



ÉCOLE  
CENTRALE LYON



INTERNATIONAL

## RAPPORT FINAL

# ANALYSE DE LA TECHNOLOGIE EMAS POUR SON APPLICATION A LA COMMUNE DE NIKKI: DEFIS SOCIAUX ET TECHNOLOGIQUES

*École Centrale de Lyon - OAN International*



**Commanditaire:** Victor PEREZ (OAN)  
**Conseiller de Projet :** Isabelle TREBINJAC (ECL)

**Auteurs:** Daniel I. ALFARO  
Pablo VERDOY  
Rita PEREZ  
Guillem PUIG  
Manuel LLANES  
Raimon ALAGARDA



## Executive Summary

The following report is a debriefing of the activity followed by 6 university students of “École Centrale Lyon” to respond to the specifications given by the NGO OAN International in partnership with Tadeh. The main results are: a study of different technologies of water supplying for Nikki (Benin), in particular the EMAS technology, a guide of fabrication of EMAS pump (with a practical example made by the group), needs study of the community, practical proposal for 10 towns and web design of the solution.

We believe these results can be beneficial for any other organisation, as asked by OAN International, this know-how is to be shared, used and promoted for other NGOs and Sub-Saharan Africa. The latter, being beneficial for NGO used and government use to proceed into water solution development and monitoring.

## Fiche d’identité du projet

<b>Fiche d’identité du projet</b>	Promotion : 2016 (E)	Type de projet : PAi	ID : 41
	Titre: Analyse de la technologie EMAS (École Mobile de l’Eau et assainissement) pour son application à la commune de Nikki: défis sociaux et technologiques		
	Tuteur ou commanditaire : Victor Perez (OAN International (Objective Analyser Nikki International))		
	Conseiller de projet : Isabelle Trébinjac (ECL)		
	Nature du livrable principal : Étude		



## Glossaire

DAC : « Development Aid Committee »

ECL : « École Central Lyon »

*EMAS : École Mobile d'Eau et Assainissement*

EWB : « Engineers Without Borders »

IDH : « Indice de développement humain »

*OAN : Objectif Analyse Nikki*

ODD : « Objectives de Développement Durable »

OECD : « Organisation for Economic Co-operation and Development »

OHCHR : « Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights »

*OMS : « Organisation Mondiale de la Sante »*

ONG : « Organisation Non Gouvernemental »

OVI : « Objective Verifiable Indicator »

PAi : « Projet d'application Industriel »

PDC : « Plan du Développement Communal »

*TAdeh : « Technologies Approprié pour le Développement Humaine »*



## Sommaire

<b>Executive Summary</b> .....	<b>2</b>
<b>Fiche d'identité du projet</b> .....	<b>2</b>
<b>Glossaire</b> .....	<b>3</b>
<b>Introduction et Justification</b> .....	<b>6</b>
L'accès à l'eau potable devient un droit de l'homme .....	6
Solutions pour l'accès à l'eau potable .....	7
Motivation et cadre d'activité du projet.....	7
<b>Cadre Initial</b> .....	<b>9</b>
Identification des acteurs .....	9
<b>Objectifs détaillés et cahier des charges fonctionnel</b> .....	<b>9</b>
Objectif Général .....	9
Objectif n°1: Etude de cas .....	10
Objectif n°2: Etude Technique .....	10
Objectif n°3: Cartographie Qualitative .....	10
<b>Contexte du projet</b> .....	<b>10</b>
Bénin.....	10
Nikki.....	11
<b>TECHNOLOGIES ADAPTEES</b> .....	<b>13</b>
La fabrication des citernes EMAS .....	14
La création des puits EMAS .....	14
La fabrication des pompes EMAS.....	14
L'implantation des latrines EMAS.....	14
<b>L'accès à l'eau potable et systèmes d'approvisionnement d'eau</b> .....	<b>14</b>
Description générale .....	14
Introduction aux systèmes d'approvisionnement d'eau .....	15
Approvisionnement direct : les sources naturelles et eaux de surface.....	16
Puits .....	17
Pompes et forages.....	18
Systèmes de captation d'eaux de pluies.....	19
Potabilisation.....	20
<b>Pompe EMAS :</b> .....	<b>21</b>
Étude Sociale: .....	21
Étude Technique: .....	21
Tableaux des Matériaux et des Ustensiles: .....	23
Manuels : .....	24
Manuel de réparation de la pompe EMAS :.....	24
Pompe Fabriquée :.....	25
<b>Cartographie Dynamique</b> .....	<b>26</b>
Intro.....	26
Contexte de l'eau de Nikki.....	26



<b>Analyse des besoins</b> .....	<b>27</b>
Sélection de 10 villages.....	28
Analyse des besoins et étude des sources d'eau.....	28
Proposition d’application.....	33
<b>Application web</b> .....	<b>34</b>
Introduction .....	34
Objectives .....	34
Stack/Technologies.....	34
Schéma/Structure Application .....	36
Conclusion.....	38
<b>Bibliographie</b> .....	<b>40</b>
<b>Annexe 1. Réalisation du forage EMAS</b> .....	<b>41</b>
<b>Annexe 2. Bonne utilisation des pompes à main</b> .....	<b>43</b>
<b>Annexe 3. Analyse de comparaison entre EMAS et Rope Pompe</b> .....	<b>44</b>
<b>Annexe 4. Citerne EMAS</b> .....	<b>48</b>
<b>Annexe 5. Etude sociale</b> .....	<b>52</b>
<b>Annexe 6. Budget du projet</b> .....	<b>56</b>
<b>Annexe 7. Identification et comparaison des basses de données</b> .....	<b>57</b>
<b>Annexe 8. Étude de 10 villages</b> .....	<b>58</b>



**Introduction et Justification**

L'accès à l'eau potable devient un droit de l'homme

Le 28 de Juillet de 2010 les Nations Unies déclarent le droit à l'accès de l'eau potable :

« Déclare que le droit à une eau potable propre et de qualité et à des installations sanitaires est un droit de l'homme, indispensable à la pleine jouissance du droit à la vie »<sup>1</sup>

Ce droit de l'homme est développé par le OHCHR (Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights) comme droit économique<sup>2</sup>. Ce droit implique substantiellement des ressources financières, naturelles et gouvernementales pour l'avoir. L'eau potable « naturelle » n'est plus accessible et la plupart d'eau douce de la planète doit être traitée ou doit être extraite par des technologies avant de la consommation humaine. Ce fait implique l'organisation sociétale (publique ou privé) autour des ressources pour donner l'approvisionnement d'eau potable pour satisfaire ce droit.

Le manque d'accès à l'eau potable est ainsi un des droits de l'homme très difficile de savoir pour certaines populations. Pour cette raison, il est une de plus communes causes de mortalité dans le monde, surtout dans les pays en développement considérés par le Comité de l'Aide au Développement (DAC) de l'Organisation pour le Développement Economique (OECD). C'est pour ça que L'Organisation des Nations unies (ONU) a proposé dans son programme pour 2030 assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable, à un coût abordable. Dans le cas d'Afrique cet objectif se matérialise avec un 34% plus d'accès à l'eau potable.

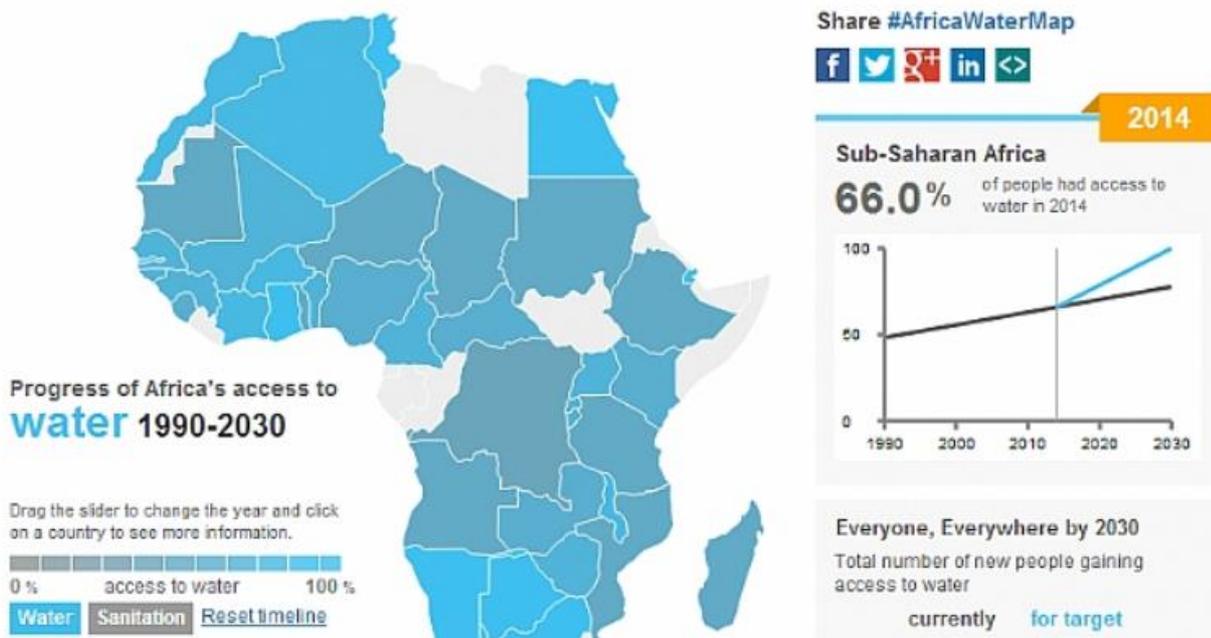


Figure 1 : « African Water Map » -Objectif pour 2030 (Source : [WaterAID](http://www.wateraid.org) )<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UN Committee on Economic, Social and Cultural Rights (CESCR), *General Comment No. 15: The Right to Water (Arts. 11 and 12 of the Covenant)*, 20 January 2003, E/C.12/2002/11, available at: <http://www.refworld.org/docid/4538838d11.html> [accessed 16 April 2018]

<sup>2</sup> Les droits économiques, sociaux et culturels sont les droits fondamentaux qui concernent le lieu de travail, la sécurité sociale, la vie familiale, la participation à la vie culturelle et l'accès au logement, à l'alimentation, à l'eau, aux soins de santé et à l'éducation.

<sup>3</sup>



## Solutions pour l'accès à l'eau potable

Comme observé dans la figure 1, les défis sont autant importants pour l'Afrique. La responsabilité et compromis mondial passe pour monter notablement la courbe de tendance des années précédentes. ¿Que doit-on faire ? ¿Est-ce qu'il implique des grands financements, grands ouvrages, la solidarité international ?

Le contexte socioéconomique du continent le plus pauvre du monde est très complexe. Pour répondre à ce défi on doit penser des nouvelles solutions, qui ne suivent pas le modèle occidental de surconsommation et gaspillage d'eau. La ressource dans la plupart du territoire est stationnaire et a grands problèmes de disponibilité. En plus, les coûts d'implémentation des solutions centralisées et canalisées d'eau et assainissent, comme dans les pays du Nord, ne peuvent pas être développés par tout le territoire pour des contraintes principalement budgétaire et de gestion. Comme déclare la secrétaire d'Etat à l'écologie, Chantal Jouannoce, en parlant d'Afrique « *ce n'est pas le manque d'eau qui tue, c'est l'eau sale. C'est le fait qu'on n'ait pas organisé l'entretien des puits et l'assainissement autour des communautés locales* » ... » Le nerf de la guerre, c'est de travailler la gouvernance, plus que l'argent »<sup>4</sup>.

Les acteurs qu'a la responsabilité de satisfaire ce droit sont les Etats de ces pays. Pour autant l'objective c'est de travailler et partager entre gouvernements, institutions et société civile pour développer des bonnes pratiques qui peuvent donner plus d'accès à l'eau potable. L'aide officielle au développement et l'aide entre pays dans ce cadre doit se focaliser en un modèle de savoir-faire qui peuvent être partagé et extrapolable aux toutes communautés rurales et marginales (souvent les plus touchés pour cette problématique). Pour autant des modèles de coopération comme entre pays du sud est une des priorités pour résoudre cette problématique (sans négliger le pouvoir de financement qu'ont les initiatives nord-sud mais qui parfois n'ont pas beaucoup de succès dans le long-terme)

Néanmoins on ne doit pas oublier les grandes villes, comme l'exemple du pays du Nord montre, ils ont la capacité sociétal pour faire des solutions canalisée et centralisé, mais parfois le manque originare d'eau, en particulière dans le contexte du changement climat, peut laisser des villes entières sans eau. Comme dans le cas de Cap, en Afrique du Sud, qui a déclaré que à partir du 16 d'avril de 2018, le « jour zéro », ils n'auront pas plus d'eau dans tout la ville (4 millions d'habitants).

## Motivation et cadre d'activité du projet

D'après la problématique mondiale et dans le cadre des Objectives de Développement Durable (ODD), dans notre contexte d'ingénieurs notre motivation est de donner des technologies adaptées pour le développement humaine qui donne une solution plus accessible à ces populations. Ces type de technologies ont la capacité des diminuer les ressources nécessaires pour donner l'eau potable. Ce fait, renforce le pouvoir d'agir de ces communautés en approchant la solution qui peut satisfaire leur droit de l'homme à avoir l'eau potable. Ce concept est très important pour la coopération internationale. Ils sont des nouvelles technologies qui ne suivent pas le modèle de surconsommation occidental, étant inspirées du concept « d'Économie de Satisfaction » exposé dans « Small is Beautiful » d'E.F. Schumacher. Pour autant ils sont des technologies qui donne cohérence aux modèle de développent, parce que ils sont des pratiques extrapolable aux tous pays et communautés. Ce qui n'est pas le cas pour des technologies du pays du Nord.

