement une fonctionnalité de l'application sans attendre le téléchargement des données (par exemple pour ajouter un élément).

Les capacités offertes par DataTables sur le contrôle des données nous permettent également de gérer les données à l'envoi et/ou à la réception et de contrôler leur affichage, tout en bénéficiant des fonctionnalités implémentées par la bibliothèque (champ de recherche, tri dynamique, pagination).

DataTables n'ayant aucun impact sur le serveur, il faut implémenter toutes les communications de données, gros travail supplémentaire qui nous a cependant permis d'avoir un meilleur contrôle (sécurité et performances) sur les données envoyées par l'API (voir section 5.5).

Chart.JS

La bibliothèque Chart.JS est utilisée pour générer les représentations visuelles de l'application. Les bibliothèques permettant de créer des graphiques sont nombreuses et Chart.JS a de nombreux concurrents qui offrent parfois plus de fonctionnalités. Chart.JS a une bonne réputation dans ce domaine et est réputée pour ne pas être trop complexe à utiliser, toujours dans le but de respecter les exigences technologiques. De plus, Chart.JS génère des canvas là où un de ses concurrents majeurs, la bibliothèque D3.JS, génère des images vectorielles ou des éléments du domaine, plus gourmands en performances en particulier avec de larges ensembles de données.

5.2 La hiérarchie dans l'application

Le bon fonctionnement de l'application repose sur le principe hiérarchique de la récolte des informations venant de la saisie de données par les utilisateurs de l'application puisque le manque de financement et l'état actuel du réseau ne permet pas une récolte en temps réel des données via des capteurs. Une représentation de la structure hiérarchique vous est présentée en figure 5.3.

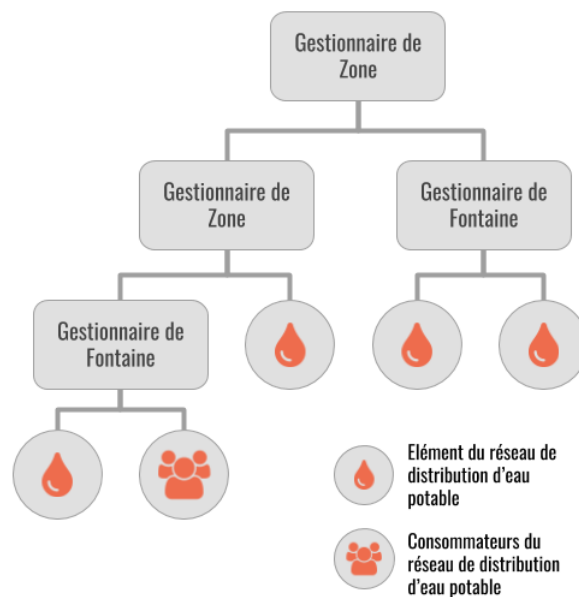


FIGURE 5.3 – Représentation du principe hiérarchique des utilisateurs, éléments et consommateurs

Structure

Rappelons que l'application a trois concepts clefs :

Zone

Une zone est un partitionnement des données de l'application. A la base de celle-ci se situe la zone racine dans laquelle toutes les données sont enregistrées. Une zone peut être composée d'autres zones. Une zone parente rassemble la totalité des données des zones filles. En revanche, une zone fille ne rassemble que les données qui lui sont rattachées et ne voit pas le contenu des zones soeurs ou parentes. On peut ainsi se servir des zones pour

diviser géographiquement le réseau de distribution d'eau selon le principe de la hiérarchie haïtienne existante (DINEPA, OREPA, CAEPA) exposée en section 2.2. Chacun a donc ses propres responsabilités et ne vient pas empiéter sur le territoire de l'autre.

Elément du réseau

Un élément du réseau peut être une conduite, un réservoir, une source, une fontaine, un kiosque ou une prise individuelle. Ces six éléments constituent le réseau de distribution d'eau potable haïtien et sont enregistrés dans une zone.

Consommateur

Un consommateur est un habitant qui utilise le réseau de distribution d'eau potable. Dès son enregistrement dans l'application, le consommateur est rattaché à un et un seul élément de sortie (fontaine, kiosque ou prise individuelle) du réseau, ce qui permet de gérer sa facturation et, de manière plus générale, de consulter la densité des consommateurs.

Deux types d'utilisateurs sont amenés à se connecter à l'application :

Gestionnaire de Fontaine

Ce gestionnaire est un noeud terminal dans un chemin de la hiérarchie des utilisateurs. Son rôle est simple ; au plus proche du consommateur, il est chargé de gérer (et donc assigné à) un ou plusieurs éléments de sortie du réseau, c'est-à-dire qu'il s'occupe du bon fonctionnement de la distribution aux consommateurs. Il a quatre charges relatives aux éléments du réseau de distribution d'eau qui lui sont assignés :

1. Rapporter l'utilisation, sous forme des volumes distribués.
2. Signaler les problèmes avec la pompe ou avec la qualité de l'eau.
3. Ajouter, modifier ou supprimer les consommateurs.
4. Rapporter les paiements des consommateurs.

Le gestionnaire de fontaine est donc une entité locale similaires aux *comités fontaines* vus en section 2.2.

Gestionnaire de Zone

Le gestionnaire de zone est un rôle plus complexe. Il est un administrateur local ou global, dépendamment de sa position dans la hiérarchie. Un gestionnaire de zone peut superviser d'autres gestionnaires, de zone ou de fontaine, et ce en nombre illimité. Un gestionnaire de zone peut effectuer les mêmes actions qu'un gestionnaire de fontaine, mais ses charges sont plutôt orientées dans l'administration de sa zone :

1. Ajouter, modifier ou supprimer des zones.
2. Ajouter, modifier ou supprimer des gestionnaires.

3. Assigner des gestionnaires de zone à une zone, et des gestionnaires de fontaine à un ou plusieurs éléments de sortie du réseau.
4. Gérer ses gestionnaires et leurs actions via l'historique.
5. Utiliser les données récoltées par ses gestionnaires pour gérer le réseau de distribution.

Permissions

Les utilisateurs peuvent agir sur les données qui sont à leur niveau, et en dessous en accord avec le principe hiérarchique, selon le système de permission exposé en table 5.2.

Permission	Gestionnaire de	
	fontaine	zone
Ajouter/modifier/supprimer un consommateur	✓	✓
Ajouter/modifier/supprimer un élément du réseau de distribution	✓	✓
Ajouter/modifier/supprimer un rapport mensuel	✓	✓
Ajouter/modifier/supprimer un paiement	✓	✓
Ajouter/modifier/supprimer un ticket de support	✓	✓
Ajouter/modifier/supprimer une zone	✗	✓
Ajouter/modifier/supprimer un gestionnaire	✗	✓*
Accepter/refuser un changement dans l'historique	✗	✓

* : Un gestionnaire de zone ne peut pas modifier les informations personnelles (mot de passe, courriel, nom, prénom) d'un gestionnaire existant

TABLE 5.2 – Permissions dans l'application, par type d'utilisateur

5.3 Interface utilisateur

Partie visible de notre application, l'interface graphique, permet d'utiliser les fonctionnalités d'HaïtiWater. En réalité, l'interface graphique n'est qu'un moyen de faciliter l'utilisation de l'application et de rendre les données accessibles et lisibles par un humain. L'application est entièrement contrôlée par l'API qui requiert les données à afficher ou modifier. Somme toute, n'importe quelle autre interface (application locale, mobile, etc) pourrait envoyer les mêmes requêtes. Cela permet donc de décentraliser la logique de l'application dans le serveur tandis que l'interface

permet de présenter l'information à un humain (tableaux, graphiques), le guider dans son utilisation et faciliter la saisie de données via les formulaires. Cette séparation des rôles permettra non seulement la création de nouvelles interfaces, mais nous a également permis d'améliorer le développement et la maintenance de l'application. Nous y reviendrons en section 5.5.

Se voulant simple, l'interface est composée de blocs de contrôle permettant de gérer les données dans une zone de travail commune à toute les pages permettant de naviguer à travers l'application.

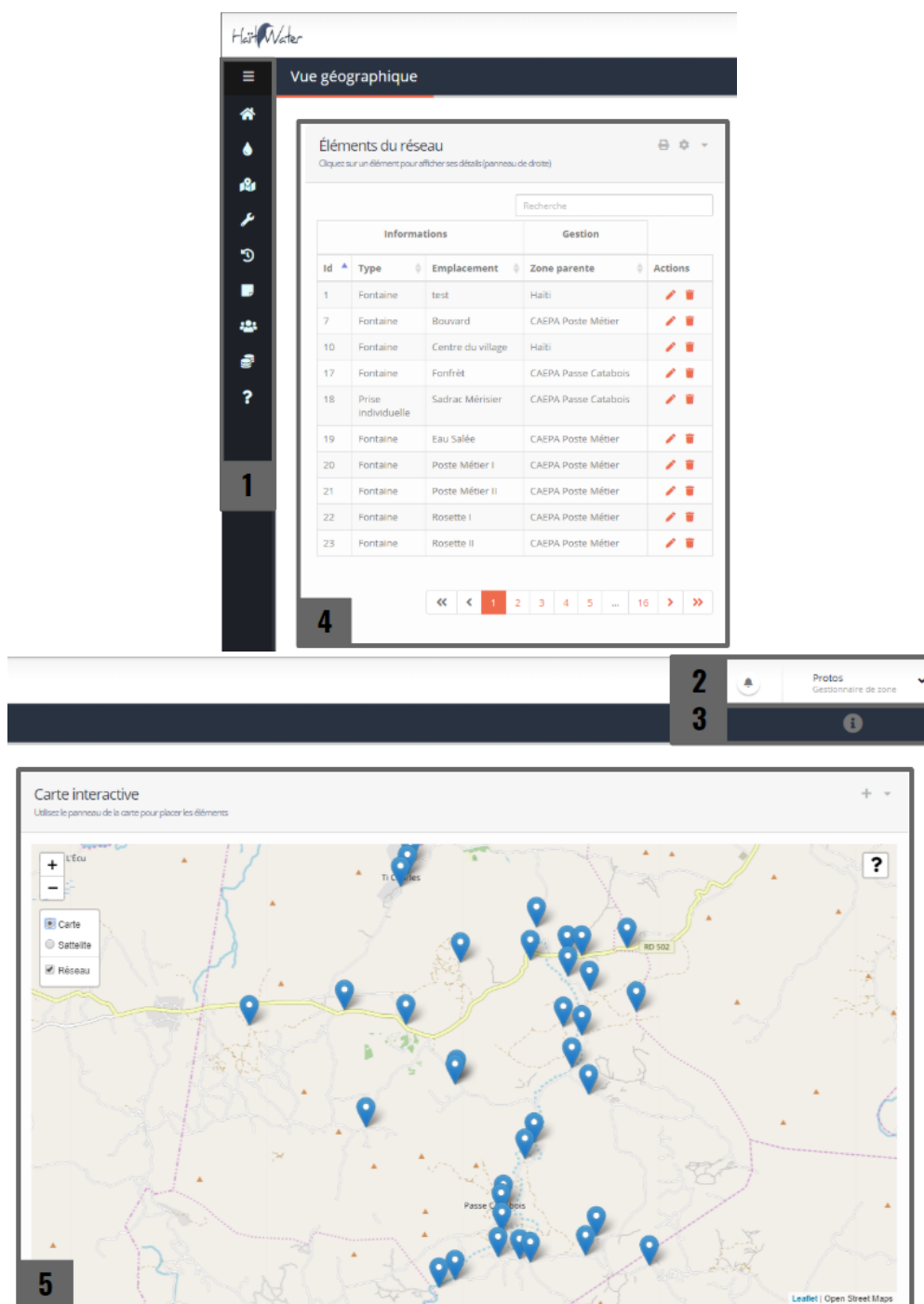


FIGURE 5.4 – Capture d'écran du module géographique d'HaïtiWater

Une capture d'écran de l'application vous est présentée en figures 5.4. Les

contrôles communs incluent :

1. Le menu déroulant permettant d'accéder aux modules de l'application.
2. La zone utilisateur qui affiche ses notifications et le nom de compte qui lie à la déconnexion ou modification des informations personnelles dans son menu déroulant.
3. L'aide rapide, permettant de déclencher une visite virtuelle de la page ouverte, visite textuelle qui présente brièvement les contrôles et leur utilité.

Les contrôles spécifiques à cette page sont :

4. La table est un bloc de contrôle récurrent dans notre application. Ici listant les différents éléments du réseau de distribution, chaque table possède un champ de recherche, un système de tri et des contrôles permettant d'ajouter, supprimer et modifier les éléments contenus. Remarquez que pour augmenter la lisibilité, les tables disposent d'une pagination permettant de limiter l'affichage à 10 (valeur par défaut), 25, 50 éléments ou de tout afficher.
5. Un bloc de contrôle plus complexe, ici la carte interactive. Sur celle-ci, il est possible de placer des marqueurs (fontaines, kiosques, prises individuelles, sources et réservoirs) ou des lignes polygonales (conduites). Supportant les habituels contrôles de zoom (molette ou boutons) et déplacement (en cliquer/glisser), il est également possible de basculer entre une vue cartographique d'OpenStreetMap⁵ et une vue satellite de Google⁶

Tant pour accélérer le développement que pour permettre à l'utilisateur de s'habituer à l'utilisation de l'interface en se familiarisant avec les contrôles, les blocs de l'interface graphique sont réutilisés à travers les différentes pages de l'application.

La saisie des données occupe également une grande importance dans l'application. Pour ajouter et modifier les données, nous utilisons des fenêtres modales contenant des formulaires

5. <https://www.openstreetmap.org/>

6. <https://www.google.com/maps>

Rapport mensuel : mail

Annuler

1 État général 2 Détails 3 Recettes 4 Confirmation

Fontaine Belaire

☒ Je dispose de données pour cet élément

Volume d'eau distribué: 10 m³, 2641.72 gal, Coût au volume (HTQ): 220 m³, 0.833 gal

Fontaine Cabaret

☒ Je dispose de données pour cet élément

Volume d'eau distribué: 15 m³, 3962.58 gal, Coût au volume (HTQ): 220 m³, 0.833 gal

Précédent Suivant

FIGURE 5.5 – Capture d’écran du formulaire de rapport mensuel d’HaïtiWater

Ces formulaires accompagnent l’utilisateur dans ses tâches. En figure 5.5, vous observez que pour atteindre ce but, nous mettons en place un formulaire qui se consulte de haut en bas et de droite à gauche, où chaque information entrée est une information qui ne nécessite aucun retour en arrière. Sur ce formulaire en particulier, l’utilisateur peut entrer des données dans l’unité de volume de son choix (mètres cubes, gallons), la conversion est faite automatiquement. Le formulaire est également séparé en quatre parties distinctes. Celles-ci évitent un bloc formulaire trop grand et permettent une transition entre différentes parties logiques du rapport mensuel.

5.4 Client

L’interface et sa facilité d’utilisation n’a pas été le seul axe du développement du client. C’est au niveau technologique que nous trouvons deux contraintes importantes : l’allègement de l’utilisation de la connexion et la simplification du code source derrière l’application.

Mise en cache

La mise en cache est un système natif commun à la vaste majorité des navigateurs modernes. Le concept est simple ; conserver l'ancienne version d'un fichier pour la réutiliser la prochaine fois si elle n'a pas changé. HaïtiWater utilise pleinement ce concept pour alléger le poids des téléchargements. Nous avons poursuivi un objectif de généricité dans le code source afin d'éliminer la redondance et de permettre une forte réutilisation des composants. Grâce à cette mise en cache, les pages de l'application qui font en moyenne 1,2MB lors de la première visite ne requièrent qu'approximativement 10KB de téléchargement pour les suivantes. Une exception peut être notée ; le module d'information géographique est plus gourmand en ressources réseau en raison du téléchargement des images composant la carte.