---

<sup>4</sup> *L'accès à l'eau potable devient un droit de l'homme*, Le monde, 29/07/2018, <[http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/07/29/l-access-a-l-eau-potable-devient-un-droit-de-l-homme\\_1393627\\_3244.html#9gz984WBwfOvbAUU.99](http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/07/29/l-access-a-l-eau-potable-devient-un-droit-de-l-homme_1393627_3244.html#9gz984WBwfOvbAUU.99)>

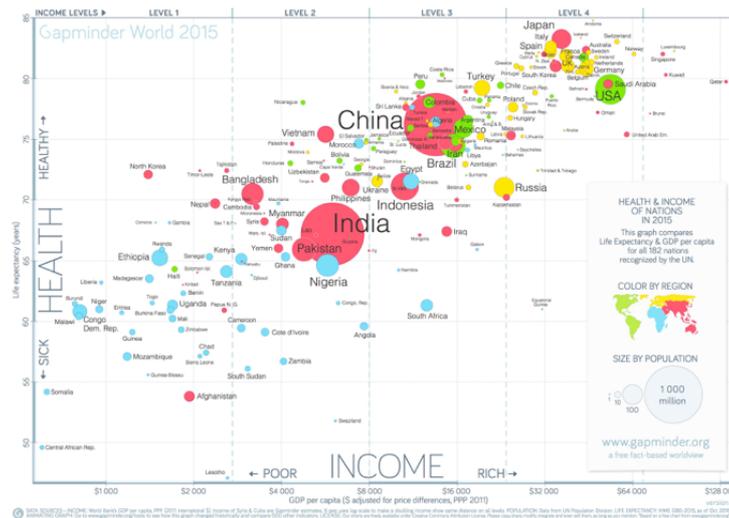


Figure 2 : Distribution des richesses et santé (Source : gapminder)

Par ailleurs, comme montrer dans la figure 2, on croit qu'un de la raison le plus importante qui donne un caractère développeur à une population est l'accès à l'eau potable, traduit dans une meilleure espérance de vie (santé) et meilleur PIB per capita (économie). Il y a bien sûr, des autres sphères de la vie social qui ont une grande amélioration grâce à l'accès à l'eau potable, mais dans la figure 2 (une distribution des pays en fonction de son santé et économie), on peut voir les pays Africaine dans le coin gauche et en bas (faisant les pays le plus pauvres et avec la plus mauvaise santé). Cette analyse est bien sur réductionniste (il y a des autres facteurs qui vont influencer aux PIB des pays africaines (et la beaucoup d'entre eux sont les économies les plus croissantes du monde), mais il montre une justification très important pour notre choix de travail : L'inégalité global nord-sud.

Comme déjà énoncé, notre but et responsabilité comme ingénieurs et de trouver des nouvelles technologies pour cette partie de la population mondiale qui n'ont pas d'accès au développement occidental : accès à l'électricité, a l'eau, a un pouvoir d'achat haute, etc. Les technologies occidentales sont tous fait avec l'hypothèse d'accès à ce développement et ne servent pas à donner l'accès aux droits de l'homme fondamental. Pour ce raison notre projet est dessiner avec le cahier de charge d'un environnement de difficile de travailler. Notre formation comme ingénieurs nous n'ont pas mis dans un contexte manquant des ressources autant habituelles pour nous. Pour cela c'est autant motivant, intéressant et avec beaucoup d'impact : « Designing for the other 90% ». 90% de la population qui vie dans le groupe sociale qui a moins de 10% des ressources mondiales, comme montre la pyramide de richesse de la Figure 3:

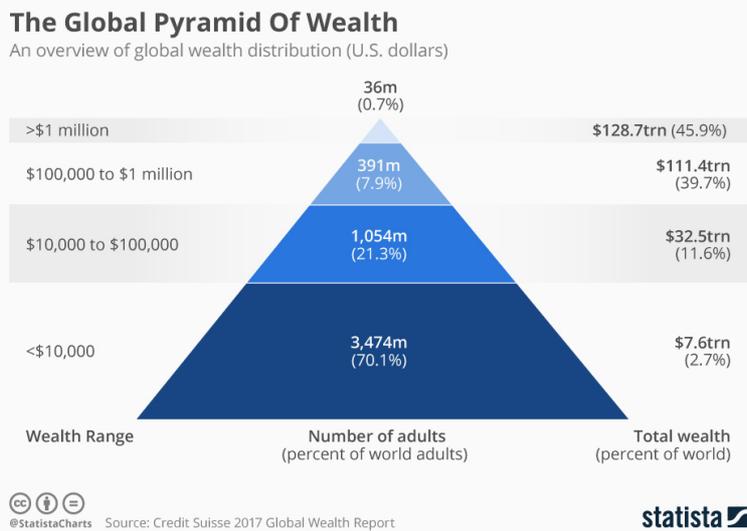


Figure 3 : Pyramide de richesse (Source : Credit Suisse Global Wealth Report, 2017)



## Cadre Initial

### Identification des acteurs

Pour comprendre l'origine de ce projet d'application industrielle il faut connaître les différents acteurs qui interviennent dans la mise en place de ce projet. OAN international est une ONG qui est née l'année 2014 au sein d'un groupe d'étudiants universitaires en Espagne dont le but est d'améliorer la situation de Nikki, une commune au nord du Bénin. OAN propose des interventions multidisciplinaires à travers essentiellement des TFEs pour élaborer un modèle de développement international.

OAN International a identifié différents besoins d'accès à l'eau potable dans certains villages à Nikki. Les technologies proposées par EMAS semblent les plus pertinentes pour répondre aux besoins. Les premières approches de l'ONG par rapport à l'implémentation de ces technologies, trouvent une nécessité grande pour mieux analyser ces solutions et les adapter aux contextes de chaque village. Nous entrons en collaboration avec l'ONG par le commanditaire Victor Perez (Co-président du comité d'Infrastructures, Energie et Eau) pour étayer et analyser la bibliographie sur le thème et faire des propositions d'application de cette technologie.

Suite au premier contact avec l'ONG et les différentes rencontres effectuées par le groupe, on a établi, en respectant le cahier des charges proposé par notre commanditaire, l'objectif global du projet: trouver des solutions concrètes et réalisables en vue de garantir l'accès à l'eau (et à sa potabilisation) à la commune de Nikki (Région du nord de Bénin). Pour cela, on a choisi la technologie EMAS (un choix qui sera justifié dans le projet), une technologie qui cherche à garantir l'accès soutenable (économique, technique, social et environnemental) à l'eau par la population locale. Une technologie qui s'encadre dans les technologies adaptées pour le développement humaine.

De par la complexité du projet et compte tenu du manque d'expérience de notre groupe, un autre acteur est impliqué dans le projet pour des actions de conseil et de diffusion de connaissance technique. Il s'agit de TadeH («Tecnologías Apropriadas para el Desarrollo Humano» (partenaire de EMAS), spécialiste de type d'implantation technologique). De plus, les résultats envisagés de ce projet sont intéressants pour plusieurs autres organisations regroupées en réseau nommé « Cooperagua », dans le domaine de l'eau et assainissement

Ce projet va s'articuler autour de trois points. D'abord, une étude de cas pour contextualiser le développement actuel des technologies EMAS et en général des technologies d'approvisionnement d'eau potable. Ensuite, une étude technique qui aura comme but principal la conception de la pompe et élaboration d'un manuel de fabrication. Et enfin, la cartographie qualitative pour catégoriser et localiser les différents villages de Nikki en fonction de ses besoins d'approvisionnement d'eau potable et la proposition d'application d'une solution en approvisionnement d'eau potable pour 10 villages de Nikki.

## Objectifs détaillés et cahier des charges fonctionnel

### Objectif Général

L'objectif général du projet est:

*“Faire un projet d'implantation de la technologie EMAS pour garantir l'accès soutenable (économique, technique, social et environnemental) de l'eau à la population locale.”*

Pour ce faire, on propose une étude intégrale qui peut donner une solution d'approvisionnement d'eau à 10 villages de la commune de Nikki (Cette étude pourra être extrapolée au reste des villages). Tout d'abord une



étude de cas sera mise en place pour comprendre meilleurs dans une côte la technologie EMAS et dans une autre côte les différentes technologies d'approvisionnement d'eau potable. Après avoir contextualisé la technologie EMAS on fera une analyse de la technologie pour après faire un manuel de fabrication. Avec cette base des outils techniques étudiés, on analysera les besoins de la population de Nikki et de ces 10 villages pour donner une proposition adaptée à chacun des réalités à partir d'eaux. Les différentes parties du projet seront décrire en trois objectives. En annexe une description plus profonde de ces objectives.

## **Objectif n°1: Etude de cas**

Les variables fondamentales autour desquelles s'appuie la solution que doit être proposé d'approvisionnement d'eau potable sont les prestations et caractéristiques de la technologie. La technologie EMAS à l'aire d'être la meilleure technologie pour la population de Nikki, néanmoins ce choix doit être justifié et on doit connaître la limitation déjà rencontré dans des autres implémentations des technologies. De plus, la technologie ne va pas être la meilleure solution pour tous les villages. Pour la justification de la technologie on va à étudier autres infrastructures qui vont aussi être considérer pour la proposition d'application mais ils ne vont pas être étudié dans leur manière d'implémentation.

## **Objectif n°2: Etude Technique**

Des technologies EMAS et solutions d'approvisionnement d'eau que les pompes hydrauliques vont être sujet de notre étude. L'objectif de cette partie pour autant est de modéliser la pompe, caractériser les différents matériels et les processus d'opérabilité. Une fois cette pompe est modéliser nous ferons un exemplaire pour pouvoir mieux étudier son processus de fabrication et connaître le processus de maintenance. La finalité de cette étude est maximiser la connaissance de la technologie pour proposer une méthodologie concrète de fabrication adaptés aux besoins de la population de Nikki.

## **Objectif n°3: Cartographie Qualitative**

La cartographie qualitative consiste à lister et catégoriser les différents villages (notamment les localités) de Nikki en fonction de leurs besoins en approvisionnement d'eau potable. La catégorisation a comme but de donner un diagnostic d'état des villages par un algorithme de « triage » et de faire des propositions d'application pour résoudre ses besoins de l'eau. Pour contextualiser l'analyse, une description plus profonde du processus d'extraction d'eau en Nikki et description de ses caractéristiques sera mise dans le rapport.

## **Contexte du projet**

### **Bénin**

Le Bénin est un pays situé en Afrique de l'Ouest, entre le Sahel et le Golfe de Guinée, bordé par l'océan Atlantique sur une bande côtière de 121 km. Le Bénin occupe une superficie essentiellement plane de 112.622 kilomètres carrés et compte une population estimée à 11.530.000 habitants, avec une densité de population de 96 habitants/km<sup>2</sup> (Banque mondiale, 2015). La capitale du pays est Porto-Novo, au sud, bien que le siège du gouvernement, donc le centre économique, soit situé dans la ville la plus peuplée, Cotonou. Bien que la langue officielle du Bénin soit le français, plus de 300 langues et dialectes différents sont parlés. Sa monnaie est le Franc Ouest Africain ou CFA. 1 EUR équivaut à 656 CFA.

Le régime politique du Bénin est organisé comme une république parlementaire présidentielle unitaire. Le Président de la République est le Président de l'Etat et du Gouvernement et est élu au suffrage universel direct pour un mandat de cinq ans, renouvelable une fois. Le Président est le responsable du pouvoir exécutif, dirige



l'action du Gouvernement et nomme les ministres responsables des 20 départements ministériels. Aujourd'hui et ces dernières années, le pays jouit d'une grande stabilité politique, ce qui favorise son développement économique et social.

Le PIB par habitant est un très bon indicateur du niveau de vie et dans le cas du Bénin, en 2016, il était de 713 €, ce qui le place au 170<sup>ème</sup> rang mondial. Ses habitants ont un niveau de vie très bas par rapport aux 195 pays du classement du PIB par habitant. Cependant, le PIB a connu un taux de croissance qui varie chaque année. Les principaux secteurs économiques sont l'agriculture, l'industrie et les services.

Néanmoins un meilleur indicateur de bien-être que les Nations Unies utilisent est l'Indice de développement humain (IDH). Il est une indicateur sommaire des réalisations moyennes d'un pays dans les dimensions essentielles du développement humain, telles que la longévité et la bonne santé, l'accès au savoir et un niveau de vie décent. Cet indice place le Bénin au 167 sur 188 pays dans la catégorie " faible développement humain " avec 0,485 points.

Le climat du pays, situé dans une zone intertropicale, est globalement chaud et humide, avec des nuances saisonnières et géographiques liées à la latitude, au relief et à l'alternance des saisons. Il tombe entre 900 et 1 300 millimètres d'eau par an, les régions les plus arrosées sont situées au sud-est. Les maximums des précipitations sont au sud (climat équatorial), de la mi-mars à la mi-juillet, et plus faiblement en novembre et décembre. Le Bénin est drainé par un réseau hydrographique relativement dense, mais la plupart des cours d'eau ont un régime d'écoulement intermittent, caractérisé par des inondations importantes pendant la saison des pluies et un débit nul pendant la saison sèche.

## Nikki

Nikki est une commune qui limite au nord par Kabale, au sud par Pèrèrè et à l'ouest par les communes de Bembèrèkè et N'Dali. C'est une commune de plus de 3.171 Km<sup>2</sup> de surface. Cependant, malgré sa grande superficie, elle ne représente pas plus de 2,82 % de la superficie totale du Bénin. Nikki s'agit d'une commune avec plus de 350 agglomérations qui sont divisées en 90 quartiers. De plus, ces quartiers, s'organisent autour de 7 districts. En général, on peut donc dire que l'organisation de Nikki est divisée en trois étapes. Une première étape, la commune, un deuxième arrondissement, et un troisième les villages et localités. Selon les dernières études de la mairie de Nikki, Nikki a une population d'environ 170 000 habitants, dont 51% d'hommes et 49% de femmes avec une densité de population de 47,6 habitants/km<sup>2</sup>.



Figure 4 : Carte de Benin

Arrondissements	Nombre de villages administratifs	Nombre d'agglomération
BIRO	8	34
GNONKOUROKALI	10	38
OUENOU	12	65
SEREKALI	12	45
SUYA	7	18
TASSO	10	54
NIKKI	31	105
COMMUNE DE NIKKI	90	359

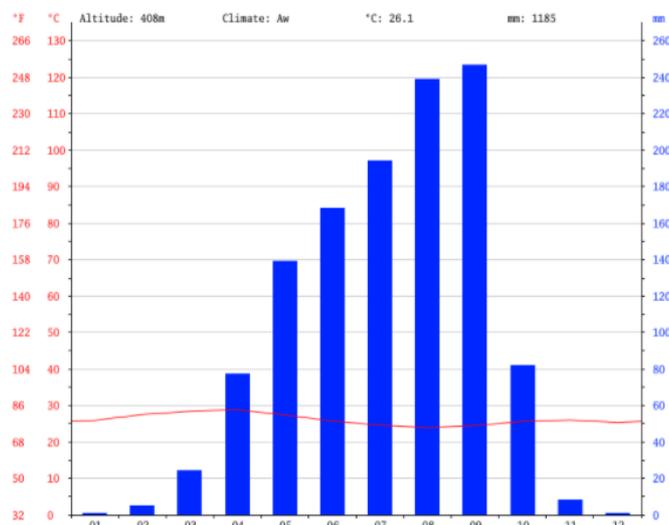
Figure 5 : Tableau récapitulative des villages des arrondissements (Source : PDC)



En ce qui concerne les caractéristiques socioculturelles, la majorité de la population appartient aux groupes ethniques Peulh et Batonou (environ 80% de la population entre les deux). Cependant, d'autres groupes ethniques tels que les groupes ethniques Guo, Otamari, Dendi, Yoruba ou Gando doivent être mentionnés. La religion dominante est l'"Islam noir" (environ 80% de la population), mais il y a aussi une partie de la population chrétienne.

Nikki est une population rurale, dans laquelle l'agriculture et l'élevage sont les principales activités économiques. L'agriculture occupe plus de 70% de l'activité économique, les produits les plus cultivés étant le coton, le maïs et le sorgho. Grâce à sa position, il est possible de commercialiser ses produits dans d'autres pays comme le Nigeria. Ce qui donne un débouché à vos produits agricoles.

Le climat de la commune de Nikki est de type Soudano-guinéen, où l'existence d'une saison de pluies, à savoir de Mai à Octobre et une saison sèche, allant de Novembre à Avril, est soulignée. Pendant la saison sèche, surtout au mois de Décembre, l'humidité relative présente une diminution brutale due à l'existence d'un vent sec, désigné l'harmattan. Le graphique suivant rassemble le moyen de précipitations et les températures chaque mois, durant un an à Nikki.



**Figure 6.** Historique des précipitations et températures à Nikki. (Source: Climate data<sup>5</sup>)

En général, la hauteur d'eau enregistrée annuellement varie entre 1100 mm et 1300 mm, et les températures oscillent entre 20 et 30 degrés.

Concitant aux ressources, le réseau hydrographique de Nikki fait partie du bassin principal du fleuve Ouémé avec son affluent Okpara, prenant sa source à Daroukpara, dans la commune de Nikki. Les ressources hydriques naturelles sont complétées par :

L'existence de cours d'eau saisonniers qui tarissent pendant la saison sèche : Tassiné (à Gnonkourakali), Oly et Sora (dans l'arrondissement de Nikki centre).

L'existence des barrages d'eau, entre eux : Sakabansi, Gbabire et Gnanhoun.

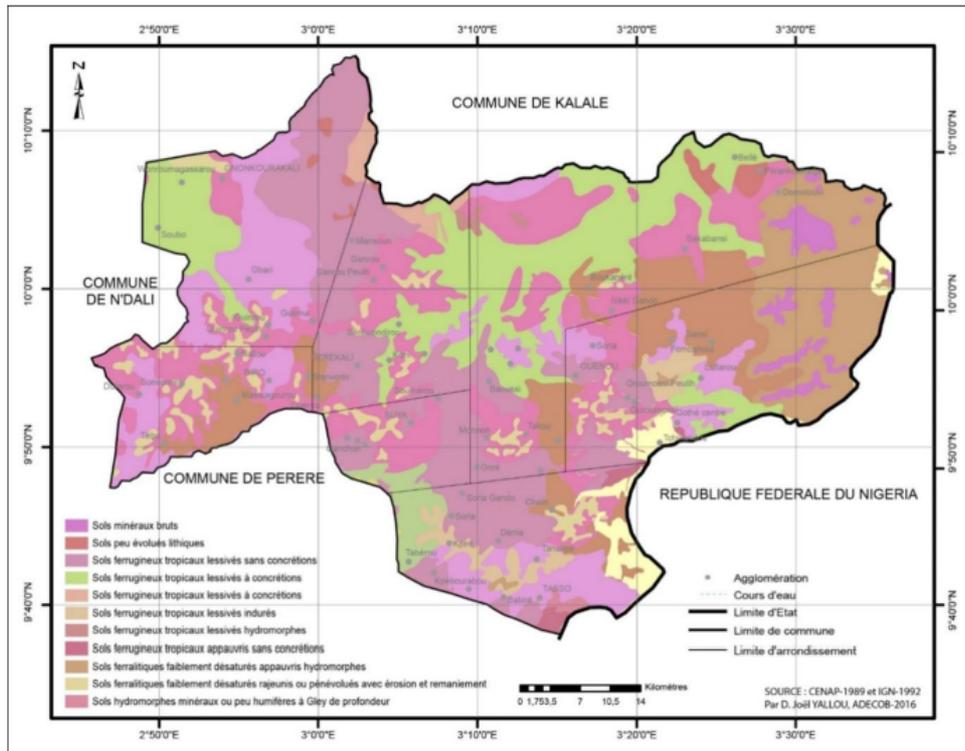
<sup>5</sup> Climate data <https://en.climate-data.org/location/765513/>



L'existence des retenues d'eau, entre eux : Gnonkourakali, Ganrou, Boucanère, Sansi, Fombawi, Ouéno, Ouroumon, Tontarou, Gbari et Biro<sup>6</sup>

D'autre part, l'existence de sources temporelles d'eau est possible grâce à la filtration de l'eau de pluie, pénétrant dans un terrain et émergeant dans une aire de plus basse altitude. Sa présence est généralement liée aux niveaux d'imperméabilité dans le sous-sol, comme les couches de granite. Ces niveaux, empêchent l'eau de se filtrer, en l'obligeant à émerger à la surface du terrain.

À Nikki, les sols sont relativement profonds, de 1 à 4 mètres de profondeur. Il y a cinq types de sols différents, qui sont représentés dans le graphique suivant.



**Figure 7.** Types de sols à Nikki. Source: DPC Nikki

Le type de sol est conséquence des formations sédimentaires récentes. Entre eux, les sols ferrugineux tropicaux sont soulignés par sa bonne porosité et perméabilité.

## TECHNOLOGIES ADAPTEES

L'existence des technologies adaptées pour l'approvisionnement de l'eau dans les pays dépourvus des systèmes de tuyauterie d'alimentation hydrique, en particulière à la commune de Nikki, est fondamentale afin que la population puisse avoir son droit de l'homme d'accès à l'eau potable. Ces technologies dépendent des facteurs sociaux, économiques, politiques et hydriques du pays concerné.

<sup>6</sup> Plan du Développement Communal 2016-2020, Mairie de Nikki



Le concept de base est le développement des technologies simples, économiques et faciles à mettre en œuvre, qui puissent être utilisées et construites par les habitants locaux, même s'ils n'ont pas de formation technique. De plus, l'accent est mis sur la capacité d'apporter une solution durable, qui ne génère pas de dépendance à l'égard d'autre pays. La facilité d'entretien est également un facteur clé en ce qui concerne ces technologies, puisqu'il a été constaté que le principal problème dans les systèmes d'approvisionnement en eau mis en œuvre par les ONG est précisément la détérioration causée par le manque de maintenance.

Les mesures possibles pour aborder cette problématique sont diverses et comprennent parmi autres le forage manuel de puits, l'installation de pompes, de citernes, la création de systèmes de captation de l'eau de pluie et l'installation de latrines. Dans ce cadre, les technologies EMAS offrent une solution, en se focalisant sur la fabrication de quatre technologies d'approvisionnement de l'eau et d'hygiène :

### **La fabrication des citernes EMAS**

Les citernes sont des moyens de stockage d'eau, soit de surface, soit sous-terrain. Elles permettent de fournir l'eau à chaque famille, d'entre 8 – 15 membres. Les technologies EMAS proposent une méthode de fabrication plus économique et simple que celui utilisé jusqu'à présent.

### **La création des puits EMAS**

Les premiers puits ont été développés pour l'utilisation particulière. Les technologies EMAS proposent plusieurs méthodes de perforation manuelle, la plus connue, «la méthode Standard EMAS », permettant de creuser jusqu'à profondeurs de 100 m, à travers le sable, l'argile et de minces couches de roches tendres. A une vitesse de 20 – 30 mètres par jour<sup>7</sup>.

### **La fabrication des pompes EMAS**

Les pompes manuelles EMAS sont utilisées pour élever l'eau procédant du sous-sol. Elles sont également connues sous le nom de Flexi-Pump. Elles ont été initialement développées dans les années 1980 par Wolfgang Buchner. À ce jour, elles ont été notamment implantées en Bolivie, dans des autres régions d'Amérique et, à petite échelle, en plusieurs pays en Afrique sub-saharienne, entre eux, Sierra Leone.<sup>8</sup>

### **L'implantation des latrines EMAS**

L'objectif est de permettre à l'utilisateur d'être en mesure de maîtriser ces systèmes, de les maintenir et de les reproduire. Les matériaux utilisés pour la fabrication sont surtout locaux ou, sinon, économiques à acheter. Il y a besoin, par conséquent, d'une méthode de formation pratique, centré sur leurs principaux enjeux et qui soit suffisamment simple pour être assimilé et appliqué par des gens de tous âges, ayant ou non un manque de formation.

## **L'accès à l'eau potable et systèmes d'approvisionnement d'eau**

### **Description générale**

L'approvisionnement est une mission difficile pour des communautés sub-sahariennes. Parmi les principaux défis à relever, on peut citer les suivants :

---

<sup>7</sup> LOW-COST HOUSEHOLD GROUNDWATER SUPPLY SYSTEMS : PITCHER PUMP SYSTEMS AND EMAS TECHNOLOGIES)

<sup>8</sup> Idem



- a. Une demande croissante : La caractéristique fondamentale des communautés et sociétés est la croissance démographique, très élevée en Afrique : « *Le rapport indique qu'en 2060, le continent africain comptera environ 2,8 milliards d'habitants sur une population mondiale de 10 milliards d'individus* »<sup>9</sup>
- b. Une capacité d'approvisionnement insuffisante : L'Afrique est le continent où il y a eu plus d'investissement extérieur et transfert de fonds mais le continent avec le plus bas taux d'accès à l'eau potable.
- c. Un taux de service très bas : Les institutions qui donnent de services sont très peu nombreux.
- d. Des difficultés de captage des eaux souterraines (en particulier dans les zones à sol granitique) : Les technologies de perforation sont très chères dans le cas de perforation des forages. C'est une des solutions les plus communes et une des seules systèmes de captation/extraction d'eau pour des solutions décentralisées.
- e. Des disparités économiques entre les zones urbaines et rurales : Le pouvoir d'achat des noyaux urbains et le tissu social les permettent d'avoir des solutions plus complexes et performantes.
- h. L'absence d'un secteur de collecte et de traitement de l'eau : Une solution alternative à l'extraction d'eau des nappes phréatiques est la collecte d'eau. Néanmoins il n'est pas assez développé.

Comme exposé dans l'introduction, le problème et défis qui font face les sociétés n'est que l'accès à la technologie mais la suivi de la technologie. Le manque de gouvernance efficace amène à la plus part des investissements et installations des technologies en échec.