Gabarits, modularité et responsiveness

Nous avons vu plus tôt que l'application est constituée d'une zone de travail dans laquelle des blocs de contrôles sont placés pour former les différents modules de l'application. Ces blocs de contrôle reflètent l'architecture logicielle de l'interface.

Pour implémenter ces contrôles, nous utilisons les gabarits Django qui sont des blocs de code HTML établissant la structure de la page web. Ces différents blocs de structure sont ensuite utilisés dans l'application pour créer les différentes pages :

- En *extension*, c'est-à-dire que nous créons une nouvelle page à partir d'un gabarit existant. Les contrôles communs (figure 5.4.1-3) de l'application sont ainsi définis une seule fois et réutilisés à travers les modules.
- En *inclusion*, dans laquelle un bloc de contrôle est défini indépendamment d'une page, lui permettant de conserver le même fonctionnement en une seule implémentation à travers plusieurs pages web. Les tables et formulaires sont des exemples typiques.

Accessibilité hors-ligne

Haïti n'a pas une connexion internet fiable, il est nécessaire de pouvoir accéder à l'application hors-ligne. Cela n'est d'habitude pas possible pour un site internet, cependant la fondation Mozilla a récemment développé les Services Workers [14]. Il s'agit d'un module qui s'ajoute sur la machine de l'utilisateur et vient intercepter

les requêtes effectuées par le client avant qu'elles ne soient transmises au serveur, afin d'y effectuer différents traitements.

Le Service Worker se place en *middleware* (entre client et serveur), intercepte les requêtes et met en cache les réponses. Seuls les documents modifiés et les données proviennent du serveur, sinon c'est le Service Worker qui prend le relais.

Il est également possible d'intercepter les requêtes faites au serveur lorsque celui-ci n'est pas accessible. De cette manière, nous pouvons quand même offrir certaines fonctionnalités hors-connexion. Il est encore nécessaire de choisir quelles fonctionnalités proposer dans ce cas. Le Service Worker, se trouvant sur le périphérique de l'utilisateur, ne peut utiliser que les données qui lui sont accessibles lorsque le serveur n'est pas disponible. Nous avons imaginé trois possibilités :

- Toutes les fonctionnalités. Cela implique d'avoir une version locale de la base de données sur la machine de l'utilisateur. Il est aussi nécessaire de synchroniser les différentes versions de celle-ci, y compris en cas d'inconsistance, si deux utilisateurs déconnectés modifient le même élément par exemple.
- Version statique des données. Cela implique également d'avoir une version locale de la base de donnée, mais en supprimant la possibilité de modifier ces données sans connexion. Cela simplifie la synchronisation et règle les problèmes d'inconsistance.
- Quelques formulaires d'ajout. En retirant la possibilité de visualiser des données, il n'est dès lors pas nécessaire de garder une base de donnée sur la machine de l'utilisateur. Reste la possibilité de remplir des formulaires d'ajout pour différentes tables, ce qui nous semble être la tâche la plus importante à avoir lorsqu'il n'y a pas de connexion, afin de ne pas perdre d'informations.

Nous avons implémenté cette troisième option. Il est maintenant possible pour un utilisateur de compléter le rapport mensuel hors connexion : une version simplifiée du site (qui restreint l'utilisateur aux pages accessibles) lui est présentée, et les informations entrées sont sauvegardées localement. Une notification l'informe que ces données sont en attente jusqu'à leur envoi sur le serveur.

5.5 Serveur

Mapping Objet-Relationnel

Dans la section 4.1, nous avons décrit comment a été créé la base de données et sa structure. Il nous reste à faire interagir notre serveur avec cette dernière.

Pour cela, nous avons utilisé le Mapping Objet-Relationnel proposé par Django. Il effectue la connexion avec le serveur de base de donnée, et se charge d'y envoyer toutes les requêtes.

Il nous suffit de décrire la structure des données en utilisant des classes Python et le framework sera capable de créer les tables de la base de données et de les modifier au fur et à mesure des changements que nous introduisons. Ensuite, nous pouvons facilement interagir avec ces classes pour créer, modifier, supprimer et récupérer des données sans toucher au SQL.

Cela nous permet de simplifier l'interaction avec la base de données ainsi que de nous détacher de quel serveur voire quel système de gestion de base de données nous utilisons. Il serait possible de passer de PostgreSQL, que nous utilisons, pour un autre système (MySQL, par exemple) sans modifier la logique interne de l'application et de l'accès aux données.

Requêtes

La fonction principale du serveur est de répondre aux requêtes que lui envoie le client. On en compte trois types différents : les deux premiers gèrent la représentation de l'information à l'utilisateur tandis que le dernier est en charge de l'information en elle-même.

- Les requêtes de fichiers statiques, comme un script JavaScript ou une feuille de style CSS.
- Les requêtes de documents, qui desservent les pages HTML à afficher à l'utilisateur et qui importent les fichiers statiques.
- Les requêtes de données, interagissant avec la base de données.

Les deux premiers types de requêtes permettent à un navigateur de télécharger l'application afin d'avoir une interface graphique pour manipuler le troisième type de requête via l'API. Cette séparation permet de réduire le temps de chargement en allégeant les documents HTML qui ne contiennent que la logique de contrôle. Les données sont ensuite envoyées de manière asynchrone, donc non-bloquante, lorsque l'application envoie les requêtes à l'API.

En plus des avantages apportés au client, la présence d'une API (détaillée en section 5.5) est une bonne pratique qui permet une meilleure compartementalisation des rôles du serveur.

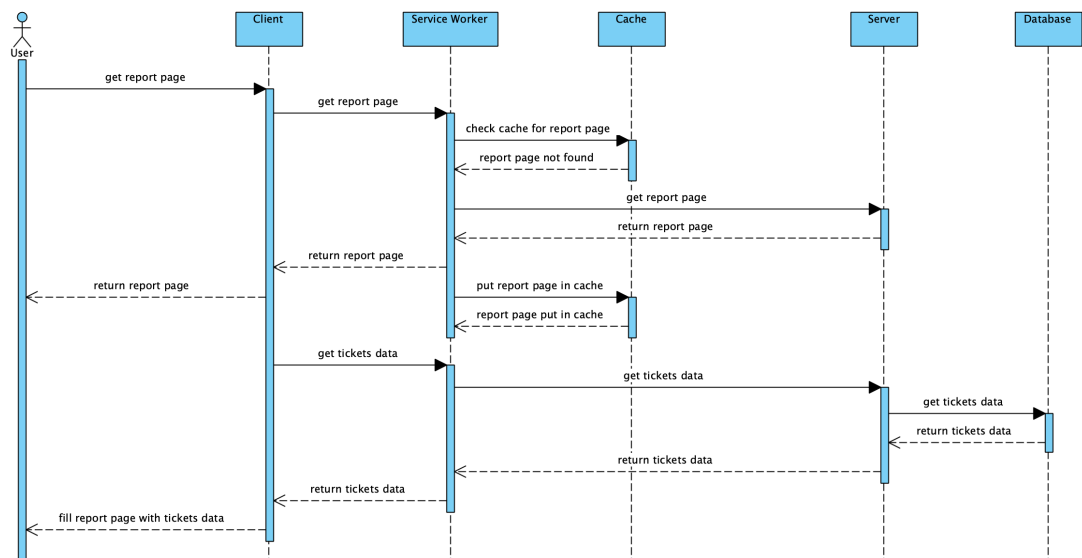


FIGURE 5.6 – Diagramme de séquence – Chargement de la page des rapports

En mettant tout cela ensemble, nous obtenons un grand nombre d'acteurs dans le traitement d'une requête. Le diagramme en figure 5.6 montre un exemple des communications entre tous ces acteurs, ici dans le cas du traitement de la requête de chargement de la page des rapports par l'utilisateur.

Détails des requêtes API

L'API (*Application Programming Interface*) permet l'interaction avec la base de données via *HaïtiWater*. Présentée en figure 4.2, nous manipulons les objets suivant : consommateur, paiement, élément du réseau, point géographique, rapport mensuel, ticket de problème, zone et utilisateur de l'application. Les éléments **log** et **transaction** sont traités de manière particulière.

Pour ces objets enregistrés par le serveur, l'API transmet au serveur les actions :

- Ajouter
- Supprimer
- Éditer

Les requêtes HTML à l'API ont la forme :

```
.../api/<add|edit|remove>/?table=<table_name>&id=<id>&data=<data>
```

Le serveur effectue le second tour de vérifications sur les données envoyées à l'API (le premier effectué par l'interface web). Nous vérifions que :

1. L'utilisateur a accès à la donnée qu'il tente de manipuler
2. La donnée est correcte
3. La modification demandée ne va pas causer de problèmes dans l'application. (e.g. : impossible de supprimer un élément du réseau utilisé par des consommateurs).

En réponse, le serveur informe du succès ou de l'échec de l'opération et pourquoi le cas échéant.

Ces trois actions sont également celles qui déclenchent la création des transactions et logs du module historique. Chaque modification ajoute une transaction contenant la date et l'utilisateur connecté. Des objets `log` sont associés à la transaction, un objet par modification (par exemple, si on change le nom et l'adresse d'un utilisateur, deux logs sont associés à la transaction).

Le dernier type de requête réalisé par l'API permet au client de récupérer les données de la base de données afin d'afficher les informations à l'écran. Une fonction générique gère la collecte de ces données pour toutes les tables (le concept est similaire à travers les modules), une autre fonction générique gère l'application des filtres et tris sur les données.

La cache du serveur est activée par ce type de requête : à chaque demande de données, la réponse est mise en cache pour une minute. Ceci nous permet d'économiser des performances quand un utilisateur travaille longtemps sur les mêmes données.

Certaines requêtes d'accès ont un format plus spécifique, ne pouvant être génériques car utilisées dans un contexte spécifique :

- Données permettant de tracer les graphes
- Détails des coordonnées géographiques des éléments du réseau afin de les afficher sur la carte interactive
- Détails des informations concernant les paiements d'un utilisateur en particulier (utilisés dans le module financier)
- Données périodiques (mois par mois) des volumes distribués par les éléments du réseau.

Chapitre 6

Validation

La validation rassemble les étapes du projet qui ont pour but de vérifier le fonctionnement et la qualité des productions (documents d’analyse, de conception, l’application HaïtiWater). Les premières validations se sont essentiellement basées sur des productions écrites (cahier des charges, schémas) présentées aux acteurs d’Haïti, à Protos et à nos promoteurs pour exposer notre avancement et orienter le travail. Nous ne présenterons pas ici ces réunions d’avancement exposées en section 3.1. Nous avons mis en place des tests automatiques permettant de confirmer le fonctionnement de l’implémentation existante durant le développement. Enfin, une période de validation avec utilisateurs a permis d’éprouver l’application, son interface et principe de fonctionnement.

6.1 Vérifications automatiques

Tests unitaires

Le but d’un test unitaire est de vérifier le fonctionnement d’une partie atomique de l’application. Souvent, on utilise une fonctionnalité suivant une utilisation précise, un récit utilisateur. Dans le cas de notre application, toute interaction se fait au moyen de requêtes au serveur. Nous avons dès lors décidé d’effectuer nos tests sur le fonctionnement de ces requêtes suivant différents cas d’utilisation. Nous n’avons pas créé de tests pour les requêtes de fichiers statiques.

D'abord pour les requêtes de documents, nous vérifions que ceux-ci sont correctement chargés dans plusieurs cas, comme lorsque l'utilisateur n'est pas connecté, ou avec des utilisateurs possédant différents niveaux d'autorisation.

Pour les requêtes de données, nous vérifions sur la base de données que son état est cohérent après que la requête se soit effectuée, ou que les données que nous avons récupéré sont correctes. Ici aussi, nous vérifions plusieurs cas, comme lorsque l'utilisateur n'a pas les droits d'utilisation ou lorsque les requêtes sont mal formées. Ces tests ont relevé plusieurs vulnérabilités de sécurité dans les permissions de l'API et ont permis d'augmenter la sécurité de l'accès aux données et leur modification.

Nombre de tests unitaires	187
Couverture (fichiers)	85%
Couverture (lignes)	87%

Les fichiers et lignes restantes appartiennent majoritairement à l'infrastructure Django, testée séparément par les auteurs de cet environnement.

6.2 Vérifications utilisateurs réels

Cette étape, qui s'est déroulée de mars à avril, a mis des utilisateurs étrangers à l'équipe de développement face à l'application. Derrière cette vérification, deux points de l'application étaient mis à l'épreuve : l'interface graphique et la procédure d'utilisation. Après plusieurs mois de développement, le point de vue d'utilisateurs externes avec des connaissances en informatique et en gestion de l'eau fortement variables était nécessaire.

Les séances de validation ont eu lieu selon les disponibilités des utilisateurs d'essai, répartis en deux groupes. Un premier groupe de 9 utilisateurs a testé l'application dans la version *Alpha 3*, un second groupe de 11 utilisateurs a testé l'application dans la version *Beta 1*, dans laquelle ont été rajoutés les modules financier et historique, ainsi que plusieurs changements suggérés par les utilisateurs d'essai du premier groupe de validation.

Méthodologie

Afin d'introduire un minimum d'erreurs statistiques, la mesure de la satisfaction des utilisateurs a suivi un protocole (protocole complet et scénarios disponibles en annexe E) établi avec l'expérience de nos promoteurs sur base d'un ancien travail de fin d'études [2], de cours [22, 23] et recherches sur la satisfaction utilisateur [9, 21].

Autant que possible, les séances se sont déroulées en présence physique de l'utilisateur d'essai. Certaines contraintes horaires et logistiques ont imposé la réalisation de séances à distance dans lesquelles nous avons utilisé Skype ou Discord, logiciels permettant de transmettre la voix et partager l'écran de l'utilisateur.

Après une brève introduction au concept de l'application et aux objectifs de la séance, les utilisateurs obtiennent un scénario composé d'un contexte et de tâches (e.g. : trier les éléments d'une table par ordre décroissant, ajouter une source d'eau potable, etc) à réaliser qu'ils peuvent lire à leur aise. Un utilisateur travaille seul et est chronométré durant la séance. S'il a une question ou s'il reste bloqué sur une tâche, un indice lui est donné et noté dans un document avec le temps nécessité pour réaliser le scénario.

Après trois scénarios accomplis, l'utilisateur d'essai remplit un formulaire (Google Form©) anonymisé composé de 24 questions fermées réparties en quatre sections :

Général est une première section cherchant à identifier si l'utilisateur a compris les tâches qu'il vient d'accomplir avec l'application.

Fonctionnalités cherche à identifier la compréhension des contrôles de l'application par l'utilisateur.

Usabilité est une section particulière. Composée de dix questions alternant des assertions positives et négatives en alternance, cette section est une transcription en français de la *System Usability Scale (SUS)* [3]. Se décrivant comme une mesure *rapide et sale*, la SUS présente l'avantage de pouvoir être complétée rapidement par nos utilisateurs d'essai durant ces séances de maximum deux heures non-rémunérées.

Esthétique est une dernière section, sans doute la plus subjective, composée de questions sur l'apparence de l'interface graphique.

L'utilisateur sélectionne la réponse sur une échelle de Likert [25] à 5 valeurs allant de *Pas du tout d'accord* à *Tout à fait d'accord*. Si l'utilisateur ne comprend pas la question ou n'a pas d'avis, il sélectionne le *neutre*.