Pour réaliser une analyse des différentes alternatives et solutions, comparer ses performances et caractéristiques on va à procéder à une étude de chacun des alternatives demandés par OAN International comme déjà existante ou possible à implémenter :

## **Introduction aux systèmes d'approvisionnement d'eau**

Avant l'étude des propositions à implanter, il faut déterminer les facteurs qui empêchent ou encombrent l'approvisionnement d'eau propre. Tout d'abord, l'eau de pluie collectée, soit directement ou soit grâce à l'extraction d'eau souterraine, peut contenir des minéraux ou microorganismes dangereux pour l'être humain. Dans la figure suivante, des possibles sources de contamination des eaux souterraines sont recueillies :

---

<sup>9</sup> Explosion démographique en Afrique : Moteur du décollage économique de la région, Banque Mondiale, communiqué de presse, 22 octobre 2015

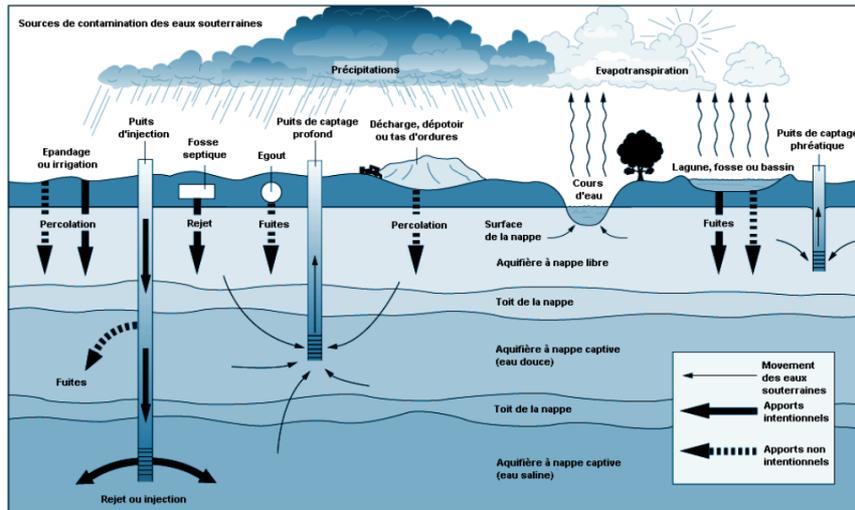


Figure 8. Encyclopédie de sécurité et de santé au travail. Source : <http://www.ilocis.org/fr/documents/ilo055.htm>

**Approvisionnement direct : les sources naturelles et eaux de surface**

La disponibilité de l’eau dans les sources naturelles dépend directement des eaux de pluie et se trouve dans des formes comme rivières, lacs ou marigots. Les sources de contamination de ces eaux sont multiples, soit par la présence des matières fécales, soit à cause des pesticides, des herbicides et des déchets, soit par la libre utilisation de ces eaux par des animaux. Par conséquent, le fait qu’ils soient utilisés pour le consume humaine a des conséquences néfastes pour la santé et ils sont le dernier recours vers lequel tourner. L’installation de systèmes de filtration, potabilisation et canalisation de ces eaux sont nécessaires afin de les pouvoir considérer aptes pour le consume, ce qui implique un investissement important, de la part du gouvernement ou d’ONG.

Un système de prise d’eau d’un réservoir naturel peut s’apprécier dans la figure suivante. Il s’agit d’une captation pour plusieurs familles. La prise doit être dans la partie la plus profonde du lac, mais il faut qu’il y aille au minimum 20 cm entre le sol et la prise, afin d’éviter les sédiments accumulés au fond.

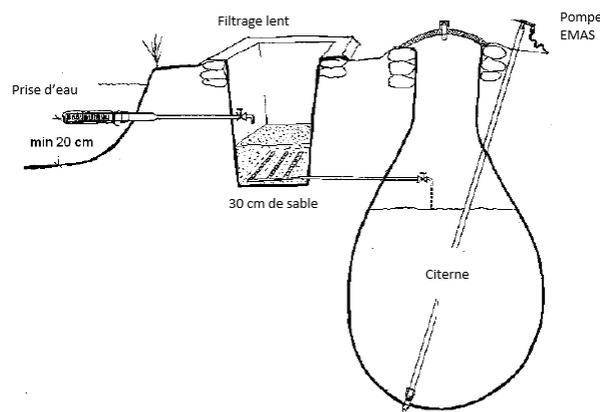


Figure 9. Système d'approvisionnement d'eau à partir des sources naturelles. Source : Eau pour tous<sup>10</sup>

• <sup>10</sup> W. Buchner, *Eau pour Tous* – 6 édition 2007



La figure montre un système d'approvisionnement d'eau provenant des sources naturelles pour dix familles. En fonction de la situation familiale, le système de désinfection dans la citerne peut être floculation, sédimentation ou désinfection par chlore.

La figure suivante montre un exemple de l'eau provenant des sources naturelles recueilli à Sansi, dont il est possible de constater le degré de turbidité.



**Figure 10.** Eau recueillie à Sansi, Nikki. **Source:** Expérience OAN International

## Puits

Un puits est le résultat d'un terrassement vertical sur terre, de plusieurs mètres de profondeur, qui arrivent aux sources du sous-sol. Ils peuvent être mécanisés ou manuels, ce qui permet l'exploitation d'une nappe d'eau ou aquifère. Les puits manuels sont fabriqués grâce à la sueur et le temps des habitants. Il s'agit d'un bien assez précieux par son propriétaire, en raison de l'effort nécessaire à sa fabrication et de la possibilité d'extraction d'eau qui en découle. Par conséquent, la largeur du puits doit être assez importante pour qu'un homme puisse y travailler. La profondeur dépend toujours du niveau de la nappe phréatique et du risque d'éboulement des parois. En général, à Nikki, chaque famille possède son propre puits, dû à son coût modéré et ils ont un volume de 150 litres. Les puits peuvent être ouverts ou couverts. La contamination des eaux est plus immédiate en étant ouvert, puisque la sédimentation de substances ou la présence de microorganismes et animaux est plus probable. Il y a différents façons de le couvrir : soit de manière temporaire, avec un couvercle en acier ou avec un revêtement en bois, fini avec une couche fine du ciment, soit de manière définitive, avec une structure en béton.

La hauteur de la nappe phréatique dépend de l'époque de l'année. Dans la saison sèche, de novembre à mars, les puits restent inutilisables car les eaux descendent jusqu'à plus de 20 mètres. Cependant, pendant les mois de pluies, l'eau extraite est utilisée pour diverses tâches, y compris les activités agricoles et la consommation humaine. Même si ce dernier aspect n'est pas recommandé, l'absence d'un autre point d'accès à l'eau dans les alentours de la maison pousse les habitants à ne pas s'inquiéter du manque de purification de l'eau.

Les principales causes de contamination sont :

- Dans le cas de puits ouverts, l'eau est exposée à l'atmosphère, donc à la contamination par dépôt de poussières, organismes ou déchets, jetés par accident ou intentionnellement. D'ailleurs, des moustiques infectés des maladies contagieuses et d'autres microorganismes peuvent être attirés par les ambiances humides.



- L'extraction d'eau est réalisée grâce aux sacs d'élastomère, procédant des pneumatiques déjà utilisés et brisés. De plus, ils sont manipulés sans aucune précaution par l'utilisateur, déposés sur les sols où il peut y avoir des défécations accumulées. En outre, ces défécations peuvent pénétrer dans le sous-sol. De cette manière-là, si le puits n'est suffisamment profond, elles peuvent arriver à la nappe phréatique.

Même si ces faits nous rassemblent très clairs et évidents, l'habitude et la méconnaissance de la population jouent un rôle fondamental dans cet aspect : l'usage de chlore dans les puits n'est pas complètement courant, même quand la plupart de la population reconnaît savoir qu'il s'agit d'eau de moins qualité que l'eau extrait avec des pompes.

## Pompes et forages

### *Forage manuel technologie EMAS*

Le forage manuel est une méthode économique qui permet d'atteindre des profondeurs allant jusqu'à 100 mètres, à condition que le sol soit fait de matériaux fins et ne contienne pas de pierres. Le diamètre maximum du trou est de 2 pouces et le débit moyen de ces puits EMAS est de 1 litre par seconde, ou autrement dit, 3600 litres par heure. Dans l'annexe on adjointe une explication plus profonde de comment réaliser ces perforations.

Le choix de l'endroit où forer et installer la pompe est un processus qui nécessite une étude préalable approfondie car il a des implications démographiques et sociales importantes. La priorité est souvent accordée aux zones proches des écoles, des centres de santé et d'autres centres sociaux.

Comme déjà mentionné la technologie EMAS est la technologie sélectionnée comme plus pertinent et important pour résoudre les problèmes d'eau de la commune de Nikki. Pour autant, la solution des pompes hydrauliques est accompagnée d'une explication de comment procéder à faire la performance et forage EMAS.

### *Pompes motorisées*

Ces pompes fonctionnent à l'aide des moteurs diesel ou électriques connectés au réseau. Ils constituent une excellente option lorsqu'il s'agit d'accumuler de façon continue de l'eau dans un réservoir en hauteur. L'option motorisée la plus répandue est celle qui dispose d'un système solaire composé de panneaux solaires, de stabilisateurs de courant et de batterie, d'un moteur électrique, d'une pompe et d'un réservoir de hauteur. Bien que ce système soit optimal pour la plus grande partie de l'Afrique de l'Ouest en raison de ses conditions climatiques, son application n'est pas rentable à Nikki puisqu'il s'agit d'une région soumise à une saison humide. Le principal inconvénient est le coût d'investissement et le manque de disponibilité des équipements et des pièces de rechange sur place, ainsi qu'une main-d'œuvre qualifiée pour l'installation, réparation et entretien.

### *Pompes à main<sup>11</sup>*

Les pompes à main constitue la solution la plus utilisée dans l'Afrique il est sans doute la solution la plus durable pour certains contextes socioéconomiques qui n'ont pas accès à la électricité ou des autres ressources qui permettent des solutions de pompes plus complexe. Il minimise les risques de pollution de cette eau et les accidents infantiles qui arrivent dans les cas de puits découverts, et c'est grâce à une pompe actionnée à la main. Il y a deux grands types de pompes aspirantes et renflouent qui diffère en la façon de extraire l'eau (aspiration vs refoulement). La technologie EMAS est une technologie de type refoulant. Cette technologie doit avoir des bonnes pratiques de gestion qu'on a mis en Annexe pour maximiser la durée de vie de la technologie.

---

<sup>11</sup> E35 LES PRINCIPAUX TYPES DE POMPES À MAIN. FICHE GÉNÉRALE. Wikiwater, <https://wikiwater.fr/e35-les-principaux-types-de-pompes>



Les différentes solutions avec leur caractéristiques, coûts et performances permettent différents avantages. Pour pouvoir justifier le choix des pompes EMAS on va à faire un analyse comparative avec la pompe ROPE, l'analyse est expliquer en annexe mais le résultat plus importante est que même si la Rope Pompe montre plus de performances en général la maque de garantie d'eau potable dans la Rope (dû à son caractéristique de technologie de puits ouvert est pas de forage comme l'EMAS), est un problème qui ne peut pas être négligé. À la fin de l'analyse la technologie EMAS nous donne ces avantages et limites :

Avantages	Limites
Très faibles coûts initiaux, d'exploitation, d'entretien et de réparation.	Comparé à d'autres pompes à main, l'effort requis pour faire fonctionner l'EMAS peut être plus grand.
Facilité d'entretien et de réparation par les utilisateurs eux-mêmes, et une excellente chaîne d'approvisionnement.	Lorsqu'elle est installée sur des puits peu profonds ou des citernes sans joints sanitaires, même avec un filtre anti-infiltrations les utilisateurs prennent le risque de consommer de l'eau contaminée.
Pompes assez « profondes » pour atteindre des eaux souterraines de meilleure qualité (30 - 40 mètres).	Il est important d'accompagner la pompe EMAS d'un programme de désinfection au point d'utilisation, tel que le chlore ou la désinfection solaire (SODIS).
Le service est pour les familles individuelles, générant le sens de la propriété et la responsabilité personnelle essentielle à la durabilité.	Il est également important de nettoyer fréquemment les citernes et de désinfecter régulièrement le système, les conduites et le stockage.
Dans le cadre d'une stratégie de forage manuel, l'EMAS peut créer des solutions hygiéniques et fiables à un coût minime et sans subventions externes.	
Recommandé pour les communautés dispersées rurales, le segment de population le plus vulnérable.	

**Figure 11** : Tableau comparative des avantages de la technologie EMAS (Source : Réalisation propre)

## Systèmes de captation d'eaux de pluies

La captation des eaux de pluies constitue une méthode d'approvisionnement d'eau valable dans régions où les précipitations sont bien distribuées au cours de l'année. Dans les régions de pluviométrie stationnaire, ce système constitue plutôt une alternative et complémentaire aux sources du sous-sol. Les eaux sont notamment recueillies grâce aux systèmes de canalisation, commençant dans les toits des hébergements. L'image suivante rassemble un exemple du système utilisé à Nikki.



Dans l'annexe on a développé plus le système de citerne EMAS pour

**Figure 11.** Exemple de captation des eaux de pluies à Nikki. Source: OAN International



Donner des outils à ceux qui veulent développer ce système. En plus, les caractéristiques qui le font meilleur face à des autres technologies plus robuste des systèmes de stockage d'eau de pluie avec une petite analyse comparative est exposé aussi en Annexe.

## Potabilisation

Consommer de l'eau ne présentant pas de risque sanitaire pour l'homme constitue un besoin vital dans tous les pays. Ordinairement, elle est désignée comme eau potable. Il faut faire la différence entre « eau potable », qui est décrite par l'OMS, en indiquant les quantités maximum de chaque matériau qu'elle peut contenir, et l'eau inoffensive pour l'être humaine. Parfois, dû à un manque de ressources, les paramètres définis par l'OMS ne peuvent pas être garantis. Néanmoins, la consommation de ces eaux n'implique pas de risque pour la vie humaine. Il y a différentes méthodes de nettoyage de l'eau, incluant surtout le filtrage naturelle, réalisé par la terre : l'eau procédant des pluies pénètre dans la terre et descend jusqu'à elle arrive à une couche imperméable. À ce moment-là, dû à l'accumulation des eaux, un aquifère est formé. Ces eaux ont traversé multiples niveaux de terre, à grain fin, qui ont permis de les filtrer et empêche la formation de germes nuisible pour les hommes.

En conséquence, afin de comparer les différentes solutions de distribution d'eau, nous allons partir de l'hypothèse que l'eau extraite du sous-sol est apte à la consommation humaine. S'elle est comparée avec l'eau accumulée en citerne, l'ambiance humide, les grands volumes d'eau et le temps donnent lieu à la naissance de microorganismes et même à la déposition de macroorganismes au fond. Ces eaux ne sont pas recommandées pour le consomme humaine et son état devient pire au cours du temps. Il faut les nettoyer. Il existe plusieurs méthodes :

- Faire bouillir l'eau pendant plus de dix minutes, ce qui permet d'éliminer les microorganismes que l'eau puisse contenir. Il s'agit d'une méthode lente, et ponctuelle qui devrait être refait chaque fois avant boire.
- Utiliser des mailles pour filtrer l'eau dans les citernes. C'est plus rapide mais aussi moins efficient.
- La solution la plus connue, actuellement utilisée à Nikki, est l'utilisation des comprimés de chlore pour nettoyer l'eau.

En comparant les différentes options pour trouver la solution la plus favorable à l'approvisionnement en eau d'une zone, nous supposons que l'eau est propre à la consommation humaine, soit parce qu'elle vient d'être extraite, soit parce qu'elle a été « purifiée ».



## Pompe EMAS :

### Étude Sociale:

Dans le cadre du projet une étude sociale est menée pour connaître une application de la technologie dans une population africaine. Les résultats sont analysés en Annexe. Nous avons analysé une base des données des pompes installées à Sierre Lionne. Les résultats plus pertinents sont l'utilisation de cette technologie dans le domaine « privée » pour des petites familles et pour des perforations de moins de 10 mètre (pouvant s'utiliser jusqu'à plus de 20 m). De plus on a trouvé que même si c'est une technologie qui souffre des petits problèmes de façon très commune tous les pompes sont fonctionnelles (grâce à un système de gestion implémentées et un centre de formation)

### Étude Technique:

#### *Fonctionnement :*

La pompe EMAS est une pompe à main qu'une personne peut facilement apprendre à construire et à utiliser. Elle est faite de tubes de PVC et/ou de PE. Elle peut se construire avec différents diamètres et pour différentes longueurs en dépendant de son utilisation, quantité de sortie d'eau et disposition. Les pompes EMAS sont polyvalentes. Ils sont installés dans les puits forés avec un diamètre réduit (système EMAS), puits forés à la machine, puits creusé à la main, citernes, micro captages, et des stations de pompage. EMAS a développé ce type de pompe qui est facile à produire, simple dans la construction et de l'entretien ; et surtout, qu'il peut s'installer dans les puits forés avec un diamètre réduit de seulement quelques centimètres.

La pompe standard est composée de deux tubes rigides de PVC ou PE, qui se placent verticalement, l'une à l'intérieur de l'autre. Il y a un tube avec un diamètre supérieur pour former le cylindre, et un autre tube plus petit pour former la bielle et, au même temps, le tube de sortie. A ces deux tubes il y a deux valves connectées respectivement, ce qui permet qu'il y ait une différence de pression et que l'eau s'écoule lorsque le petit tube fait un mouvement de monte et descend répétitive. L'eau s'écoule à travers la poignée en forme de T vers l'extérieur.

#### *Design à CATIA:*

Pour une meilleure étude et compréhension du fonctionnement et de la fabrication de la pompe, on a conçu avec le logiciel de conception CATIA les différentes parties de la pompe. L'objectif de cette conception était de modéliser et de référencer chaque composant de la pompe finale. Le résultat de cette conception nous a aidés à la fabrication de la pompe car grâce à elle, on a pu dimensionner la pompe.

Au début, on a conçu les différentes parties de la pompe individuellement avec leurs différentes tailles pour finalement faire un assemblage commun et pouvoir visualiser le modèle final de la machine à fabriquer. Quelques-uns des exemples des pièces que nous avons réalisées sont les suivants et ainsi on peut avoir un résultat final également montré.

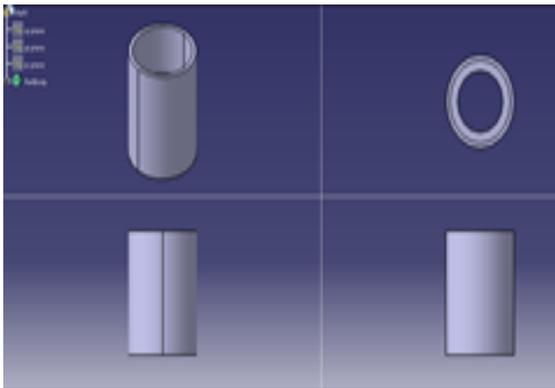


Figure 12 -Elément utilisé pour les réductions

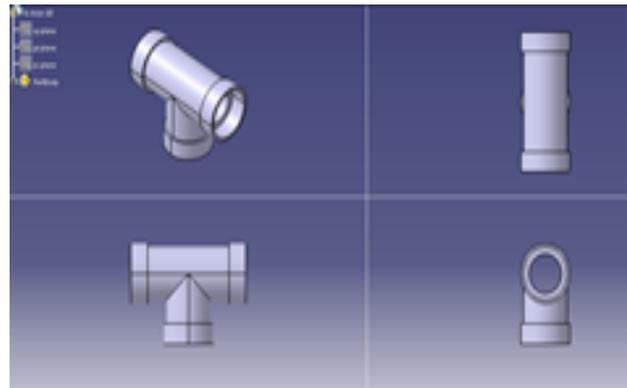


Figure 13-Té

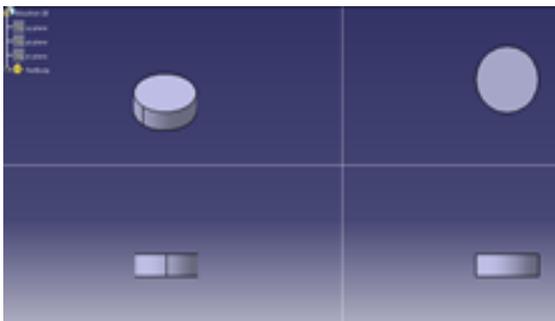


Figure 14 - Bouchon



Figure 15 - Coude



Figure 16 -Pompe entière.



## Tableaux des Matériaux et des Ustensiles:

Dû au fait que la pompe EMAS s'agit d'une pompe artisanale, elle peut être fabriquée et conçue avec différents matériaux. De multiples adaptations peuvent être appliquées en fonction des caractéristiques souhaitées. Les matériaux de fabrication peuvent être choisis en fonction des disponibilités environnementales. Dû au fait que la pompe EMAS a comme but, utiliser les matières primes de chaque région pour pouvoir développer la pompe, différents prototypes de pompe ont été développés en fonction des disponibilités. Néanmoins, toutes les pompes suivent un patron de fabrication. Le choix des matériaux de fabrication varie en fonction du type de pompe qu'on va fabriquer. Pour sélectionner les différents matériaux, il faut prendre en considération différents aspects.

D'abord, on doit choisir la taille de la pompe. Cette décision va dépendre de la région où on se trouve. C'est-à-dire, la taille de la pompe va dépendre du type de sol, la technique de perforation et surtout, du débit cherché. Mais, toutes ces décisions doivent respecter les normes établies par l'OMS (organisation mondial de la santé). À continuation on présente un exemple de table avec les différents matériaux pour développer une pompe de 20mm de diamètre et 10 m de profondeur.

Etude des matériaux utilisés pour la pompe 10m - 20mm								
Élément	Matériau	Quantité	Partie de la pompe	Dimensions (mm)				Prix(€)
				Diamètre nominal	Diamètre extérieur	Largeur	Pression	
Tube 20	PVC	1	Connexion té avec valve	20	26.7	9500	PN 16	4
Tube 32	PVC	1	Superposé au tube de 20	32	42.2	7500	PN 10	6,4
Femelle adaptateur	PVC	1	Connexion PVC avec l'acier	20	26.7	-	-	0.5
Colle PVC	-	1	Coller les tubes de PVC	-	-	-	-	4
Tube 20	Acier	1	à diviser en 3 (900, 150,150) pour les connecter au té	20	26.7	1200	-	4
Té 20	Acier	1	Connecté avec tubes de 20	20	26.7	-	-	0,4
Bouchon 20	Acier	1	Connecté au tube 150	20	26.7	-	-	0,4
Coude 20	Acier	1	Connecté au tube de 150 et tube de sortie	20	26.7	-	-	0,4
Tube de sortie	Plastic	1	Connecté au coude	20	-	variable	-	
Bille	Verre	2	Situés à la caméra de chaque valve	18	-	-	-	0,2
Roue de voiture réutilisée	Caoutchouc	2	Valve	-	-	-	-	-



Quant aux outils utilisés, comme nous l'avons déjà mentionné, ceux-ci peuvent varier en fonction de la disponibilité des ressources. Néanmoins, de façon générale, les outils les plus utilisés sont les suivants :

- Marteau.
- Scie.
- Clou (pour faire le trou de la valve).
- Colle.
- Seau avec de l'eau.
- Couteau pour enlever les impuretés des tubes.
- Flamme pour chauffer les tubes.
- Lime



**Figure 17** – Ustensiles de fabrication (Source : « Eau pour tous »)

## Manuels :

### *Manuel de fabrication de la pompe EMAS :*

La gamme des technologies EMAS visent à couvrir 4 points : La perforation manuelle des forages, la pompe, les citernes et les latrines. L'objectif du projet est de donner une solution intégrale aux besoins à partir de l'utilisation de ces technologies (et dans certain cas des solutions substitutives). Notre ambition est d'améliorer la technologie et surtout la technologie de pompage. Ainsi, dans le cadre de l'étude technique, on va analyser les différents fonctionnements des pompes et leurs limitations dans différents cas d'implémentation (et reconnaître si les valeurs de l'OMS sont respectées). L'objectif de ce manuel est de mettre en place les différents outils pour pouvoir fabriquer la pompe de technologie EMAS. Pour cela, dans ce manuel, une séquence d'étapes de construction sera expliquée ainsi que les différents outils de fabrication pour pouvoir simplifier la fabrication de la pompe. D'autre part, une présentation du budget du projet pour pouvoir fabriquer la pompe sera présentée.

D'autre part, le but du manuel est d'apprendre à une personne qui n'a jamais fabriqué la pompe EMAS comment la construire et de montrer les points les plus compliqués à prendre en compte. Il veut aussi donner une idée à la personne qui veut construire la pompe de quels matériaux ils auront besoin, combien ils coûteront, à quoi devraient ressembler les pièces finales. Dans le manuel, nous incluons des photos de la conception des différentes pièces réalisées avec un logiciel graphique appelé CATIA, des photos de la façon dont les pièces ressemblent à la réalité et des photos de l'aspect de la pompe finale. Le manuel est conçu comme une brochure à suivre avec différentes étapes pour la réalisation de chaque pièce et pour l'union finale. La totalité du manuel vous pouvez le trouvé au annexe.

### *Manuel de réparation de la pompe EMAS :*

La pompe EMAS est une pompe de fabrication artisanale et, par conséquent, c'est une pompe qui doit être constamment surveillée pendant la période d'utilisation afin d'éviter des ruptures. Le but de ce manuel est



d'expliquer les différents points qui doivent être revus pour assurer une durée de vie plus longue. De même, les différentes formes de réparation seront exposées pour faciliter leur réparation.

L'objectif de ce projet d'étude étant la durabilité et la garantie d'un développement durable par l'application d'une technologie spécifique, il est nécessaire de pouvoir former les futurs réparateurs de pompes. Étant donné que le niveau d'éducation de la grande majorité de la population est très bas (une grande partie de la population est analphabète), ce manuel tente d'expliquer les erreurs les plus fréquentes d'une manière simple et détaillée afin qu'il puisse être compris par tous, quel que soit leur niveau d'éducation. En plus de ce manuel, différentes animations seront mises sur le site web développé pour illustrer les réparations et l'utilisation correcte de la pompe par le biais de vidéos. Ce manuel, d'autre part, pourra être changé dans une future si l'on découvre des défauts qui pourraient aider à améliorer les performances. Aussi, ce manuel sera utilisé par notre commanditaire pour effectuer les différents cours de formation à Nikki afin de former un réseau de réparateurs internes pour qu'à l'avenir vous n'ayez pas besoin de l'aide de l'organisation OAN Int. La totalité du manuel vous pouvez le trouver au annexe.

## Pompe Fabriquée :

A partir des techniques étudiées pour la réalisation de la pompe EMAS, on a essayé de fabriquer nous-mêmes une pompe avec des tubes en PVC. L'objectif a été de fabriquer une petite pompe pour vérifier qu'elle fonctionne correctement et si les techniques pour sa fabrication sont faciles et simples pour qui veut la fabriquer soit capable. Chacune des étapes à suivre pour la fabrication de la pompe EMAS est indiquée dans le manuel de fabrication. Comme pour le manuel de réparation, la fabrication de la pompe EMAS est expliquée afin que chacun puisse la fabriquer avec les différents matériaux indiqués dans le tableau ci-dessus. Il convient également de noter que la fabrication peut varier en fonction des ressources disponibles. Il est recommandé de pratiquer afin d'améliorer peu à peu la technique de conception de la pompe. Dans notre cas, nous avons dû faire deux échantillons pour finalement concevoir la pompe comme telle. De plus, il convient de noter que l'une des étapes les plus importantes qui peuvent ne pas être prises en compte est d'essayer de tirer le meilleur parti des ouvertures symétriques des tubes lors de la réduction des tubes concernés. Sinon, les asymétries provoquent des pertes de pression et augmentent le risque de rupture de la pompe.