Résultats obtenus

Les contraintes inhérentes au cadre du mémoire, principalement en temps et budget, nous empêchent de pouvoir réaliser une étude qui donnerait une mesure très précise de la satisfaction utilisateur. Néanmoins, nous pouvons tout de même extraire une certaine indication de l'expérience utilisateur d'HaïtiWater de nos vingt réponses des utilisateurs d'essai.

Les résultats des 14 questions évaluant la satisfaction des utilisateurs sur le concept, les fonctionnalités et l'esthétique de l'application sont représentés en figure 6.1.

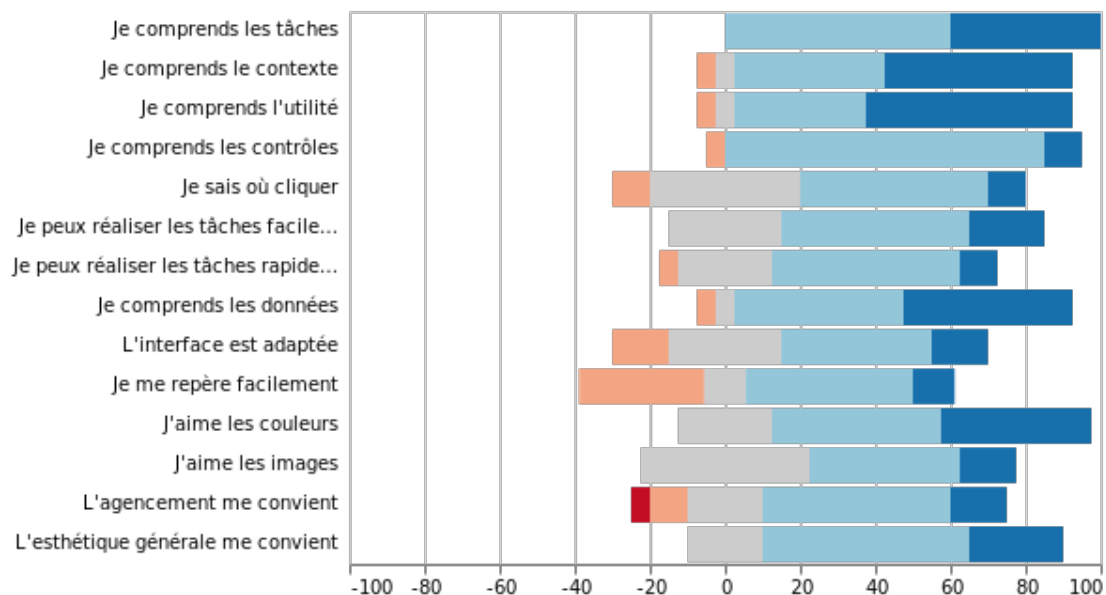


FIGURE 6.1 – Répartition des réponses aux questions du formulaire de validation

Nous pouvons constater une tendance positive dans les réponses aux questions ainsi qu'une cohérence dans les groupements : les quatre questions ayant reçu le score le plus bas sont toutes liées à une certaine complexité de l'interface.

Les dix questions de la SUS s'évaluent différemment. L'échelle a sa propre formule de calcul [3] qui permet de normaliser les résultats à une valeur de 0 à 100. Notez cependant qu'il ne s'agit pas d'un pourcentage de qualité mais d'une

Groupe	Utilisateur	Temps pour réaliser le scénario					
		1	2	3	4	5	6
1	1	03'37	6'27"	7'32"	14'21"	04'41"	-
	2	08'55	13'31"	6'56"	-	-	-
	3	-	4'19"	4'0"	18'0"	-	-
	4	-	10'30"	14'0"	-	7'0"	-
	5	7'45"	9'0"	-	-	10'50"	-
	6	3'30"	2'45"	6'30	12'00"	6'0"	-
	7	6'0"	6'17"	15'14	-	-	-
	8	3'51"	1'50"	4'18	15'0"	2'20"	-
	9	5'35"	5'58"	-	-	6'20"	-
2	10	-	3'0"	18'0"	7'0"	-	-
	11	16'0"	19'0"	-	7'50"	-	-
	12	-	9'35"	-	-	5'15"	6'12"
	13	8'0"	18'0"	-	-	7'0"	-
	14	4'0"	6'0"	8'0"	-	-	-
	15	-	1'2"	-	4'53"	1'43"	-
	16	5'27"	-	9'53"	-	-	6'39"
	17	7'19"	-	11'9"	7'24"	-	-
	18	6'47"	-	-	7'39"	3'46"	-
	19	4'0"	-	8'18"	8'5"	3'23"	5'48"
	20	7'2"	8'12"	-	9'2"	-	-

TABLE 6.1 – Temps écoulé pour complètement réaliser un scénario

valeur suivant une distribution gaussienne dont la moyenne empirique se situe à 68. Le premier groupe de validation nous plaçait à 67,5 et le second à 77,5, pour une moyenne globale à 73. Nous devons rester précautionneux quant à ces résultats. Il y a encore de la place pour s'améliorer, néanmoins l'augmentation des résultats entre les deux groupes est positive et montre que les changements déjà apportés à l'application après le premier groupe ont eu un impact positif sur l'expérience utilisateur.

Modifications apportées

Sur base des commentaires apportés durant les séances de validation, plusieurs modifications ont été apportées à l'application. Certaines prévues mais retravaillées sur les conseils des utilisateurs, d'autres imprévues.

Une partie de ces ajouts a été implémentée entre les deux groupes de validation, dont :

- De nouveaux boutons de pagination (voir figure 6.2) pour les tables permettant d'accéder directement à la première ou dernière page d'une table.



FIGURE 6.2 – Contrôles de pagination des tables (dans l'ordre ; première page, page précédente, accès direct à la page x, page suivante, dernière page)

- Une icône de chargement animée lors de l'envoi d'un formulaire.



FIGURE 6.3 – Icône de chargement d'un formulaire

- De nouveaux contrôles pour le module géographique. Le premier groupe a montré des difficultés à réaliser le scénario. Nous avons repensé l'interface et, bien que le faible échantillon ne permette pas d'affirmer que c'est dû à l'interface, le temps pour réaliser ce scénario s'est amélioré (voir table 6.1).

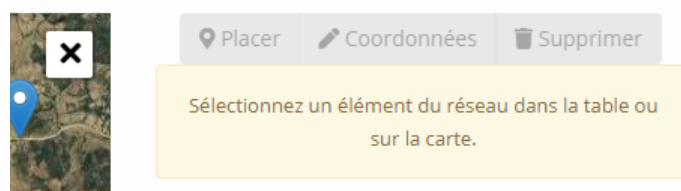


FIGURE 6.4 – Contrôles de placement du module géographique

Ces changements ont été positivement reçus et nous avons constaté la disparition de certains commentaires (notamment sur la lenteur présumée de l'application avec le bouton de chargement).

D'autres changements ont été mis en place après les séances de validation, dont :

- Un système de *visite*, concept tiré de nombreuses autres applications web, qui présente de manière interactive l'interface lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton d'aide rapide en haut à droite de notre interface.

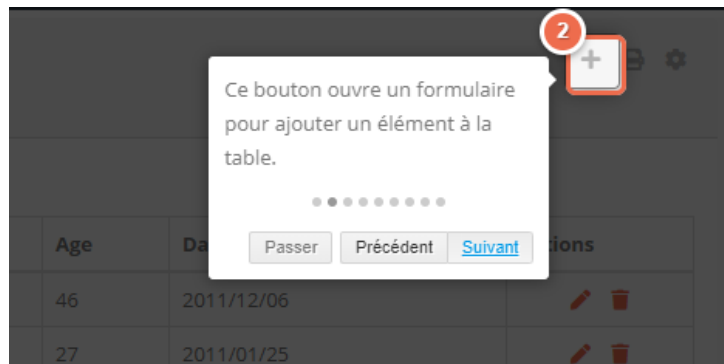


FIGURE 6.5 – Aide rapide pour les contrôles des tables, astuce 2 sur 9

- Une table *bac à sable* dans la page d’aide qui permet d’utiliser une table qui n’a aucun impact sur l’application pour en comprendre les contrôles.
- Un bouton permettant d’afficher ou masquer le mot de passe sur la fenêtre de connexion, particulièrement utile sur smartphones et tablettes.
- La totalité des contrôles dispose désormais de *tooltips* affichés au survol de la souris.

Les contraintes en temps nous empêchant un troisième groupe de validation, nous n’avons pas pu obtenir l’appréciation des utilisateurs sur ces dernières améliorations et nouveautés. Dans l’idéal, la prochaine équipe de développement devrait poursuivre cette étude de la satisfaction des utilisateurs. Des tests de validation en condition réelle à Haïti sont également nécessaires.

Chapitre 7

Améliorations futures

La soumission de ce travail de fin d'études ne marque pas la fin du développement de l'application HaïtiWater ni des travaux connexes. Comme tout projet de développement, un certain suivi minimum doit être assuré afin de maintenir l'outil à jour et parer aux problèmes du quotidien. De plus, HaïtiWater est considéré comme étant toujours en développement au vu des ambitions des différents acteurs souhaitant utiliser l'application.

7.1 Suite du projet

Poursuivre le développement d'HaïtiWater est donc la priorité des futures équipes. L'application dans son état actuel fournit une base logicielle assez large implémentant de nombreux principes (gestion de données, visuels, accès hors-connexion, etc), lesquels devraient être poursuivis pour augmenter leur qualité et quantité.

Alors que l'application va être essayée en Haïti, les futures équipes de développement devront se montrer à l'écoute des acteurs du projet et modifier l'application selon leurs demandes pour, par exemple, prendre en charge plus de données. Une autre tâche importante sera la visualisation et aggrégation des données pour fournir plus de rapports automatiques. Les graphiques déjà présents en sont un bon exemple, permettant de présenter l'information rapidement et de manière compréhensible

pour ainsi identifier directement les problèmes potentiels et améliorations possibles du réseau de distribution d'eau potable.

Le déploiement de l'application sur un serveur haïtien est un autre objectif à court terme du projet. La transition ne devrait pas être un problème puisque le serveur prêté par l'UCLouvain est un serveur de deux coeurs à 2GHz avec 1Go de mémoire vive, donc n'étant pas particulièrement performant. Cette migration du serveur de l'application devrait améliorer le temps de réponse de l'application en Haïti puisqu'en ce moment, il faut systématiquement communiquer avec le serveur en Belgique.

Une autre amélioration permettant de réduire le temps de réponse serait d'alléger les pages de l'application. Bien que ces dernières soient largement mises en cache (voir section 5.4), leur téléchargement initial et à chaque fois que le cache est vidé représente entre 1 et 1.6Mo de données. En passant l'outil *coverage* de *DevTools* (*Chrome*), nous observons qu'en moyenne l'application utilise 40% des fichiers téléchargés ce qui est dû à l'importation des bibliothèques comme Bootstrap. En supprimant les fonctionnalités inutilisées, l'application pourrait donc être allégée. Cela n'a pas été fait jusqu'à présent puisque l'application est en développement et que des fonctionnalités inutilisées pourraient le devenir. Nous avons tout de même créé un script¹ qui permet de raccourcir les fichiers en enlevant les fonctions inutilisées, script qui pourrait être réutilisé dans les travaux futurs sur HaïtiWater.

De plus, à la création de nouveaux utilisateurs, un courriel leur est envoyé avec leurs informations de connexion. Par facilité et économie, ce processus est entièrement géré par le serveur de l'application et utilise une adresse Gmail classique, ce qui rend l'action bloquante et donc lente. Dans le futur, il serait important d'avoir un serveur mail dédié pour prendre en charge ces actions. Un Haïtien a également proposé d'utiliser des SMS, qui sont apparemment plus utilisés que les courriels en Haïti.

7.2 Défis rencontrés

La contrainte la plus importante de ce projet est le contexte haïtien. Exposé en section 2.1, ce dernier pose un environnement et des acteurs différents de ce dont on peut avoir l'habitude, surtout en tant qu'étudiants. La suite du projet doit

1. <https://github.com/AdrienHalletUCL/chromeCoverageParser>

impliquer ces acteurs afin d'améliorer l'outil et la compréhension de leurs besoins et demandes est un enjeu important pour la viabilité d'HaïtiWater.

Il est également important de concilier les demandes des différents groupes d'acteurs qui ont des objectifs parfois différents et la limite en disponibilité du temps de développement nécessite de placer des priorités. Aussi, même si nous avons eu l'occasion d'apprendre à nous connaître et travailler ensemble au cours de nos quatre premières années d'étude, un projet d'une telle envergure était une première pour nous trois.

De plus, nous n'avons pas reçu de formation particulièrement centrée sur le web et il est fort à parier que les prochaines équipes de développement n'auront pas eu de formations approfondies sur les technologies utilisées. L'apprentissage individuel et autonome requis pour participer au projet est un défi, similaire à beaucoup de projets informatiques, qu'il est nécessaire de relever pour être efficace.

7.3 Propositions

Beaucoup de modules pourraient être ajoutés à HaïtiWater. Une demande récurrente est le module *Citizen Science* qui vise à impliquer les consommateurs haïtiens dans la gestion du réseau de distribution en leur proposant par exemple de signaler des problèmes, consulter leur consommation et factures.

L'évolution du système sur d'autres axes que l'application web est également un chemin qui pourrait être poursuivi. Les acteurs haïtiens souhaitant développer l'aspect hors-ligne de l'application, il pourrait être envisagé de développer une application locale qui utiliserait un instantané de la base de données. Cela requièrerait un gros travail sur la consistance de la base de données du côté du serveur mais permettrait des utilisations hors-ligne plus avancées.

Au niveau de l'application elle-même, le système de notifications pourrait être étoffé : pour l'instant, un seul type de notification existe, signalant à un gestionnaire de fontaine que son rapport mensuel est enregistré et en attente d'envoi. D'autres notifications sont possibles : pour prévenir qu'un ticket de support concernant un élément du réseau sous la responsabilité de l'utilisateur a été ouvert, pour signaler que l'échéance des paiements approche, etc. Afin de maximiser l'utilité des notifications pour les acteurs sur le terrain, il faudrait discuter à nouveau avec eux afin d'identifier exactement leurs besoins.

Enfin, le module de la carte interactive devrait être amélioré afin d’offrir plus d’informations en un coup d’oeil. Nous avons imaginé, par exemple, des pictogrammes différents pour les différents éléments du réseau (fontaines, prises individuelles,...). Un système de code couleurs pour les éléments selon différents filtres, voire à la création des éléments pour aider les utilisateurs à s’y retrouver, serait également un ajout désirable.

Chapitre 8

Conclusion

Avec ce mémoire s'achève le plus gros projet que nous ayons eu l'occasion de réaliser durant notre parcours universitaire. Sur le plan personnel, nous retirons énormément de cette expérience qui nous a permis de mettre en pratique les connaissances acquises durant nos études. Participer à un cycle de développement complet durant presque une année, avec de réels clients, a également été un apport non-négligeable dans notre formation.

D'après les premiers retours d'organisations haïtiennes, l'application reçoit un accueil positif de la part des comités auxquels elle a été présentée. Nous entretenons beaucoup d'espoirs pour l'application, à commencer par notre désir de la voir utilisée et continuer à être développée au fil du temps grâce à la base applicative modulaire que nous avons mise en place.