**Figure 18** -Différentes parties de la pompe (**Source** : Elaboration propre)



## Cartographie Dynamique

### Intro

Le projet vise à proposer à l'organisation OAN International une proposition d'application pour résoudre les problèmes d'eau des villages de la commune de Nikki. L'objectif final du projet est la réalisation d'une application capable de générer une solution adaptée à chaque population, cependant, après l'analyse initiale des données, le cahier de charge qui nous est transmis est l'analyse et la proposition d'application de 10 populations. En raison du manque de données, le projet est réalisé de manière théorique avec l'hypothèse d'accès à toutes les informations que nous avons analysées comme pertinentes pour les algorithmes de caractérisation et de sélection. D'autre part, le projet propose de manière pratique dans ces villages sélectionnés une description des solutions. Cette phase du projet s'articule autour de 4 axes principaux :

1. Contextualisation du procès de la collecte d'eau à la Commune de Nikki : Le procès de collecte d'eau va nous mettre en lieu les endroits et moments clés qui vont caractériser les besoins d'eau.
2. L'étude des besoins en eau de la population : L'étude est réalisée autour des indicateurs de « The Sphere Project » et de l'OMS, avec un algorithme de quantification simple.
3. La proposition d'application : La proposition d'application prend en compte d'autres données qui caractérisent les villages en étude pour modifier la pondération de la matrice de sélection avec un second algorithme pour générer une solution aux besoins hydrauliques de la population.
4. La présentation des solutions sous forme d'application web et de cartographie dynamique.

### Contexte de l'eau de Nikki

Comme déjà mentionné, Nikki est une commune de 7 arrondissements, avec plusieurs groupes ethniques et populations, avec plus de 70 localités. Dans chacun d'eux, les besoins et les usages de l'eau sont différents ; en tout état de cause, notre étude tentera d'homogénéiser les caractéristiques de la population à travers des indicateurs qui cherchent à faciliter l'étude informatisée et statistique des besoins de la population.

Avant de démarrer l'étude des besoins l'objectif est de contextualiser un peu autour de l'extraction et collecte d'eau, d'abord par la description des noyaux familiaux

### *Description des noyaux familiaux*

Les noyaux familiaux de la population de Nikki se sont établis autour de ménages, où ils vivent avec la structure familiale (c'est-à-dire plusieurs lignes de génération installées au même endroit). Dans ces maisons, plusieurs maisons de différents sous-groupes familiaux se mettent autour d'une cour centrale. Cependant, malgré le fait qu'il y a plusieurs générations (grand-père, père, fils...), il n'y a généralement qu'un ou deux hommes, qui dans la culture locale, semblent être compris comme le ou les mâles dominants du lieu. Le reste de la famille est habituellement les femmes ou les parents de ces patriarches familiaux.

Ceci est fondamental pour l'étude sur l'eau puisque, le processus de collecte d'eau est déterminé par cette hiérarchisation/structuration de la famille. Ces surtout les filles et les enfants de la famille qui vont chercher l'eau. Est-ce que les systèmes d'approvisionnement d'eau sont adaptés pour cette réalité ? Plusieurs fois on trouve deux petites enfants à même temps qui actionnent le mécanisme d'extraction des pompes Vergnet ou Indian Mark.

### *Processus de collecte de l'eau*

Ce processus est généralement similaire dans les différentes technologies d'approvisionnement en eau (sauf pour ceux dessiner pour l'utilisation publique et ceux d'usage privées), car il s'agit le plus souvent de réseaux décentralisés et, surtout, de technologies d'exploitation des aquifères souterrains. L'intérêt d'étudier ce processus est d'analyser plus en profondeur les besoins de la population à chaque étape du processus :



**Avant la collecte de la source d'eau :** D'où on met en question la fiabilité de la disponibilité d'eau. Les aquifères de certains villages de Nikki s'assèchent entre Novembre et Mars en raison de la saisonnalité des pluies. Dans certains cas, l'accès à l'eau et la disponibilité des sources d'eau est déterminé préalablement par la disponibilité de l'eau de l'aquifère. Dans la saison sèche la nappe phréatique descend considérablement dans certains endroits pour laisser sans eau au puits moins profond.

**Collecte de l'eau :** Avant la collecte de l'utilisateur, il y a plusieurs points à noter concernant la technologie :

L'installation de la technologie : Ce processus est effectué par le conseil municipal de Nikki, qui est responsable du service de l'eau du Borgou. Il reçoit des fonds de divers donateurs, tant à l'échelle internationale que par l'intermédiaire de programmes gouvernementaux. Dans le cas de la distribution et de la sélection des villages où se trouvent les installations, il existe une liste de villages prioritaires qui dépendent des indicateurs de l'OMS. Cependant, historiquement, il a dépendu de l'existence d'un comité de l'eau pour signer la demande de pompe, qui a produit dans certains cas des endroits avec plus de pompes et d'autres avec moins de **FIGURE X**.

Gestion de la technologie :

1. Pompes manuelles : Il y a plusieurs organismes historiques qui ont géré l'eau, d'une part un système libre, dans lequel le chef de village appelle à la solidarité de la population en cas de bris et cite le montant approprié pour payer la réparation, un système de gestion par le biais d'un comité de l'eau, dans lequel il y a un trésorier, président, secrétaire et collecteur de taxe sur le comité pour assurer cette gestion ; et enfin un système avec délégué à travers lequel le devis est centralisé entre toutes les pompes et passe sur un compte du conseil municipal.

2. Puits ouverts : Pas de gestion du tout.

3. Autres systèmes : les AEV sont gérées par d'autres entreprises locales, et les systèmes moins rudimentaires "n'ont pas besoin" de gestion.

Les utilisateurs accèdent à ces endroits, selon le nombre de points d'eau, les temps d'attente peuvent être plus longs ou non. Plus précisément, dans la plupart des villes, il existe deux types de systèmes : les puits ouverts et les pompes manuelles. En raison de ce système de cotation et des longues files d'attente, la distance à la source, dans beaucoup de ces villages l'option prioritaire est d'accéder à la pompe hydraulique (information obtenue après l'enquête OAN2015). Pourtant, la plupart des gens savent que l'eau de puits n'est pas potable. Pourtant, ils le boivent encore.

**3. Stockage et utilisation :** A ce stade, l'eau utilisée peut être contaminée en raison d'un mauvais stockage. L'eau, qui doit être stockée (en raison de la distance aux points d'accès), est souvent stockée dans des barils de 100 litres, des récipients de 25 à 30 litres et laissée pour la nuit (par ex. pour le dîner).

## Analyse des besoins

L'information accessible au projet est surtout liée à l'approvisionnement en eau et au nombre de sources d'eau accessibles à chaque village. Nous savons, cependant, qu'il existe les problèmes généralisés suivants au sein de la population:

**1. Séchage des aquifères :** Dans le rapport OAN2015, plusieurs populations nous disent que plusieurs puits ouverts sont en train d'être asséchés. Ceci est dû à la profondeur de forage. Dans le cas des pompes à main, les aquifères les plus profonds assurent qu'ils se trouvent sous la nappe phréatique en période de sécheresse<sup>12</sup>.

**2. Manque de sources d'eau potable :** Le projet suppose que les puits ouverts sont des sources d'eau non potable. L'accès à l'eau peut être suffisant dans certains villages, mais le manque de pompes à eau signifie que

---

<sup>12</sup> Ressources naturelles et environnement pour l'alimentation et l'agriculture en Afrique, FAO 1986



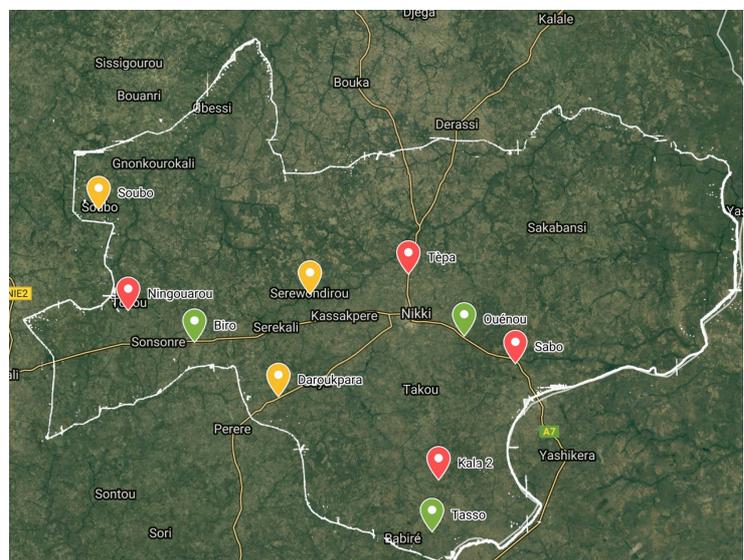
"l'eau potable" est rare. Dans tous les cas, l'eau des puits ouverts peut être rendue potable, cependant, dans ces populations, l'accès aux méthodes de traitement de l'eau potable (eau de javel, comprimés de chlore, etc.) et les pratiques historico-culturelles/la situation socio-économique, ou les coûts, en font une solution peu pratique. Le traitement de l'eau potable par des méthodes chimiques est intéressant dans le cas des systèmes d'approvisionnement centralisés. L'étude du projet se concentrera spécifiquement sur l'approvisionnement en eau potable de la population. Filtration hypothétique à travers les roches poreuses comme filtration qui rend l'eau potable. La majorité des études de purification de l'eau réalisées ont donné des résultats positifs et potables pour l'eau analysée dans le cas des pompes manuelles avec perforation. A quelques exceptions près, principalement en raison de facteurs physico-chimiques.

**3. Stockage inadéquat :** Le stockage inadéquat est l'un des problèmes les plus préoccupants, étant donné que les systèmes actuels sont des barils de 50 à 100 litres qui stagnent l'eau. Il y a un changement régulier d'eau mais il reste toujours de l'eau permanente dans le fût, ce qui favorise la formation et la prolifération de parasites et de bactéries. Cependant, dans le cas des bassins de 25 litres, il y a un changement régulier de l'eau. En tout état de cause, la solution serait de nettoyer régulièrement les conteneurs et de sensibiliser et d'éduquer la population, ce qui est actuellement inexistant.

## Sélection de 10 villages

Tout au long de l'étude, 10 villages de caractéristiques différentes ont été identifiés. Comme il ne s'agit pas d'une étude quantitative mais qualitative, la sélection des 10 villages n'a pas été randomisée, mais ils ont été choisis stratégiquement pour appartenir à 3 segments différents :

1. Villages « capitales » d'arrondissements (plus de 2 pompes) : Tasso, Biro et Ouenou.
2. Villages avec quelques pompes : Soubo, Daroukpara et Séréwondirou
3. Villages sans pompe : Tèpa, Sabo, Kala et Ningouarou



**Figure 19:** Localisation des 10 villages étudiés. (Source : Elaboration propre)

## Analyse des besoins et étude des sources d'eau.

Pour analyser la situation de la population de Nikki, nous utiliserons la méthodologie suivante :

1. Caractéristiques d'un accès à l'eau : Tout d'abord, une analyse sera faite de la déclaration des Nations Unies de 2010 sur les caractéristiques et les variables que l'ONU a considérées comme un droit fondamental.
2. Identification des variables : Après l'étude conceptuelle, les variables et indicateurs à prendre en compte dans l'étude des besoins seront identifiés.
3. Etude des sources d'eau de Nikki : l'hydrologie de Nikki sera étudiée en fonction de
4. Pondération et évaluation : Sur la base de ces variables extraites, l'évaluation des villages de la population de Nikki sera effectuée. Quoi qu'il en soit, l'organisation ne dispose pas de toutes les variables identifiées.



## *Caractéristiques de l'accès à l'eau et identification des variables*

Selon le rapport de l'Observation General No 15, et les Directives " le droit à l'eau est le droit de chacun d'avoir accès à de l'eau salubre, acceptable, accessible et abordable pour son usage personnel et domestique ".

Le contenu et la portée de ce droit peuvent être spécifiés à partir des éléments suivants ou caractéristiques (minime exigence pour avoir le droit) :

### *Disponibilité :*

Un approvisionnement en eau suffisant et continu pour l'usage personnel, et domestique (consommation, assainissement, lavage, alimentation et hygiène). La quantité quotidienne considérée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) est de 20 litres par personne par jour, mais s'il y a des ressources disponibles le gouvernement doit assurer environ 100 litres par personne et jour. Cette quantité comprend l'eau nécessaire à la consommation humaine, l'assainissement, l'hygiène personnelle et domestique, la lessive, la préparation de nourriture et l'eau nécessaire pour garantir d'autres droits tels qu'alimentation, la santé, etc.

### *Indicateurs vérifiables et objectifs (OVI) - Variables à prendre en compte :*

L'offre est disponible : 1. Disponibilité de l'eau en fonction du nombre de sources d'eau : L'un des moyens de considérer que la population a un accès adéquat est le nombre de pompes à la disposition de la population. En considérant un débit constant de plus de 17L/min, et un accès pour 8h/jour, la quantité disponible serait de 8160L, ce qui correspond à environ 410 personnes de 20L d'approvisionnement. Cependant, la valeur limite sélectionnée sera de 500 personnes par pompe. S'il y a plus de 500 personnes par pompe, le village n'est pas approvisionné en ressources en eau suffisantes pour assurer une disponibilité adéquate de l'eau.