Il est évident qu'avec la modernisation du réseau de distribution d'eau potable haïtien, l'application ne pourra pas être compétitive face à de larges progiciels tels que ceux décrits en section 2.4. Nous voyons HaïtiWater comme un outil de transition qui s'adapte à la structure actuelle du pays pour les aider dans leur développement.

Nous espérons également qu'au même titre que nous avons appris de nos contacts avec les acteurs de Protos et Haïti, ces derniers ont eu une bonne (pour la plupart première) expérience de leur implication dans le développement d'un outil pouvant les aider dans leur travail, et que cette expérience leur permettra dans le futur d'identifier ce qui leur plaît ou non dans HaïtiWater pour créer la prochaine version, ou le prochain logiciel utilisé en Haïti.

Enfin, l'ONG Protos a signifié son intérêt de déployer HaïtiWater (qu'il faudrait dès lors nommer autrement) dans d'autres pays en voie de développement. Grâce à la modularité de notre projet, peu de changements seraient nécessaires (principalement les unités de mesure et la devise monétaire) et notre outil de transition destiné au fonctionnement Haïtien pourrait devenir un exemple de bonnes pratiques plus génériques pour développer un réseau de distribution d'eau potable.

8.1 Métriques

Voici des métriques et représentations graphiques du travail accompli pour ce projet, datant toutes du 23 mai 2019.

Environnement	Métrique	Valeur
Trello	Nombre de cartes (tâches)	336
Code	Nombre de commits	1.062
	Nombre de lignes de code (avec bibliothèques)	395.842
	Nombre de lignes de code (sans bibliothèques)	≈ 40.000
	Nombre de lignes de commentaire (sans bibliothèques)	≈ 2.000

TABLE 8.1 – Quelques métriques quantitatives)

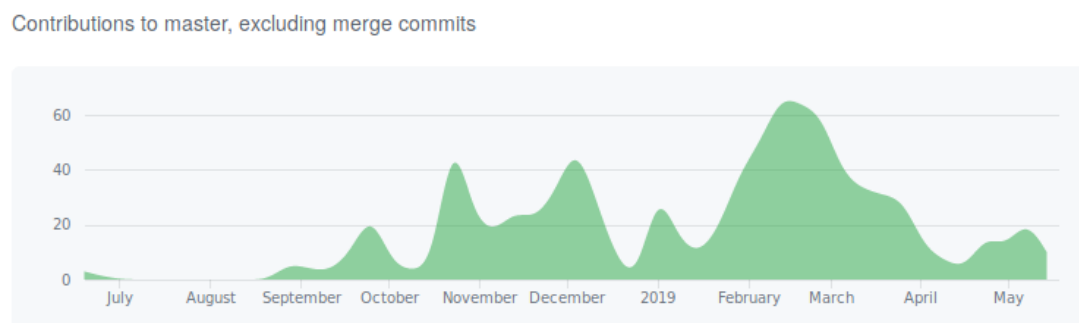


FIGURE 8.1 – Répartition des commits au fil du temps (source : GitHub)

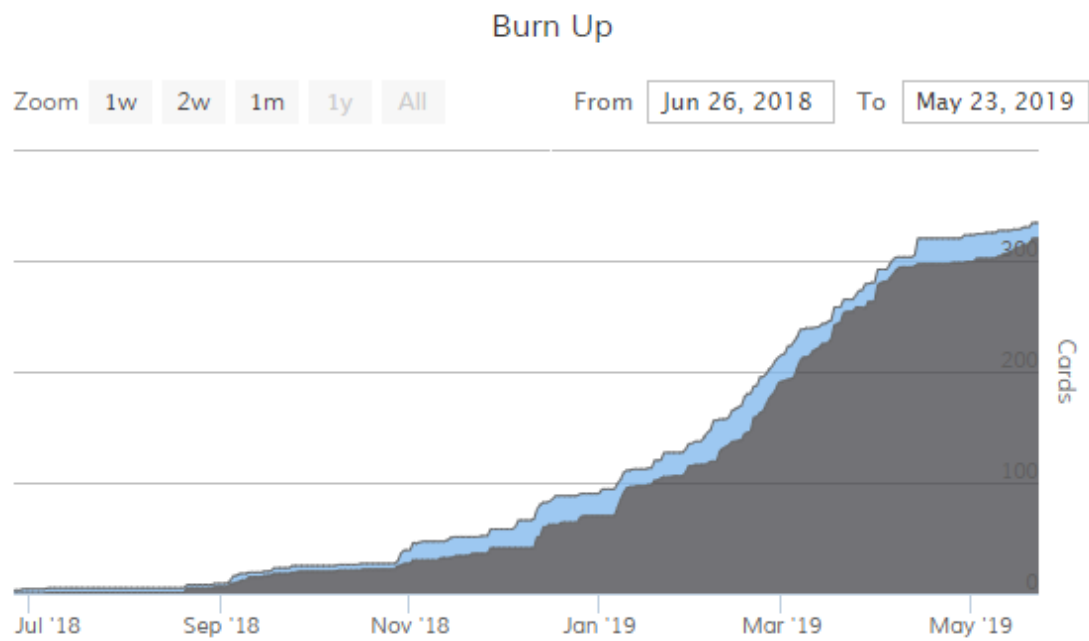


FIGURE 8.2 – Nombre de cartes/tâches Trello en fonction du temps. En gris les tâches complétées, en bleu les tâches en cours

Bibliographie

- [1] Mission de la DINEPA. Site internet du gouvernement haïtien.
- [2] Richard Bastien. ReflectOn : un outil logiciel de coaching à la réflexion et l'apprentissage d'employés. Travail de Fin d'Etudes, 2014-2015.
- [3] John Brooke. SUS - a quick and dirty usability scale. *Redhatch Consulting Ltd*, 1995. Université de Genève.
- [4] PostGIS Steering Committee. Postgis.
- [5] Andrew Powell et Oscar Becerra Eduardo A. Cavallo. Estimating the direct economic damage of the earthquake in Haiti. *IDB Working Paper Series*, (IDB-WP-163), February 2010.
- [6] EPANET. Main website, 2019. Consulté le 10 mai 2019.
- [7] Greeet Schaumans et Katrien Van Hooydonk. Analyse commune de contexte Haïti, Octobre 2015.
- [8] Evens Emmanuel et Per Lindskog. Regards sur la situation des ressources en eau de la république d'haïti, Octobre 2015.
- [9] Software Sustainability Institute. Resources, feb 2019.
- [10] Manuel Kolp. Management des systèmes d'information - it management. Cours universitaire, 2016-2017.
- [11] Ky PIPE. Ky PIPE main website, 2019. Consulté le 10 mai 2019.
- [12] SpryMedia Ltd. Datatables.
- [13] Kim Mens. Conception orientée objet et gestion de données. Cours universitaire, 2016-2017.
- [14] Fondation Mozilla. Service worker api.
- [15] Siegfried Nijssen. Databases. Cours universitaire, 2017-2018.
- [16] Comission Économique pour l'Amérique Latine et les Caraïbes. Impact socioéconomique de la dégradation des terres en Haïti et interventions pour la réhabilitation du milieu cultivé, Janvier 2008.

- [17] Ken Schwaber. Scrum website. Consulté le 10 mai 2019.
- [18] C. Deknop A. Hallet S. Strebelle. Synthèses des documents de contexte.
- [19] Web Technology Surveys. Historical yearly trends in the usage of server-side programming languages for websites, 2019. Consulté le 30 avril 2019.
- [20] Bentley Systems. WaterCAD main website, 2019. Consulté le 10 mai 2019.
- [21] Usability.gov. Usability evaluation methods, 2019. Consulté pour la dernière fois le 11 mai 2019.
- [22] Jean Vanderdonckt. Human-computer interaction. Cours universitaire, 2016-2017.
- [23] Jean Vanderdonckt. Computer-supported collaborative work. Cours universitaire, 2017-2018.
- [24] Protos vzw/asbl. *Programme 2017-2021, Haïti*, chapter 2.8. Protos, 2017.
- [25] Wikipedia. Echelle de Likert, feb 2019.
- [26] Vereda Williams. A case study of the desertification of Haiti. *Journal of Sustainable Development*, 4, Juin 2011.

Annexe A

Cahier des charges complet

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE LOUVAIN



GESTION DE LA DISTRIBUTION D'EAU EN HAÏTI

Cahier des Charges

Auteurs :
DEKNOP Céline
HALLET Adrien
STREBELLE Sébastien

Promoteurs :
PR. MENS Kim
PR. SOARES-FRAZÃO Sandra

16 octobre 2018

1 Glossaire

Accès en écriture	Permission nécessaire à un utilisateur pour modifier/ajouter des pages ou données dans l'application (implique l'accès en lecture dans notre application).
Accès en lecture	Permission nécessaire à un utilisateur pour visionner des pages ou données dans l'application.
Application	Ensemble des pages et données de l'outil informatique en cours de création pour la gestion de l'eau et facturation en Haïti. L'application créée sera en ligne, signifiant qu'elle fonctionne uniquement à partir d'un navigateur et d'une connexion internet.
CAEPA	Comité d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement.
Citizen Science	Participation active des citoyens dans la récupération des informations utilisées dans l'application.
Consommateur	Personne utilisant le réseau de distribution d'eau haïtien.
Déploiement	Phase du développement consistant à distribuer, installer ou mettre à jour un système informatique dans son environnement final en vue de réaliser des essais ou de le mettre en service.
DINEPA	Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (entité gouvernementale haïtienne chargée d'exécuter la politique de l'état dans le secteur de l'eau potable et assainissement).
Donnée	Information enregistrée dans la base de données de l'application.
Élasticité	Capacité d'un système à gérer des quantités variables de données en conservant des bonnes performances.
Élément du réseau	Tout élément physique faisant partie du réseau (e.g. : pompe, canalisation, point d'eau).
Fontaine	Point de sortie d'eau public.
HTG	Gourde haïtienne (devise monétaire nationale).
Interface (graphique)	Affichage à l'écran permettant à l'utilisateur d'interagir avec l'application.
Kiosque	Point de sortie d'eau public.
Modulaire	Décrivant une application capable d'être facilement entretenue et améliorée grâce à l'existence de modules pouvant être modifiés, ajoutés et supprimés indépendamment les uns des autres.

Permission (accès)	Autorisation informatique permettant à un utilisateur d'accéder à une fonctionnalité ou une donnée de l'application.
Point d'eau	Terme générique utilisé pour désigner une sortie d'eau du réseau (fontaine, kiosque, prise individuelle, réservoir).
Prise individuelle	Sortie d'eau au sein d'un bâtiment appartenant à un consommateur.
Rapport mensuel	Ensemble des informations envoyées tout les mois, par un utilisateur, dans l'application, concernant un point d'eau.
Réseau	Ensemble des installations de distribution et d'assainissement des eaux.
Réservoir	Installation stockant de l'eau potable avant sa distribution.
Système	Ensemble constitué de l'application et des sous-systèmes permettant de la faire fonctionner (ex.: la base de données).
TEPAC	Technicien en Eau Potable et Assainissement pour les Communes.
Ticket (support)	Moyen permettant de déclarer un problème dans le réseau.
Utilisateur	Un être humain interagissant avec l'application.
Zone (du réseau)	Sous-ensemble du réseau (liée à une zone géographique ou non). Une fontaine ne peut se trouver dans deux zones différentes.

2 Introduction

L'ONG Protos¹ nous a contactés afin que nous produisions une application en ligne permettant de gérer le réseau de distribution d'eau haïtien. Ce document expose les propositions pour la gestion des installations, consommateurs et finances du réseau.

Nous débutons par une exposition des propositions d'utilisateurs et fonctionnalités qui expliquent le principe de fonctionnement de l'application. Ensuite, quelques ébauches (non-exhaustives) de l'interface graphique permettent de comprendre les propositions en pratique. Enfin, quelques informations pratiques vous informent de notre démarche dans ce projet.

Vous êtes invités à réagir à ce cahier des charges pour l'ajout et la modification de toute fonctionnalité qui vous semblerait manquante ou incohérente. Des sections *Questions et Remarques* sont d'ailleurs présentes pour attirer votre attention sur certains points pour lesquels nous nécessitons des précisions. Ce sont des points importants mais la totalité du document est soumise à votre approbation.

3 Types d'utilisateurs

Cette section du document contient une description détaillée de tous les types d'utilisateurs qui, à terme, interagiront avec l'application. Nous détaillons aussi ce que ceux-ci pourront faire avec l'application, pour vous donner un contexte.

1. <https://www.protos.ngo>

Gestionnaire de fontaines est un type d'utilisateur, sous la responsabilité d'un gestionnaire de zone, auquel on assigne un ou plusieurs éléments du réseau de distribution de type "sortie" (fontaine, kiosque, réservoir, prise individuelle) dont il est responsable. Il gère également la gestion des consommateurs d'eau dans sa zone et les ajoute/supprime/modifie dans le système lorsque c'est nécessaire (naissance, décès, déménagement). Il utilise l'application pour signaler des problèmes (dans le réseau) et ainsi pouvoir en avertir le technicien/plombier et sa hiérarchie. Chaque mois, le gestionnaire de fontaines utilise l'application pour déposer un rapport. Ce rapport contient, pour chaque élément du réseau sous sa responsabilité, les quantités d'eau distribuées (si un compteur est présent), les recettes (HTG), l'état (en service, hors service). Une section générale (une seule fois par rapport) déclare également les heures et jours de service du gestionnaire de fontaines.

Exemple : une personne chargée de gérer un point d'eau pourrait être un gestionnaire de fontaines. Il peut ainsi utiliser l'application pour envoyer mensuellement les données, ajouter les utilisateurs lorsque nécessaire et déclarer les problèmes.

Gestionnaire de zone est un type d'utilisateur qui gère un groupe de gestionnaires de fontaines. Il dispose des mêmes permissions que les gestionnaires de fontaines dans sa zone et peut donc effectuer les mêmes actions avec l'application. En plus, le gestionnaire de zone peut créer et supprimer des utilisateurs "gestionnaire de fontaines" et "techniciens/plombiers" et leur assigner des permissions sur les éléments du réseau. Le gestionnaire de zone peut également créer, supprimer et modifier des éléments du réseau.

Exemple 1 : Protos ou la DINEPA peuvent être assignées en tant que gestionnaires de zone ayant les accès sur tout le système et agir en tant que gestionnaires généraux de tout le système. Ils peuvent donc consulter toutes les informations rapportées par les autres utilisateurs.

Exemple 2 : un CAEPA pourrait être assigné en tant que gestionnaire de zone et avoir accès aux infrastructures du réseau de distribution dans sa zone géographique et ainsi consulter les informations et les modifier pour venir en aide aux gestionnaires de fontaines.

Consommateur est un type d'utilisateur du réseau de distribution d'eau, mais dans un premier temps, il n'aura pas accès à l'application. Dans le futur (*projet citizen science qui démarrera probablement en 2019-2020*), une nouvelle fonctionnalité de l'application lui permettra de signaler un problème sur le réseau, de consulter sa consommation (si applicable) et l'état du réseau et éventuellement d'autres fonctionnalités, qui seront détaillées par la suite.

Technicien/Plombier est un type d'utilisateur auquel on assigne des éléments du réseau de distribution (fontaine, réservoir, prise individuelle, etc). Chaque technicien/plombier utilise l'application pour voir les problèmes déclarés par les autres utilisateurs (gestionnaires de fontaine, de zone ou consommateurs quand le volet *citizen science* sera ajouté). Il peut utiliser l'application pour répondre aux demandes d'intervention, pour demander plus d'informations ou proposer une solution si le déplacement n'est pas nécessaire. Il peut modifier l'état d'un problème, demander des précisions et le marquer en cours de résolution ou résolu une fois l'intervention terminée.

Exemple : un technicien/plombier démarrant sa journée peut consulter l'application et voir quels sont les problèmes qui requièrent son attention. Il peut dialoguer avec les gestionnaires et modifier l'état des problèmes afin qu'à terme le réseau fonctionne sans problème.

3.1 Questions et remarques

1. Le contenu du rapport mensuel d'un gestionnaire de fontaine est pour le moment basé sur le rapport mensuel existant (voir section 8). Si vous souhaitez que l'application récolte plus d'information auprès des gestionnaires, veuillez nous indiquer lesquelles et sous quelle forme (cela peut être un texte libre, un choix dans une liste, ce que vous voulez).
2. Un gestionnaire de zone dont la zone recouvre tous les systèmes peut être vu comme un administrateur et aurait dès lors accès en lecture et accès en écriture à toutes les données de l'application. Par erreur ou malveillance, il pourrait en effacer ou modifier certaines, faussant l'ensemble. Une pratique courante en informatique pour gérer ce problème potentiel est d'archiver les données : elles ne sont ainsi jamais vraiment modifiées ou effacées et peuvent être restaurées à l'état précédent. Est-ce une fonctionnalité que vous souhaitez pour l'application, ou n'est-ce pas nécessaire de s'en occuper ? Si ce modèle d'archivage ne vous convient pas, souhaitez-vous autre chose ?
3. L'utilisateur "technicien/plombier" et les fonctionnalités qui lui seront associées sont une interprétation de notre part car il nous semblait pratique de pouvoir centraliser la gestion du réseau de distribution entièrement au sein de l'application. Cela vous semble-t-il utile d'avoir une interface destinée au technicien ?

4 Principe hiérarchique

L'application fonctionne grâce à la hiérarchie de ses utilisateurs. Cette hiérarchie se base sur la hiérarchie actuelle sur place tout en se voulant plus flexible pour accommoder d'éventuels cas particuliers et changements futurs.

Ce principe est simple. Un gestionnaire de fontaines gère une ou plusieurs installations. Un gestionnaire de zone gère un ou plusieurs gestionnaires de zone et/ou de fontaines. En tant que gestionnaire de zone, j'ai accès aux données des utilisateurs que je gère. Si j'ajoute un élément du réseau ou un consommateur, tous les utilisateurs parents (*i.e.* : *qui ont un lien hiérarchique vers le haut*) y ont accès également. Ce principe est illustré sur la figure 1.

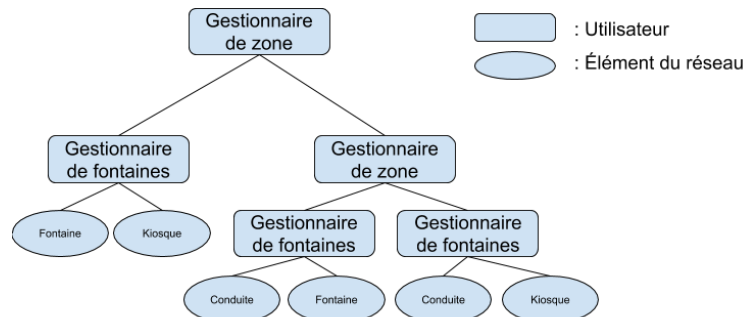


FIGURE 1 – Exemple de hiérarchie

Les consommateurs étant reliés aux points d'eau, un utilisateur n'a accès qu'aux consomma-

teurs et éléments du réseau qui lui sont liés. Pour reprendre cet exemple, Protos pourrait être un gestionnaire de zone principal et avoir accès à toutes les données collectées, tandis que le collectif gérant l'eau d'un village serait un gestionnaire de fontaines et ne pourrait consulter et modifier que les données dudit village. Ce système permet une grande flexibilité dans la répartition des responsabilités.

5 Fonctionnalités

5.1 Tout utilisateur peut :

- Se connecter à l'application via un identifiant et un mot de passe.
- Accéder aux pages de l'application auxquelles il a accès en fonction de ses permissions et de son type d'utilisateur (gestionnaire de zone, gestionnaire de fontaines, technicien/plombier).

5.2 Le gestionnaire de fontaine(s) peut :

- Signaler un problème (matériel, qualité de l'eau, ...) à l'un des éléments du réseau auquel il est assigné pour que le technicien et ses supérieurs en soient informés. Le problème est modifiable (pour ajouter des détails par exemple) tant qu'il n'est pas cloturé. L'utilisateur utilise le système de tickets pour ça.
- Clôturer un ticket pour indiquer que le problème est résolu.
- Rentrer (manuellement) les données d'utilisation mensuelles correspondant aux points d'eau auxquels il est assigné (*cf section 3 pour les détails du rapport*).
- Ajouter/supprimer/modifier un consommateur (ou groupe de consommateurs en indiquant le nombre de consommateurs dans le foyer du chef de famille).
- Assigner un consommateur ou groupe de consommateurs à un point d'eau.
- Indiquer le montant payé par un consommateur et pour quelle durée.
- Consulter l'état de recouvrement de son ou ses point(s) d'eau, obtenir les statistiques de recouvrement, lister les consommateurs qui n'ont pas encore payé.

5.3 Le gestionnaire de zone peut :

- Visionner tous les éléments du réseau de la zone et leurs informations (emplacement, responsable, état actuel, problèmes déclarés). Les informations pour un point d'eau sont plus nombreuses (statistiques sur le nombre de consommateurs, débit mensuel, recettes mensuelles) que les informations d'un autre type d'élément (*e.g. : une canalisation*).
- Consulter toutes les données entrées par un gestionnaire de point d'eau (rapports mensuels) dans la zone.
- Consulter des graphiques générés automatiquement pour évaluer l'état du réseau, des utilisateurs et recouvrement dans la zone assignée².
- Consulter les problèmes (tickets) déclarés dans la zone assignée pour voir quels points d'eau sont en difficulté.
- Assigner un technicien à un problème particulier pour le prioriser.
- Modifier l'état d'un ticket pour en marquer la résolution ou la prise en charge.
- Agréger les rapports mensuels pour obtenir des statistiques annuelles ou globales.

2. Voir section Questions et remarques.

- Créer ou supprimer des utilisateurs (gestionnaire de fontaines, gestionnaire de zone ou technicien).
- Attribuer ou retirer un élément du réseau/zone à un gestionnaire de fontaines/zone.
- Avertir le gestionnaire de zone si un élément du réseau n'a pas de gestionnaire assigné.
- Créer un élément du réseau dans sa zone.
- Ajouter, modifier ou supprimer des dépenses et des revenus pour la zone.

5.4 Le technicien/plombier peut :

- Consulter les tickets du réseau pour déterminer la nécessité d'intervenir ou non.
- Répondre aux tickets afin de demander des précisions ou donner des solutions (si le déplacement n'est pas nécessaire/possible).
- Modifier l'état d'un problème afin d'en indiquer la prise en charge ou résolution.

5.5 Questions et remarques

1. Pour les graphes et statistiques présentés aux gestionnaires de fontaines ou de zone, nous en avons certains en tête, mais si quoi que ce soit vous semble peu utile ou qu'au contraire il manque quelque chose d'essentiel, il serait bon de le préciser :
 - Nombre total de fontaines dans la zone
 - Nombre total d'utilisateurs de ces fontaines
 - Nombre de consommateurs n'ayant pas encore payé sur cette période (période à déterminer)
 - Répartition du type de points d'eau (kiosques, fontaines ou prise individuelle)
 - Évolution du taux de recouvrement
2. La fonctionnalité des dépenses et revenus est pour le moment très flexible et permet d'ajouter des dépenses et entrées d'argent pour consulter le solde et l'évolution des dépenses au fil des mois/années. Nous avons peu d'informations sur le fonctionnement des budgets et les informations dont nous disposons actuellement ne nous permettent pas de créer un système plus évolué.
3. Lors du développement de l'application, la priorité sera de créer le coeur de l'application permettant de stocker et modifier les données. C'est sur cette base nécessaire que nous vous proposerons ensuite des outils plus avancés comme le système d'information géographique qui permettra de visualiser le réseau sur une carte interactive (type Google Maps).
4. Vous constatez que le gestionnaire de zone a un rôle important dans l'application car il peut créer et modifier des éléments du réseau ainsi que des utilisateurs dans sa zone. Dans l'application, par défaut cela signifie que tout gestionnaire de zone peut créer, supprimer et modifier les éléments du réseau ou les utilisateurs. Si vous trouvez que c'est une trop grosse responsabilité, on vous propose d'ajouter un paramètre spécial qui autorise ou refuse au gestionnaire de zone la **création et suppression** des éléments du réseau ou utilisateurs. Grâce à ce paramètre, vous pourriez avoir des gestionnaires de haut niveau (national, régional, ... vous choisissez) qui peuvent tout faire, et des gestionnaires de bas niveau (par exemple un groupe de quelques villages) qui peuvent consulter et modifier les informations pour les mettre à jour

sans pour autant avoir le droit de créer des éléments du réseau ou utilisateurs. On vous conseille d'opter pour cette option si vous pensez qu'il pourrait y avoir des gestionnaires qui causeraient des problèmes avec les droits de création et suppression. On vous conseille de ne pas prendre cette option si les gestionnaires de réseau sont indépendants et capables d'utiliser correctement la création et suppression.

6 Exemples

Les visuels d'écran présents dans cette section sont des schémas. Ils cherchent à donner une idée de ce à quoi ressemblera l'application en terme de contenu. Les couleurs, agencements et formes ne représentent en rien l'esthétique finale de l'application. Vos désirs esthétiques sont en revanche bienvenus si vous avez des idées ou souhaits. Une version agrandie de ces schémas est disponible dans l'annexe A.

6.1 Accueil

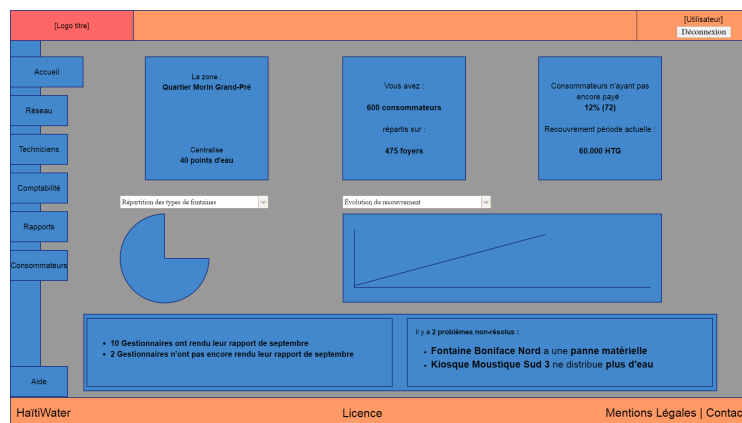


FIGURE 2 – Écran d'accueil

Une fois identifié par son nom d'utilisateur et mot de passe, l'utilisateur arrive sur son tableau de bord. Le tableau de bord est personnalisé pour chaque type d'utilisateur (gestionnaire de zone, de fontaines, technicien/plombier).

La figure 2 présente le tableau de bord du gestionnaire de zone. En en-tête, l'utilisateur peut cliquer sur le logo de l'application pour retourner à ce même tableau de bord à tout moment de sa navigation. Il peut aussi se déconnecter.

À gauche, le menu principal indique à l'utilisateur les pages auxquelles il peut accéder en cliquant sur les boutons. Le bouton étendu indique à l'utilisateur sur quelle page il se trouve (ici "Accueil").

Au centre, le contenu de la page propose tout d'abord trois zones informatives générales :

- zone courante, son nom et le nombre de points d'eau (kiosques, fontaines, réservoirs, prises individuelles)
- consommateurs, nombre de foyers

- Recettes, pourcentage de recouvrement des paiements, recettes totales

L'utilisateur peut cliquer sur chacune des informations pour aller sur la page comprenant leur détail (respectivement les pages *réseau*, *consommateurs*, *Comptabilité*).

Ensuite, des graphiques sont proposés à l'utilisateur (ici, la répartition des types de points d'eau et l'évolution du taux de recouvrement en fonction du temps). L'utilisateur peut utiliser la flèche à droite du titre du graphique pour en choisir un autre (quantité d'eau distribuée en fonction du mois, évolution du nombre de consommateurs, ...).

Enfin, une zone de notification alerte l'utilisateur des problèmes non-résolus sur le réseau de distribution d'eau. Il peut également cliquer dessus pour aller à la page des problèmes.

6.2 Rapports et problèmes

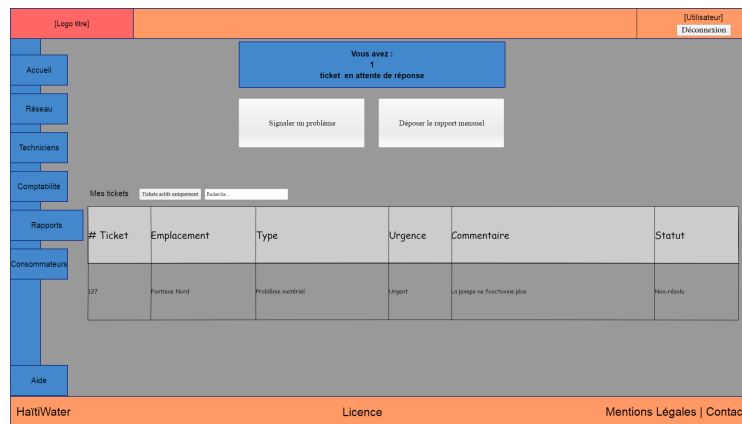


FIGURE 3 – Écran des rapports

La figure 3 présente la vue de rapport d'un gestionnaire de zone et d'un gestionnaire de fontaines. Le gestionnaire peut signaler un problème ou déposer le rapport mensuel (voir figure 4).

En dessous, le gestionnaire voit la liste de ses tickets en cours de traitement et leur statut. En cliquant dessus, il peut répondre aux messages du technicien/plombier (qui peut lui demander des précisions, proposer une solution, ...). Des notifications alertent le gestionnaire lorsqu'il a reçu une réponse à son ticket.

FIGURE 4 – rapport mensuel

En figure 4, le gestionnaire fait son rapport mensuel. Chaque mois, ce formulaire doit être rempli pour obtenir les données du réseau. Si un rapport a déjà été rempli (par exemple si le gestionnaire de zone accède au rapport mensuel et qu'une partie des données a déjà été remplie par un gestionnaire de fontaines), il peut être modifié par ce même moyen.

Ici, nous voyons le formulaire d'un gestionnaire de fontaines. Il se présente en cinq parties :

- Le gestionnaire de fontaines sélectionne la ou les sorties d'eau (fontaine, prises individuelles, kiosques, réservoirs) parmi celles qui lui sont attribuées, pour lesquelles il souhaite faire son rapport.
- Le gestionnaire de fontaines indique s'il a pu être en service durant ce mois, si oui il indique le nombre de jours et d'heures durant lesquels le service était disponible.
- Le gestionnaire de fontaines indique les recettes pour les fontaines, kiosques et prises individuelles, le total est affiché automatiquement.
- Pour chaque sortie d'eau sélectionnée au début du rapport, le gestionnaire de fontaines indique la quantité d'eau distribuée ainsi que les prix de distribution.
- Le gestionnaire de fontaines peut enfin ajouter un commentaire au rapport mensuel.

Le gestionnaire peut soumettre le rapport quand il le souhaite, même partiellement complété. Il peut y revenir plus tard et modifier les informations.