2. Approvisionnement en eau continu : Une fois que le nombre adéquat de sources est garanti, nous devons analyser si l'approvisionnement est continu et a le bon fonctionnement. Dans de nombreux cas, les pompes ont souvent des dysfonctionnements dus à un entretien inadéquat de la pompe. Par conséquent, il est très important de surveiller chaque infrastructure et du comité de l'eau ou le gestionnaire associé à la pompe.

La demande est suffisante : La bonne quantité d'eau par personne et par jour : Dans ce cas, si la population consomme la quantité recommandée par l'OMS, nous supposons qu'elle dispose d'un approvisionnement adéquat. Étant donné qu'il s'agit d'une caractéristique de la population et non de la source, la seule façon d'évaluer si la population reçoit réellement ce montant serait d'effectuer une étude de population au moyen d'enquêtes. Ces enquêtes ont été menées en 2015 dans seulement 6/10 villages sélectionnés.

Un autre indicateur de disponibilité adéquate est le temps d'attente à la source d'eau. Si le temps d'attente est long, cela signifie que le village, ou la famille, n'a pas accès à l'eau potable. Cette variable a été difficile à mesurer, car elle ne peut être obtenue à partir d'une enquête de population, car les habitants des villages ne connaissent pas suffisamment la signification des termes "minutes" et "secondes". Cependant, nous connaissons des endroits où les familles se lèvent très tôt pour avoir une disponibilité adéquate. Il s'agit d'un indicateur qualitatif.

### *Accessibilité physique*

Les services et installations d'eau et d'assainissement doivent être situés dans chacune des zones suivantes À la maison, institution d'éducation et santé, sur le lieu de travail, ou proche de votre adresse immédiate. De plus, la distance appropriée entre la source d'eau et le lieu de consommation, l'accessibilité implique aussi la garantie de la sécurité et donc l'illumination correcte. Dans le cas des villages de Nikki (à l'exception de quelques capitales), aucun d'entre eux n'a accès à l'électricité, de sorte que les points d'eau n'ont pas la "garantie de sécurité physique".



## *Indicateurs vérifiables et objectifs (OVI) - Variables à prendre en compte :*

**Distance à la source d'eau** : Dans ce cas, la mesure proposée par l'OMS est inférieure à 1 km de la source et le temps de trajet pour la collecte ne doit pas dépasser 30 minutes (aller-retour)<sup>13</sup>. La raison de cette distance est que plus la distance n'est grande, moins la population est invitée à se déplacer vers la pompe à eau.

Bien que l'étude de 2015 ait posé des questions sur le temps de déplacement, il est probable qu'il soit inadéquat parce que la population locale ne connaît pas les termes de « l'heure » des pays développés. Ainsi, dans l'étude de chaque ville a été faite avec Google Maps mesurant la distance à la source.

## Qualité :

L'eau doit être potable, exempte de substances dangereuses qui peuvent constituer une menace pour la santé humaine et dont l'odeur, la couleur et le goût sont acceptables. A cet égard, l'OMS établit un certain standard basic de ce qu'il considère l'eau potable, bien que la législation de chaque pays puisse devenir plus restrictive. Dans le cas du Bénin la loi peut être trouvée dans la Loi No2001-094.<sup>14</sup> Dans notre cas, l'étude de potabilité ne sera pas faite. L'hypothèse de travail est que l'accès à l'eau par des pompes hydrauliques manuelles est principalement potable.

## Accessibilité économique (ou abordable)

Il s'agit d'assurer l'accès sans compromettre la capacité des gens à acheter d'autres biens et services essentiels (alimentation, logement, santé, éducation). Le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) suggère que le coût de l'eau ne devrait pas dépasser 3 % du revenu du ménage.

Le montant actuel du devis Nikki est de 25CFA par bassin de 25L. C'est à dire que pour une famille de 7 personnes le coût mensuel (en considérant une consommation de 20L) est d'environ 4200CFA. Environ 6,4 % du salaire mensuel actuel d'une personne. Il serait donc approprié dans le cas que les deux parents de la famille travaillent.

## *Etude des sources d'eau dans la population.*

Afin d'effectuer l'analyse correcte des besoins en eau de la population, les principales sources d'eau potable de Nikki sont analysées. Les données disponibles sont les suivantes :

-Base de données en 2009 : Dans laquelle les pompes décrites ont déterminé l'emplacement (avec les coordonnées et le nom du village) et indiquent l'état de la pompe et le domaine d'installation. 157 emplacements avec pompe. 207 pompes

-Base de données en 2016 : Dans laquelle nous avons localisé les bombes mais pas par coordonnées. De plus, nous connaissons la marque de la pompe et l'état de la pompe. 233 (76 autres) emplacements avec pompe. 353 (146 de plus) pompes.

La explication des comparaisons entre basse des donnés peut se trouvé en Annexe.

## Exploitation des données 2009 et 2016

L'élément clé des données de 2009 est la géolocalisation des pompes. Grâce à cela, nous avons réussi à créer une carte dynamique avec les bombes de la population.

---

<sup>13</sup> J. Bartram et G. Howard, "Domestic water quantity, service level and health : what should be the goal for water and health sectors", OMS, 2003. [http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/WHO\\_SDE\\_WSH\\_WSH\\_03.02.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/WHO_SDE_WSH_WSH_03.02.pdf) (dernière visite le 2 mai 2011).

<sup>14</sup> Décret Loi No2001/094 – Gouvernement de Bénin <http://www.soneb.com/soneb2/pdf/17-juridique/decret-n2001-094-normes-de-qualite-de-l-eau-potable.pdf>





## Analyse des besoins - Algorithme de triage

### Analyse de la population

Avant de commencer l'analyse des 10 villages sélectionnés, il est proposé d'effectuer une analyse de population avec des données de 2009 et 2016. L'idée ici est de pouvoir caractériser le besoin de chacune des localités de Nikki individuellement et globalement (selon les districts). Cependant, le manque de données rend cette analyse très difficile. Le seul OVI que nous pouvons analyser est le nombre de personnes par pompe, mais seulement dans les données de 2009 sont fiables est complètes, car nous n'avons pas la population dans les données de 2016 (on a essayé de faire une extrapolation). En faisant cette extrapolation les localités de Nikki passent à être en 69% sans disponibilité d'eau en 2009 pour passer à une 72% avec disponibilité d'eau. L'analyse populationnel doit être incorrecte ou bien la mairie a très bien donné une solution à la commune de Nikki.

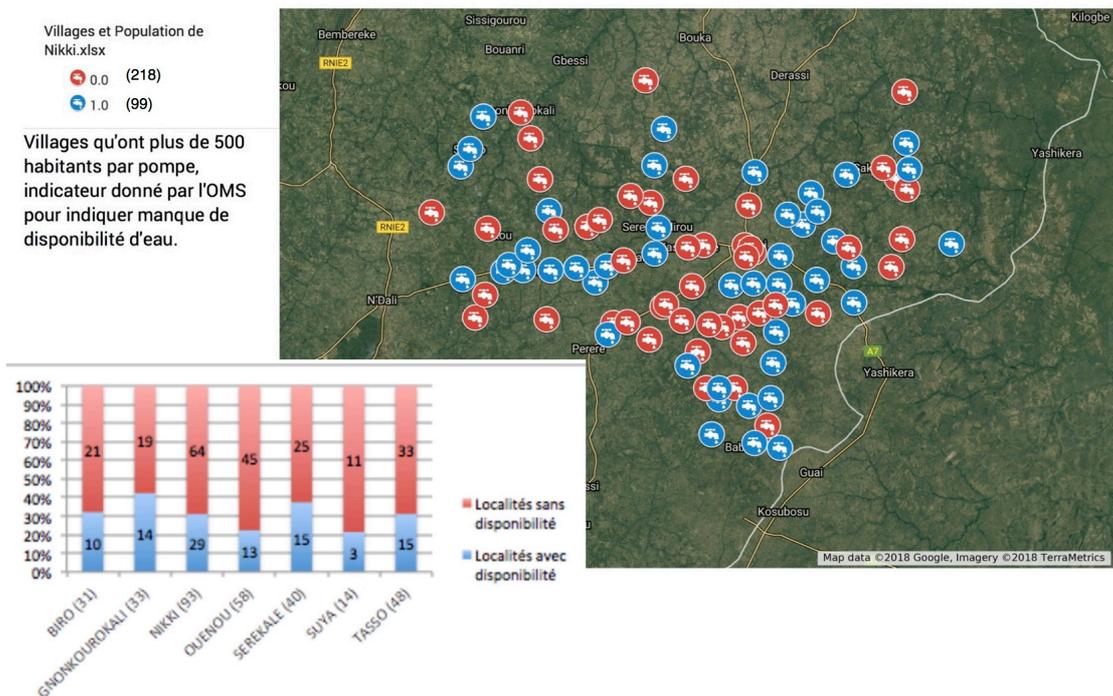


Figure 22: Carte et analyse de besoin d'eau pour localités et arrondissements (Source : Réalisation propre - 2009)

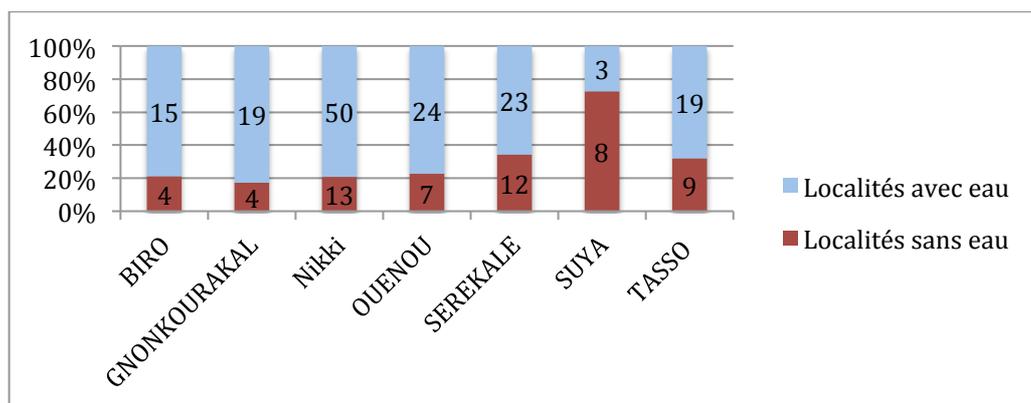


Figure 23: Analyse de besoin d'eau pour localités et arrondissements (Source : Réalisation propre - 2016)



L'analyse des besoins est fait par un algorithme de triage qui prene en compte 3 caractéristiques qui mesurent la disponibilité à l'eau potable et l'accès: Indicateur n°1: Nombre des personnes par pompe à main (moins de 500); Indicateur n°2: Consommation d'eau par personne. Indicateur n°3: Distance à la source plus proche. Le nombre des personnes par pompe est mesuré avec les données de la mairie (2009) et la consommation d'eau potable par personne avec une petite étude fait en 2015 pour OAN International qu'on a analysé (en Annexe). Le dernier indicateur est mesuré avec Google Mas. Ces algorithme est montré sur la forme d'un analyse a 4 couleurs (Rouge : Très Mauvaise ; Orange : Mauvaise ; Jaune : Un peu mauvaise ; Vert : Correct). Les résultats sont très préoccupants pour la situation en 2009 comme montrer dans le tableau

	Indicateur n°1	Indicateur n°2	Indicateur n°3	Résultat
<b>Biro</b>	1100	0,571428571	Oui	
<b>Ouénou</b>	1866,666667	0,685185185	Oui	
<b>Tasso</b>	1275	0	Oui	
<b>Soubo</b>	2936	0,705882353	Oui	
<b>Daroukpara</b>	2680	0	Oui	
<b>Séréwondirou</b>	1228,5	0	Oui	
<b>Tèpa</b>	0	1	Non	
<b>Sabo</b>	0	1	Non	
<b>Kala</b>	0	1	Non	
<b>Ningouarou</b>	0	1	Non	

**Figure 24** : Tableau d'analyse des 10 villages

## Proposition d'application

La proposition d'application de chaque village n'a pas pu être développée correctement à cause des manques d'information. Néanmoins dans Annexe on explique les indicateurs qu'auront pu être mesurés et un possible matrix de sélection qui pourra être utilisé pour donner une solution plus technique et objective au problème de chaque village étudié. Néanmoins on mettre à disposition de l'organisation cette étude de besoin, en proposant de mener des actions de façon urgente pour résoudre les besoins de ces villages qui n'ont aucune pompe à main. La solution EMAS étant la meilleure solution pour ces villages de petite taille.



## Application web

Cette section vise à présenter de manière claire et concise le processus et le résultat du développement d'applications web. Il n'est à aucun moment cherché à entrer dans le détail sur le code généré car il s'agit de plus de 2000 lignes. Pour cette raison, nous présentons une vue d'ensemble du travail effectué.

### Introduction

Dans le cadre du projet PAi et dans le but de développer une technologie web capable de fournir des solutions en termes d'accès à l'eau à Nikki, une application web a été mise en développement, dont l'objectif principal est de créer à partir de zéro une carte interactive basée sur les technologies OpenSource.