6.3 Vue du réseau



FIGURE 5 – Visuel du réseau

La figure 5 présente la vue d'accueil du réseau de distribution. A partir de cette page, le gestionnaire de distribution ou de fontaines peut voir les installations du réseau qui lui sont attribuées. Il y a à nouveau un espace dédié aux graphiques qu'il peut choisir et visualiser via la flèche à droite du titre.

A droite, des informations générales sont disponibles ainsi que des statistiques (ici, en exemple, le volume mensuel total distribué). L'utilisateur voit à nouveau un écran de notifications indiquant les problèmes qu'il faut résoudre.

7 Besoins non-fonctionnels

Dans cette section, nous allons détailler certaines caractéristiques souhaitables pour l'application. Il s'agit d'exigences sur le système en lui-même et pas sur ce qu'il fait.

1. Sécurité des données.
2. Performance et efficacité de l'application.
3. Fonctionnement sur périphérique mobile (tablettes et smartphones).
4. Adaptabilité de l'interface graphique aux différentes tailles d'écrans.
5. Présence d'une documentation qualitative pour les développeurs et les utilisateurs du système.
6. Application élastique, c'est-à-dire capable de fonctionner aussi bien avec les données des zones d'essai au début du déploiement, que sur un nombre bien plus important de zones géographiques une fois les essais terminés.
7. Application modulaire et adaptable pour permettre l'ajout de fonctionnalités futures.

8 Approche

Pour créer ce cahier des charges qui établit les fonctionnalités et le fonctionnement général de l'application, nous avons utilisé les documents fournis par Protos et disponibles en ligne.

Les fichiers Excel, au nombre de trois ont été principalement utilisés pour le choix des données et fonctionnalités de l'application. Deux des fichiers concernent les CAEPA et recensent leurs fontaines, consommateurs et comptabilités à l'échelle annuelle. Un fichier expose au niveau national et mensuel l'état du réseau (fonctionnement, quantités d'eau distribuées) et les recettes envoyées via formulaire par des TEPAC qui gèrent le réseau à leur échelle sur le terrain.

Les documents de contexte envoyés par Protos faisant état de la situation en Haïti, le projet de Protos sur place et leur fonctionnement.

Le rapport de capitalisation fourni récemment et expliquant le processus, pour Poste Métier, de fonctionnement de la distribution de l'eau.

Les fichiers Excel ont été notre plus grande source d'information puisqu'ils nous permettent de connaître le système informatique actuel, quelles sont les données, comment sont-elles collectées et utilisées. Les fichiers de contexte ont permis de comprendre la situation, d'identifier les intervenants et risques de l'application. Le rapport de Poste Métier a été très intéressant pour comprendre le fonctionnement précis d'une zone du réseau de distribution.

Notre approche générale dans cette application est d'automatiser la collecte et faciliter la gestion de toutes les données présentes dans les documents Excel actuellement utilisés en Haïti. Dans ce cahier des charges, nous présentons une application hiérarchique où chaque utilisateur fait remonter l'information dont il dispose (exactement comme le fonctionnement actuel des données Excel qui sont extraites des formulaires).

Si ce cahier des charges vous semble incorrect (incompréhension d'une fonctionnalité) ou incomplet (manque de fonctionnalités), tout nouveau document permettant de mieux comprendre votre fonctionnement et vos désirs pour l'application est le bienvenu.

9 Choix technologiques

Conformément aux demandes, l'application utilisera des technologies gratuites et aussi peu différentes que possible afin de ne pas requérir trop d'apprentissages différents. Les décisions des technologies utilisées dans le développement tentent de maximiser :

Popularité : Plus une technologie est populaire, plus elle est susceptible d'être maintenue à jour, de disposer de guides et d'aides en ligne.

Simplicité : Pour permettre aux futurs développeurs de l'application de la maintenir à jour et de la faire évoluer avec un minimum de connaissances requises.

Performance : Afin que l'application soit utilisée le plus longtemps possible et qu'il ne soit pas nécessaire de recommencer à zéro à cause d'une technologie limitant l'application.

Sur ces bases, nous avons déjà arrêté les choix généraux suivants :

Interface : Les langages HTML5, CSS3 et JavaScript sont les plus populaires et peu d'alternatives existent pour le développement d'applications internet, aucune n'étant aussi simple à utiliser.

Application : Nous allons utiliser le framework³ Django, le sixième plus populaire avec un score de 94%⁴ et qui permet de programmer la logique de l'application dans le langage

3. Framework : structure logicielle encadrant l'application, permettant d'automatiser certaines phases du développement.

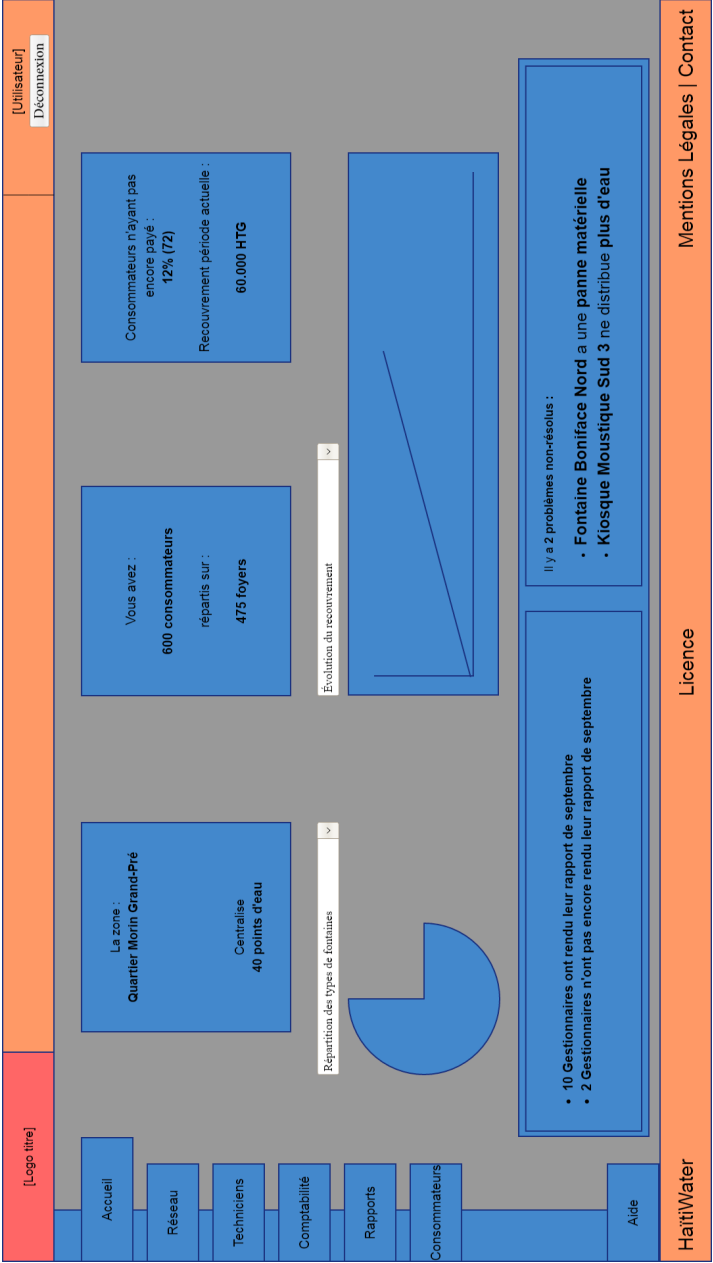
4. Statistique de <https://hotframeworks.com/>, septembre 2018.

Python, très populaire et adapté autant pour un débutant que pour un expert en programmation.

Base de données : Pour stocker les données, nous allons utiliser la technologie SQL avec le système de gestion PostgreSQL⁵ qui présente l'énorme avantage d'avoir un module géographique (PostGIS) qui peut interagir directement avec le module géographique de l'application (GeoDjango).

5. Quatrième mondial selon <https://db-engines.com/en/ranking>.

A Vision détaillée des visuels d’écran



[Logo titre]

Accueil

Réseau

Techniciens

Comptabilité

Rapports

Consommateurs

Aide

[Utilisateur]

Déconnexion

Rapport Mensuel

<<Septembre 2018>>

Points d'eau concernés

Tous mes points d'eau

Etat général

Service partiel

Entité réparatrice

Autre Technicien

Le SAEF a été en service

24h par jour

Jours de service

30 jours

Nombre d'usagers

2000

Recettes des kiosques

2000

des fontaines

2400

des branchements

1000

totales

[Total auto-généré]

Fontaine centre du village

Volume distribué

20 m³ = 5283 gal.

Coût unitaire au volume

x/m³ = 1 gal.

Branchement maison famille Boniface

Volume distribué

20 m³ = 5283 gal.

Coût unitaire au volume

x/m³ = 1 gal.

Kiosque sortie Nord du village

Volume distribué

20 m³ = 5283 gal.

Coût unitaire au volume

x/m³ = 1 gal.

Commentaire éventuel ...

Annuler

Envoyer

HaitiWater

Licence

Mentions Légales | Contact

[Logo titre]

Utilisateurs par Fontaine

Repartition de la distribution

Accueil

Réseau

Techniciens

Comptabilité

Rapports

Consommateurs

Aide

La zone :
Groupement Nord

Approvisionnement :
6700 consommateurs

Via :
42 points d'eau

Ce mois de (septembre) nous avons distribué :
200 mètres cube d'eau

Il y a 2 problèmes non-résolus :

• Fontaine Boniface Nord a une panne matérielle

• Kiosque Moustique Sud 3 ne distribue plus d'eau

Recherche...

Ajouter

Supprimer

Type	Emplacement	Utilisateurs	État	Quantité d'eau distribuée (m³)
<input type="checkbox"/> Fontaine	Bour Allier	600	En service	40 m³
<input type="checkbox"/> Kiosque	Bouard	40	En panne	0 m³
<input type="checkbox"/> Branchement privé	Village numéro rue	6	En service	2 m³

HaïtiWater

Licence

Mentions Légales | Contact

[Utilisateur]

Déconnexion

Annexe B

Planning

Nom	02/07/2018	09/07/2018	16/07/2018	23/07/2018	30/07/2018	06/08/2018	13/08/2018
Requirements							
Analyse documentaire							
Etude technologique							
Rédaction des requirements						Annulé par manq	
Rendez-vous Protos préliminaire							
Analyse documentaire II							
Résumé technique général							
Design							
Schéma BDD							
Wireframes Haute-Fidélité							
Schéma Organisationnel							
Activity Diagrams							
Réunion "Design" Interne							
Réunion "Design" Protos							
Corrections sur le design							
Implémentation							
Pages niveau 1							
Pages niveau 2							
Pages niveau 3							
Service Worker							
Alpha janvier							
Beta mars							
Tests fonctionnels							
Tests unitaires							
Documentation utilisateur							
Documentation développeurs							
Rédaction							
Plan de texte							
Un chapitre							
Texte du mémoire							
Présentation							
Mise au point							
Répétitions							
Présentation officielle							

Nom	20/08/2018	27/08/2018	03/09/2018	10/09/2018	17/09/2018	24/09/2018	01/10/2018
Requirements							Dépasseme
Analyse documentaire							
Etude technologique							
Rédaction des requirements	ue de documents						
Rendez-vous Protos préliminaire							
Analyse documentaire II							
Résumé technique général							
Design							
Schéma BDD							
Wireframes Haute-Fidélité							
Schéma Organisationnel							
Activity Diagrams							
Réunion "Design" Interne							
Réunion "Design" Protos							
Corrections sur le design							
Implémentation							
Pages niveau 1							
Pages niveau 2							
Pages niveau 3							
Service Worker							
Alpha janvier							
Beta mars							
Tests fonctionnels							
Tests unitaires							
Documentation utilisateur							
Documentation développeurs							
Rédaction							
Plan de texte							
Un chapitre							
Texte du mémoire							
Présentation							
Mise au point							
Répétitions							
Présentation officielle							

Nom	08/10/2018	15/10/2018	22/10/2018	29/10/2018	05/11/2018	12/11/2018	19/11/2018
Requirements	nt imprévu						
Analyse documentaire							
Etude technologique							
Rédaction des requirements	CdC 2 envoyé						
Rendez-vous Protos préliminaire							
Analyse documentaire II							
Résumé technique général							
Design							
Schéma BDD	Retard	?					
Wireframes Haute-Fidélité		Corrections K.					
Schéma Organisationnel							
Activity Diagrams							
Réunion "Design" Interne		Vu avec K. (et S semaine dernière)					
Réunion "Design" Protos							
Corrections sur le design							
Implémentation							
Pages niveau 1					Back-end lent à démarrer		
Pages niveau 2							
Pages niveau 3							
Service Worker							
Alpha janvier							
Beta mars							
Tests fonctionnels							
Tests unitaires							
Documentation utilisateur							
Documentation développeurs							
Rédaction							
Plan de texte							
Un chapitre							
Texte du mémoire							
Présentation							
Mise au point							
Répétitions							
Présentation officielle							

Nom	26/11/2018	3/12/2018	10/12/2018	17/12/2018	24/12/2018	31/12/2018	7/1/2019
Requirements							
Analyse documentaire							
Etude technologique							
Rédaction des requirements							
Rendez-vous Protos préliminaire							
Analyse documentaire II							
Résumé technique général							
Design							
Schéma BDD							
Wireframes Haute-Fidélité							
Schéma Organisationnel							
Activity Diagrams							
Réunion "Design" Interne							
Réunion "Design" Protos							
Corrections sur le design							
Implémentation							
Pages niveau 1		Back-end lent					Possible ext
Pages niveau 2		Back-end lent					
Pages niveau 3							
Service Worker							
Alpha janvier							
Beta mars							
Tests fonctionnels							
Tests unitaires							
Documentation utilisateur							
Documentation développeurs							
Rédaction							
Plan de texte							
Un chapitre							
Texte du mémoire							
Présentation							
Mise au point							
Répétitions							
Présentation officielle							

Nom	14/1/2019	21/1/2019	28/1/2019	4/2/2019	11/2/2019	18/2/2019	25/2/2019	4/3/2019
Requirements								
Analyse documentaire								
Etude technologique								
Rédaction des requirements								
Rendez-vous Protos préliminaire								
Analyse documentaire II								
Résumé technique général								
Design								
Schéma BDD								
Wireframes Haute-Fidélité								
Schéma Organisationnel								
Activity Diagrams								
Réunion "Design" Interne								
Réunion "Design" Protos								
Corrections sur le design								
Implémentation								
Pages niveau 1	Extension pour le back-end en raison d'une session allégée							
Pages niveau 2								
Pages niveau 3								
Service Worker								
Alpha janvier								
Beta mars								
Tests fonctionnels								
Tests unitaires								
Documentation utilisateur								
Documentation développeurs								
Rédaction								
Plan de texte								
Un chapitre								
Texte du mémoire								
Présentation								
Mise au point								
Répétitions								
Présentation officielle								

Nom	11/3/2019	18/3/2019	25/3/2019	1/4/2019	8/4/2019	15/4/2019	22/4/2019	29/4/2019
Requirements								
Analyse documentaire								
Etude technologique								
Rédaction des requirements								
Rendez-vous Protos préliminaire								
Analyse documentaire II								
Résumé technique général								
Design								
Schéma BDD								
Wireframes Haute-Fidélité								
Schéma Organisationnel								
Activity Diagrams								
Réunion "Design" Interne								
Réunion "Design" Protos								
Corrections sur le design								
Implémentation								
Pages niveau 1								
Pages niveau 2								
Pages niveau 3								
Service Worker								
Alpha janvier								
Beta mars								
Tests fonctionnels								
Tests unitaires								
Documentation utilisateur								
Documentation développeurs								
Rédaction								
Plan de texte								
Un chapitre								
Texte du mémoire								
Présentation								
Mise au point								
Répétitions								
Présentation officielle								

Nom	6/5/2019	13/5/2019	20/5/2019	27/5/2019	3/6/2019	10/6/2019	17/6/2019	24/6/2019
Requirements								
Analyse documentaire								
Etude technologique								
Rédaction des requirements								
Rendez-vous Protos préliminaire								
Analyse documentaire II								
Résumé technique général								
Design								
Schéma BDD								
Wireframes Haute-Fidélité								
Schéma Organisationnel								
Activity Diagrams								
Réunion "Design" Interne								
Réunion "Design" Protos								
Corrections sur le design								
Implémentation								
Pages niveau 1								
Pages niveau 2								
Pages niveau 3								
Service Worker								
Alpha janvier								
Beta mars								
Tests fonctionnels								
Tests unitaires								
Documentation utilisateur								
Documentation développeurs								
Rédaction								
Plan de texte								
Un chapitre								
Texte du mémoire								
Présentation								
Mise au point								
Répétitions								
Présentation officielle								

Annexe C

Wireframes

Connexion

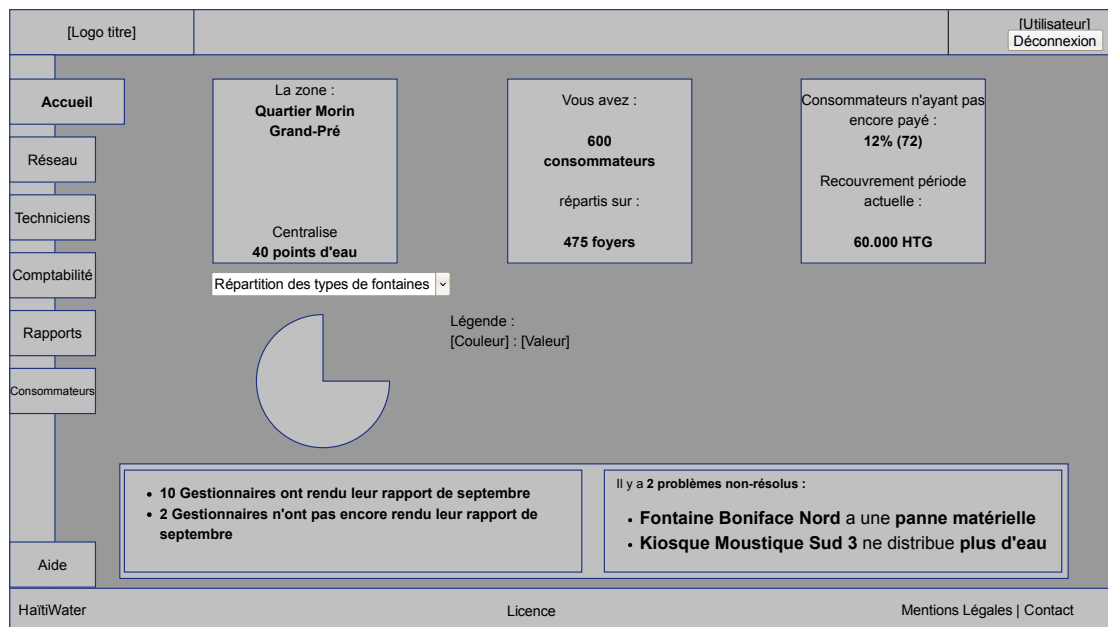
Utilisateur

Nom d'utilisateur

Mot de passe

Connexion

HaitiWater Licence Mentions Légales | Contact



[Logo titre]

[Utilisateur]
Déconnexion

Accueil

Réseau

Techniciens

Comptabilité

Rapports

Consommateurs

Aide

Gestionnaire(s) de fontaines

Recherche ... Ajouter Supprimer

Nom	Prénom
Jean	Dubois

Plombier(s)

Recherche ... Ajouter Supprimer

Nom	Prénom
Marc	Manoeuvre

Points d'eau

Recherche ... Ajouter Supprimer

Type	Zone	Adresse	Consommateurs attribués
Fontaine	Centre-Ouest	[adresse du point d'eau]	700
Kiosque	Centre-Ouest	[adresse du point d'eau]	1.200
Fontaine	Sud-Est	[adresse du point d'eau]	2.000
Fontaine	Sud-Est	[adresse du point d'eau]	2.000

HaitiWater
Licence
Mentions Légales | Contact

[Logo titre]

[Utilisateur]
Déconnexion

Accueil

Réseau

Techniciens

Comptabilité

Rapports

Consommateurs

Aide

Utilisateurs par Fontaine

Recherche ... Ajouter Supprimer

Nom et Prénom (chef de ménage)	Sexe	Adresse	Nombre de consommateurs	Type d'adduction	Nom adduction	Téléphone	Dernier paiement

Nombre de foyers consommant de l'eau :

25.000

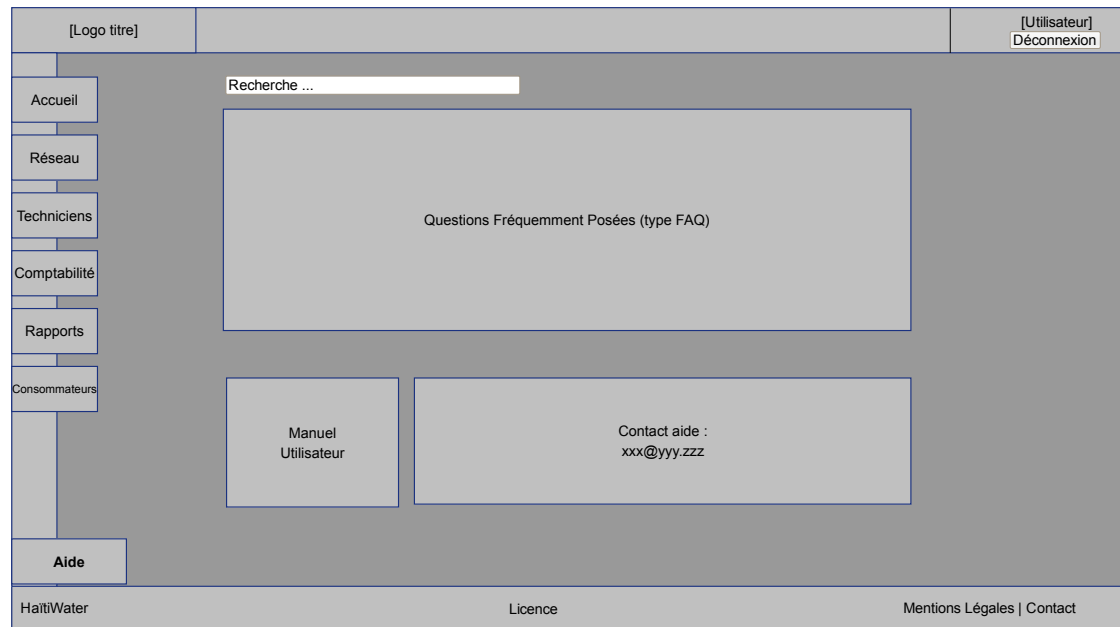
Nombre total de consommateurs individuels :

50.000

Consommateurs n'ayant pas payé :

500

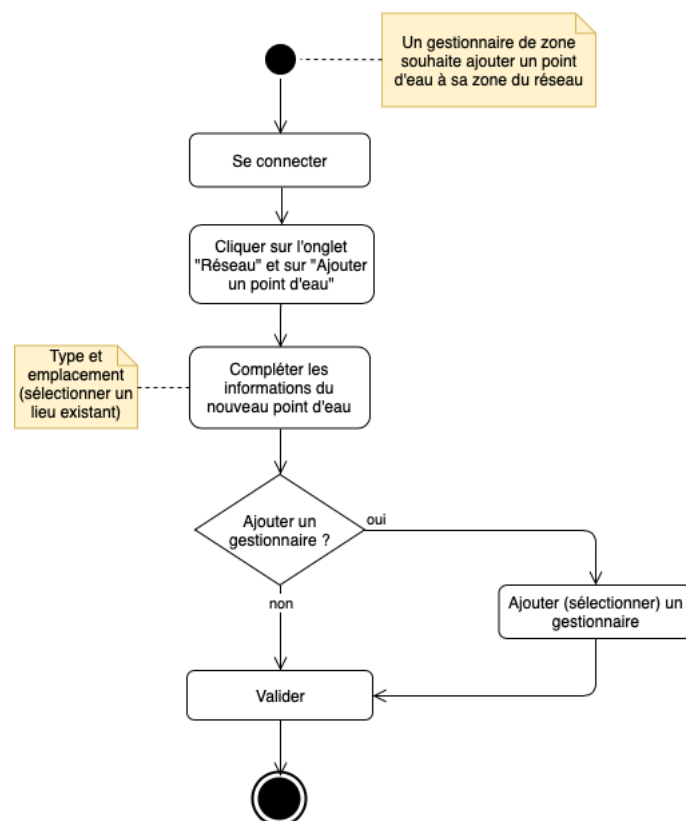
HaitiWater
Licence
Mentions Légales | Contact



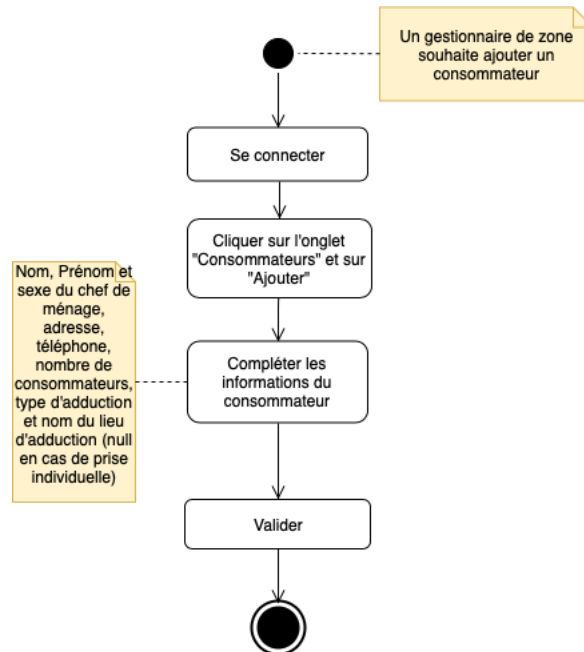
Annexe D

Diagrammes d'activité

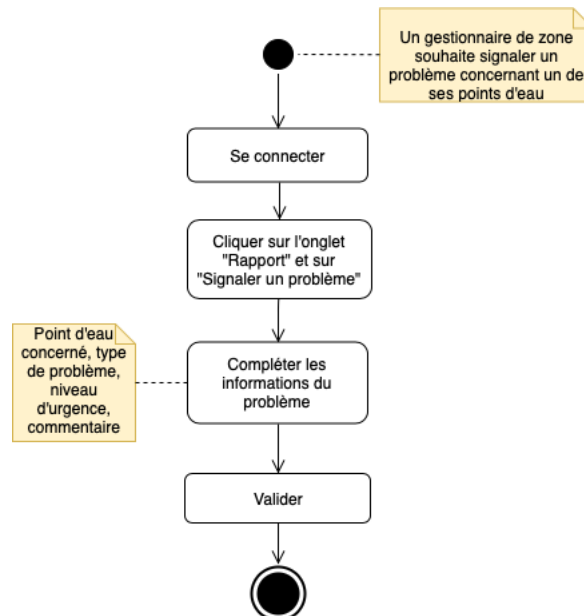
Ajouter une fontaine



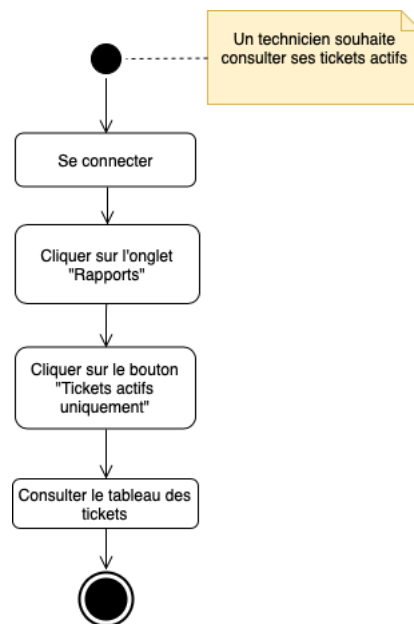
Ajouter un consommateur



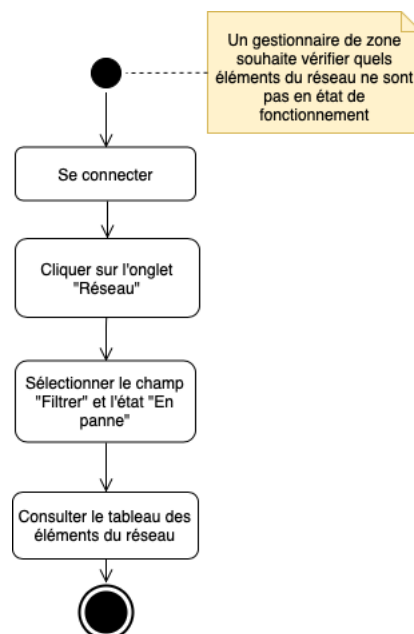
Envoyer un ticket de support



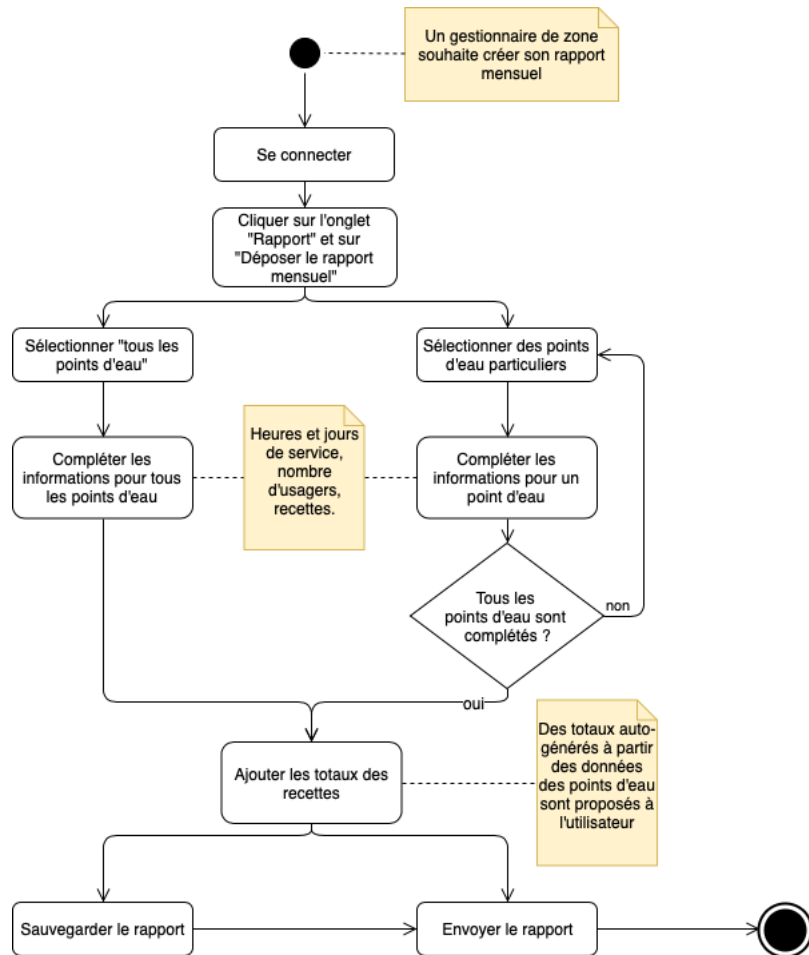
Consulter les tickets actifs



Consulter les éléments du réseau en panne



Compléter le rapport mensuel



Annexe E

Documents de validation

Abstract

Ce document établit le protocole et les questions de l'expérience de validation de l'interface et des fonctionnalités de l'application, principalement du point de vue de la facilité d'utilisation et de compréhension, avec des utilisateurs hors de l'équipe de développement. En fin de document, vous trouvez les scénarios tels que les utilisateurs les verront imprimés lors des essais.

E.1 Objectifs

Les expériences de validation cherchent à mettre en avant les points forts/faibles de l'interface graphique en utilisant un protocole identique, pour plusieurs participants, visant à normaliser les résultats et tenter de dégager une tendance positive ou négative. Les résultats de l'expérimentation permettront de confirmer ou infirmer certains choix techniques, esthétiques et fonctionnels. L'exactitude des résultats n'est pas évaluée lors de cette validation.

E.2 Protocole

Résumé

Chaque participant est introduit à l'application de manière générale sans présentation de l'interface. Chaque participant reçoit un numéro. L'expérimentation commence avec un scénario et un type d'interface (mobile ou desktop) défini. L'application est déjà ouverte sur le périphérique utilisé. Le participant doit ensuite compléter un scénario, divisé en plusieurs tâches, dans le temps imparti. Si le participant ne parvient pas à résoudre une tâche, il peut être aidé de manière brève et orale par l'expérimentateur qui notera chaque intervention de sa part. Une fois le scénario accompli, le participant réitère sur d'autres scénarios pour une durée maximale d'une heure trente au total. La dernière demie-heure est réservée à la complétion d'un formulaire en ligne composé de 24 questions utilisant une échelle de Likert [25] et à une éventuelle discussion avec les participants.

Présentation

L'objectif de l'application est de fournir un appui logiciel aux gestionnaires du réseau de distribution d'eau potable d'Haïti. On considère qu'il y a deux groupes d'utilisateurs principaux :

- Le *gestionnaire de zone* qui coordonne l'activité dans une certaine zone géographique. Il est un responsable administratif.
- Le *gestionnaire de fontaine* qui participe au quotidien à la gestion physique du réseau de distribution. Il est au plus proche contact des consommateurs.

En tant que sujet d'expérimentation, le participant va être présenté à différentes situations qui vont lui demander d'utiliser l'application à divers degrés de responsabilité et à travers plusieurs écrans. Le participant reçoit un numéro permettant de l'identifier à travers les différents scénarios.

Scénarios d'utilisation

L'utilisateur est placé devant l'application, ouverte sur le portail de connexion, et peut lire le scénario qui lui est proposé. Une fois prêt, l'utilisateur démarre la tâche et l'expérimentateur lance le chronomètre. Chaque participant est seul devant l'application ouverte en mode écran complet, écran simulant une tablette ou un smartphone. Le scénario (comprenant les instructions) lui est laissé à disposition. L'expérimentateur peut venir en aide au participant de manière brève et sans interagir avec le périphérique. Toute aide apportée sera notée. Une fois le scénario accompli, le temps écoulé est noté par l'expérimentateur. Si le participant ne parvient pas à compléter la tâche dans le temps imparti, l'expérimentateur interrompt l'expérience.

Après un scénario accompli, le participant peut en commencer un nouveau. Les scénarios sont choisis aléatoirement.

Questionnaire

Après accomplissement des tâches, le participant complète le questionnaire annexe visant à évaluer sa satisfaction quant à l'utilisation du logiciel et composé des 24 questions ci-après et d'un commentaire libre. Les questions sont regroupées en catégories. Chaque question dispose de quatre choix à sélection unique basés sur une échelle de Likert [25] : --, -, Neutre, + et ++. La section usabilité se base sur la *Software Usability Scale* [3, 21], qui est une technique d'évaluation simple et rapide de l'usabilité, traduite et adaptée au contexte de l'application. Les participants doivent répondre sans trop réfléchir aux questions et de manière individuelle. Si un participant ne peut répondre à une question, il doit sélectionner le neutre comme demandé par la software usability scale. Les autres sections se basent sur des gabarits d'évaluation logicielle [9] et expérimentations précédentes [2]. En plus d'un commentaire libre final, chacune des quatre sections de questions dispose d'un champ de commentaire libre.

Général

G1 Je comprends les tâches demandées.

G2 Je comprends l'utilité des tâches demandées dans le contexte de la gestion de l'eau.

G3 Je comprends l'utilité de l'application.

Fonctionnalités

- F1** Je comprends l'utilité des contrôles de l'interface, je sais à quoi m'attendre en utilisant un contrôle (bouton, champ de texte, ...).
- F2** Je sais où cliquer pour réaliser la tâche demandée.
- F4** Je peux réaliser les tâches facilement.
- F5** Je peux réaliser les tâches rapidement.
- F6** Je comprends les données qui me sont présentées à l'écran.
- F7** L'interface de l'application est adaptée aux tâches demandées.
- F8** Je sais me repérer facilement dans les contrôles et menus de l'application.

Usabilité

- U1** Je pense que j'aimerais utiliser l'application fréquemment.
- U2** Je trouve l'application inutilement complexe.
- U3** Je trouve l'application facile à utiliser.
- U4** J'aurais besoin de l'aide d'une personne qualifiée pour utiliser ce système.
- U5** J'ai trouvé les différentes fonctionnalités du système bien intégrées.
- U6** J'ai trouvé l'application trop inconsistante.
- U7** Je pense que la plupart des utilisateurs apprendraient à utiliser l'application rapidement.
- U8** J'ai trouvé l'application très lourde à utiliser.
- U9** Je suis confiant en utilisant l'application.
- U10** J'ai besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir utiliser l'application.

Esthétique

- E1** J'aime les couleurs de l'application.
- E2** J'aime les images de l'application.
- E3** L'agencement visuel (position des éléments) de l'application me convient.
- E4** L'esthétique générale de l'application me satisfait.

E.3 Attentes

Avec cette expérimentation, nous cherchons à obtenir des vues externes sur l'application et ses fonctionnalités, récoltées de manière rigoureuse afin d'être critiques et objectifs quant aux réalisations logicielles. La phase de validation arrivant avant la phase de documentation finale, nous espérons non seulement récolter des informations sur la qualité de l'application sans documentation, mais aussi sur les points importants de la documentation et sur lesquels il faudra insister. Les objectifs sont donc de déceler les problèmes et d'envisager leurs solutions, dans l'objectif de les mettre en place dans la documentation utilisateur ou dans le logiciel (selon des critères d'utilité, expérience utilisateur et pertinence).

Scenario 1 - Gestion

Rôle Administrateur principal

Objectif Créer une nouvelle zone et y assigner un gestionnaire

Prérequis du système /

Contexte Vous êtes Claude, membre de l'ONG Protos. L'application HaïtiWater est déjà utilisée dans plusieurs départements d'Haïti et le département de l'Artibonite souhaite pouvoir l'utiliser également. En tant que responsable de l'application, vous devez permettre au responsable de la gestion de l'eau en Artibonite de se connecter à l'application et de gérer son réseau. Pour que le réseau de l'Artibonite soit indépendant des autres réseaux, vous devez créer une nouvelle zone et y assigner le responsable de la gestion de l'eau en Artibonite.

Informations nécessaires

Vos informations :

Utilisateur Protos

Mot de passe Protos

Gestionnaire en Artibonite :

Nom Registre

Prénom Jean

Courriel haitiwater.test@gmail.com

Tâches (30 minutes)

1. Connectez-vous à l'application avec votre compte de gestionnaire : Protos.
2. L'Artibonite n'existe pas encore dans l'application, vous devez l'ajouter en tant que nouvelle zone. Pour cela, il faut aller dans l'onglet de gestion de zone et créer une nouvelle zone. Vous pouvez choisir son nom.
3. Maintenant que l'Artibonite existe en tant que zone, vous devez y assigner un gestionnaire pour que le réseau puisse s'y développer. Ajoutez donc Jean Registre en tant que gestionnaire de cette nouvelle zone afin qu'il puisse se connecter à l'application.
4. Quittez l'application en vous déconnectant pour revenir à l'écran d'accueil.

Scenario 2 - Utiliser les tables

Rôle Gestionnaire de zone

Objectif Imprimer la liste des tous les éléments (fontaines, kiosques, ...) du réseau de la zone *CAEPA Passe Catabois* classées par volume de sortie total

Prérequis du système Plusieurs avec plus de dix fontaines par zone, ou la version live du serveur.

Contexte Vous êtes Dominique, gestionnaire de zone et supervisez les opérations au niveau national. Cette semaine, une réunion a lieu pour décider des budgets alloués à la maintenance des fontaines de la zone de l'Ouest. Pour vous aider à allouer les fonds de manière équitable, vous avez besoin de la liste des installations de cette zone, classées par nombre d'utilisateurs décroissant.

Informations nécessaires

Vos informations :

Utilisateur Protos

Mot de passe Protos

Tâches (30 minutes)

1. Connectez-vous à l'application avec votre compte de gestionnaire : Protos.
2. Rendez-vous dans votre page de gestion et trouvez un moyen de filtrer les éléments pour ne conserver que ceux de la zone *CAEPA Passe Catabois*.
3. Triez les éléments par nombre d'utilisateurs décroissant.
4. Imprimez les éléments en vous assurant d'avoir la liste complète affichée. Par défaut, les tables n'affichent qu'un nombre limité d'éléments (10). Vous pouvez vous arrêter une fois que le navigateur vous propose d'imprimer le bon document, il n'est pas nécessaire de l'imprimer physiquement.

Scenario 3 - Gestionnaire de fontaine

Rôle Gestionnaire de fontaine

Objectif Ajouter des consommateurs et envoyer un rapport mensuel

Prérequis du système Un gestionnaire de fontaines et ses éléments du réseau : une fontaine, un kiosque et une prise individuelle.

Contexte Vous êtes Frédérique, gestionnaire de fontaine. Vous avez la responsabilité de trois points d'eau et d'une communauté d'utilisateurs. Votre objectif de la journée est d'enregistrer un nouveau consommateur ayant récemment déménagé dans la région, puis d'envoyer votre rapport mensuel.

Informations nécessaires

Vos informations :

Utilisateur frederique

Mot de passe gestionfontaine

Le nouveau consommateur est Monsieur Alain Proviste. Il vit seul au 32, Rue du foin, Belleville. Nous n'avons pas son numéro de téléphone et il habite juste à côté de la seule fontaine du village.

Tâches (30 minutes)

1. Connectez-vous sur l'application avec votre compte.
2. Ajoutez le nouveau consommateur récemment arrivé
3. Envoyez le rapport du mois en cours Informations mensuelles :

Activité 22 jours, 14 heures par jour.

Kiosque 400 gallons de volume total à 10 gourdes le gallon

Fontaine 2 mètres cubes de volume total à 500 gourdes le mètre cube

Prise individuelle un demi mètre cube à 500 gourdes le mètre cube

Recettes 0 gourdes pour le kiosque et la fontaine, 150 gourdes pour la prise individuelle

4. Déconnectez-vous de l'application

Scenario 4 - Système d'Informations Géographiques

Rôle Gestionnaire de zone

Objectif Dessiner une partie du réseau sur la carte

Prérequis du système Connecté et sur la page d'accueil. Aucun élément dans le système.

Contexte Vous êtes le gestionnaire d'une zone nouvellement établie. Avant de créer les gestionnaires de fontaine qui vont vous aider dans votre travail, vous souhaitez avoir votre réseau encodé dans l'application. Vous allez donc prendre un peu de temps pour ajouter les éléments un par un dans le système et sur la carte.

Informations nécessaires

Votre réseau de distribution de l'eau potable est composé de :

Une source qui pompe l'eau dans le circuit. Elle est située dans le lieu-dit *Cabaret*. Nous avons les coordonnées précises : 19°33'56.6"N, 72°00'32.5"W.

Une fontaine dont nous n'avons pas les coordonnées mais qui se situe en aval de la rivière, sur la route au premier carrefour après la pompe.

Une conduite qui relie les deux.

Tâches (30 minutes)

1. Vous êtes sur la page d'accueil, rendez-vous sur la page de gestion géographique du réseau.
2. Créez la source *Cabaret* dans les éléments du réseau et ajoutez sa position via ses coordonnées géographiques.
3. Créez la fontaine du carrefour dans la base de données, et placez-la sur la carte, utilisez la source déjà placée pour trouver le prochain carrefour au nord.
4. Créez une conduite dans les éléments, et placez la sur la carte pour relier les deux autres éléments que vous venez de créer.
5. Une fois que les trois éléments sont encodés dans la base de données et placés sur la carte, déconnectez-vous.

Scenario 5 - Première connexion et problème

Rôle Gestionnaire de fontaine

Objectif Se connecter pour la première fois, changer de mot de passe et signaler un problème

Prérequis du système Un utilisateur avec un mot de passe autogénéré et un élément

Contexte Vous êtes Jean, un gestionnaire de fontaine nouvellement nommé, félicitations ! Vous venez à l'instant de recevoir un courriel vous donnant vos informations de connexion. Le mot de passe généré est impossible à retenir alors vous allez le modifier. Vous allez également en profiter pour rapporter un problème mineur : votre fontaine produit des sons étranges quand on arrête de pomper.

Informations nécessaires

Vos informations :

Utilisateur GestionnaireFontaine

Mot de passe [Donné par l'examineur]

Tâches (30 minutes)

1. Connectez-vous à l'application à l'aide de votre mot de passe autogénéré.
2. Modifiez votre mot de passe. Vous adorez le mot de passe "123456".
3. On dirait qu'il y a un problème avec votre mot de passe. Trouvez une solution.
4. Reconnectez-vous sur l'application avec votre nouveau mot de passe.
5. Rapportez le problème décrit dans le contexte afin que votre hiérarchie en soit informée.

Scenario 6 - Transaction financière

Rôle Gestionnaire de zone

Objectif Se connecter et ajouter des paiements pour deux consommateurs.

Prérequis du système Deux consommateurs dans la zone utilisateur (noms ci-dessous).

Contexte Vous êtes John, un membre de l'administration du système Haïti-Water. En visite dans un village, vous en profitez pour aider un gestionnaire de fontaine local dans son encodage des paiements. Deux consommateurs viennent vous voir, billets en main, et viennent payer leur redevance.

Informations nécessaires

Vos informations :

Utilisateur Protos

Mot de passe Protos

Tâches (30 minutes)

1. Connectez-vous à l'application à l'aide de vos informations.
2. Rendez-vous dans la gestion financière de l'application.
3. *Monsieur Sadrac Mérisier* vous donne 150 Gourdes, entrez ce paiement dans l'application.
4. *Madame Roselène Monestime* vous donne 100 Gourdes, faites de même.
5. A sa demande, informez *Madame Roselène Monestime* de l'état général de ses paiements (dites à votre examinateur à combien de Gourdes s'élève son retard ou son avance sur les paiements).
6. Déconnectez-vous de l'application.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

École polytechnique de Louvain

Rue Archimède, 1 bte L6.11.01, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique | www.uclouvain.be/epl