Ces technologies OpenSource offrent des caractéristiques et des avantages uniques, puisque les développeurs, lorsqu'ils ont accès au code source d'une application donnée, peuvent la lire et la modifier et donc l'améliorer, en ajoutant des options et en corrigeant tous les problèmes potentiels qui pourraient être trouvés, de sorte que le programme une fois compilé sera beaucoup mieux conçu que lorsqu'il a quitté l'ordinateur de ses développeurs d'origine (nous). C'est précisément à cause de cette possibilité que le code de l'application peut être lu et modifié, de plus et en étant conscients que le développement d'une carte web interactive de façon complète nécessite le travail de nombreuses personnes et beaucoup de temps, nous avons décidé de travailler en OpenSource. De cette façon et en suivant la base de toutes les sections de ce projet PAi, notre application est une simple proposition qui cherche la coopération et le développement de toutes les personnes intéressées par la construction d'une société plus juste et plus égalitaire.

### Objectives

Les objectifs de cette première version de l'application web ont été les suivants :

- Obtention des données disponibles sur les villages, les points d'accès à l'eau et les pompes à Nikki et l'état de celles-ci.
- Analyse d'un échantillon de 10 villages
- Construire une base de code qui peut être programmée et améliorée.
- Proposer une solution, si nécessaire, pour les peuples étudiés.

### Stack/Technologies

Lors de la réalisation d'une application web, de multiples facteurs doivent être pris en compte afin d'atteindre les objectifs fixés. La première de ces étapes consiste à définir les caractéristiques de l'application, qui a été définie dans la section précédente. Une fois que nous connaissons les objectifs, nous devons chercher quelles technologies nous permettront de les atteindre. Donc, la première chose que nous avons faite a été d'analyser le langage de programmation Javascript, en cherchant ses forces et ses faiblesses. À partir de Javascript, nous avons cherché des technologies qui pourraient nous être utiles tant du côté client que du côté serveur.

En ce qui concerne le côté client, aussi souvent appelé "frontend", nous avons pensé qu'il était approprié d'utiliser les technologies suivantes:

- HTML5 : ce qui nous permet donner une structure
- CSS3 : ce qui nous permet donner style à notre application
- Javascript : ce qui nous permet rendre notre application active et dynamique

En ce qui concerne le côté serveur, nous avons basé la recherche des technologies à mettre en œuvre sur l'utilisation de PHP. Bien que nous ayons trouvé plusieurs options (comme l'utilisation du framework express), enfin et sur la base de faciliter la mise en œuvre de cette application, les technologies choisies pour le « backend » ont été les suivantes :



- Javascript
- PHP : est un langage de programmation libre5, principalement utilisé pour produire des pages Web dynamiques via un serveur HTTP4, mais pouvant également fonctionner comme n'importe quel langage interprété de façon locale.
- XAMPP : est un ensemble de [logiciels](#) permettant de mettre en place facilement un [serveur Web](#) local, un [serveur FTP](#) et un [serveur de messagerie électronique](#).
- MySQL : est un [système de gestion de bases de données](#) relationnelles.

Ensuite, pour trouver quelles technologies pourraient être utiles pour développer l'application et surtout la carte interactive nous avons fait une quête des technologies « webmap ». C'est à partir de cette recherche que nous avons trouvé les bibliothèques OpenSource de Javascript suivantes : LeafletJs et TurfJs.

Afin de donner une meilleure performance à notre application, ainsi que, cherchant à tirer pleinement parti des technologies ci-dessus et en particulier de javascript, nous avons décidé d'incorporer certaines bibliothèques et APIs d'une manière supplémentaire. Ces bibliothèques et APIs sont:

- Bootstrap : est une [collection d'outils](#) utile à la création du design (graphisme, animation et interactions avec la page dans le navigateur ... etc. ...) de [sites](#) et d'[applications web](#).
- jQuery : bibliothèque JavaScript libre et multiplateforme créée pour faciliter l'écriture de scripts côté client dans le code HTML des pages web

Enfin, nous avons utilisé deux programmes principaux pour travailler avec les différentes technologies présentées. Ces programmes sont:

- Visual Studio Code : est un [éditeur de code](#) extensible développé par [Microsoft](#).
- pgAdmin : en vue de traiter les bases de données.

La figure 25, présente un résumé du stack utilisé (voir figure 25) :

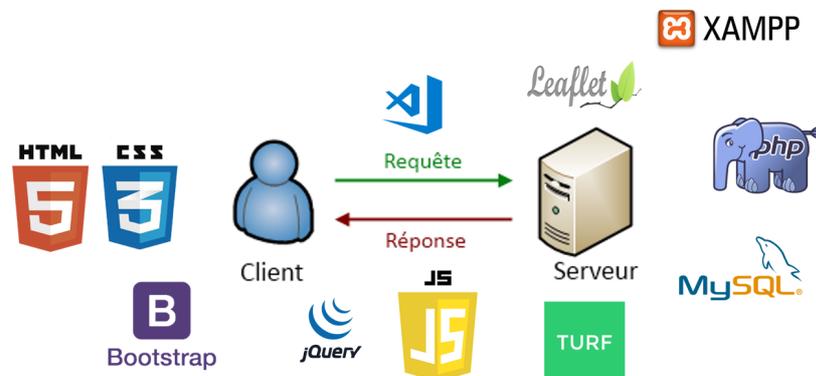


Figure 25. Full-Stack



## Schéma/Structure Application

Une fois que nous avons choisi les technologies à utiliser, nous devons définir la structure de notre application. Cette structure se trouve dans le document « .html », qui à son tour interagit avec les documents « .js » et est « stylé » à l'aide de la feuille de modèle « .css ». Nous avons divisé la structure de notre site Web en deux parties principales :

## Interface Application web

Tout d'abord, l'utilisateur trouvera une page d'accueil. Dans cette page d'accueil, l'utilisateur trouvera une présentation du projet, ainsi que des images relatives à l'ONG collaborant avec ce PAI, les membres de l'équipe, une option de collaboration économique et les technologies proposées en réponse aux éventuels problèmes analysés via la carte interactive.

Cette première page a pour objectif que l'utilisateur ait une vision globale du projet, connaisse l'équipe et donc veuille participer à la recherche de solutions à un problème par une disgrâce trop commune comme l'est l'accès à l'eau (voir figure 26). Dans les figures 26 et 27, on peut observer le résultat de l'interface de l'application web. Tout d'abord nous avons dessiné un schéma sur papier, ensuite nous l'avons codé sur l'éditeur du texte et finalement nous l'avons montré sur le navigateur internet.



Figure 26. Fenêtre démarrage



Figure 27. Barre d'icônes

Outre la carte dynamique, l'un des objectifs de ce projet a été l'analyse approfondie de la technologie EMAS. En particulier, nous avons analysé en profondeur la pompe à main EMAS. En vue de proposer une synergie entre la carte dynamique et les technologies applicables comme solutions si elles sont jugées appropriées, nous avons développé un manuel pour la construction et l'installation d'une pompe EMAS. Ce manuel ainsi que des vidéos de tutorat sont disponibles à partir de l'application Web dans l'onglet Technologies. Dans cette section, bien qu'à l'heure actuelle seul un manuel relatif à la technologie EMAS puisse être téléchargé, ainsi que des tutoriels vidéo relatifs à cette technologie soient accessibles, on espère que la collaboration de différents agents permettra d'ajouter d'autres technologies, offrant ainsi une plus grande possibilité de solutions aux problèmes rencontrés lors de l'utilisation de la carte dynamique (voir figure 28).

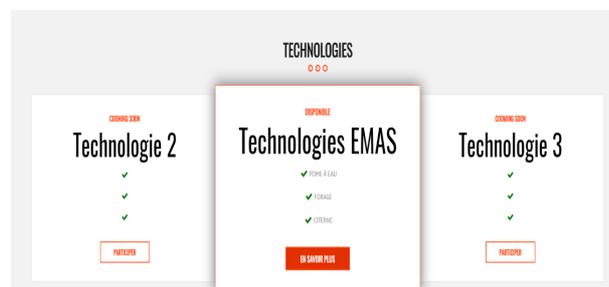
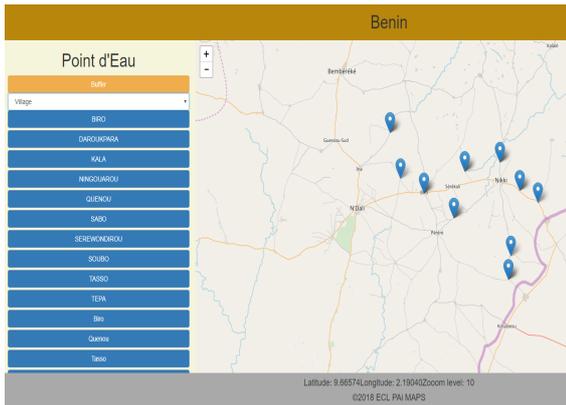


Figure 28. Technologies

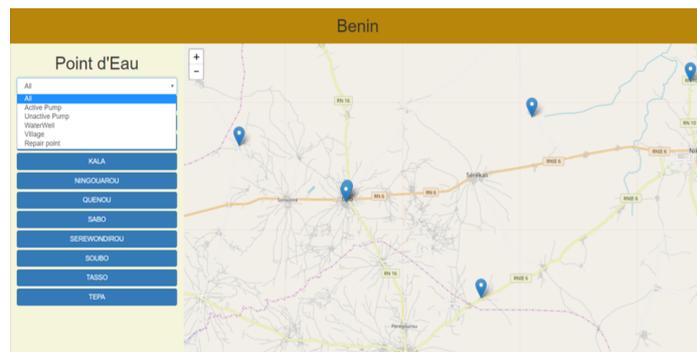


## La Carte

Comme déjà présenté dans les sections précédentes, le cœur et la partie principale de cette application web a été basé sur le développement d'une carte interactive. Une carte, créée avec OpenSource et à partir de zéro, est capable d'afficher toutes les données pertinentes obtenues à partir d'une base de données (c'est-à-dire, les villes, les points d'accès à l'eau, les pompes, les puits, etc). Ainsi, dans la figure 29, nous pouvons voir les 10 villages pris comme échantillon pour notre étude, représentés sur la carte. Ensuite, nous avons ajouté les autres points d'intérêt de la base de données. Nous avons inclus un sélecteur pour pouvoir filtrer les résultats, en ne pouvant observer que les pompes actives, les villages, les pompes inactives, les pompes inactives, les puits d'eau, etc. Ce filtrage est destiné à fournir à l'utilisateur une capacité d'analyse de la situation de façon très claire ainsi que simple (voir figure 30).

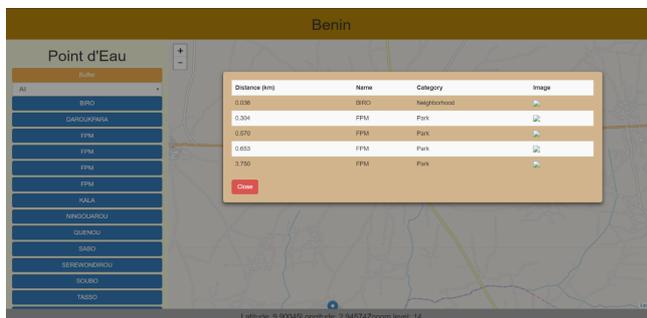


**Figure 29.** Échantillon de Villages Figure

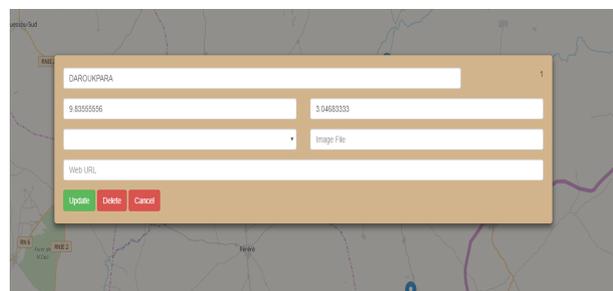


**Figure 30.** Filtrage

Dans la première partie, nous avons simplement cherché la création d'une carte avec une technologie OpenSource et le fait de pouvoir montrer les données disponibles ainsi que de les filtrer et de créer des nouveaux points d'intérêt et éditer celui déjà existant (par exemple : changer l'état d'une pompe d'active à inactive (voir figure 31). Cependant, l'objectif de ce projet est de fournir une base pour une analyse en profondeur de la situation défavorable de l'accès à l'eau à Nikki, et en cas de succès, que cette application web peut être utilisée dans d'autres régions ayant des besoins similaires. C'est pour cette raison que nous avons essayé d'appliquer sur notre carte interactive différentes fonctions permettant l'analyse situationnelle d'un village. Au total, deux actions ont été mises en œuvre avec succès. D'une part, l'application vous permet de rechercher les points d'eau les plus proches d'un village et même de n'importe quel point sur la carte. Pour ce faire, cliquez sur la carte du village en question et appliquez la fonction (les plus proches, en cliquant sur le bouton avec le nom « Closest ») (voir figure 32).



**Figure 31.** Création/Édition des points



**Figure 32.** Les plus proches



Avec cette fonctionnalité on observe le nom du village, dans ce cas BIRO ainsi que les FPM les plus proches avec la distance à parcourir pour y accéder. Ce facteur permet à l'utilisateur de voir si les standards de la ONU (en quant à distance aux points d'accès à l'eau) sont respectés ou pas, et donc s'il faut agir et appliquer de mesures correctives (dans le cas montré, le point d'accès à l'eau de quelqu'un qui habite à BIRO est de 304m). Dans le cas de besoin de l'application de certaines mesures, l'utilisateur peut retourner sur la page d'accueil de l'application web et en accédant à l'onglet « Technologies », télécharger les technologies analysées en détail pour l'équipe de ce projet tout au long de cet année scolaire 2017-2018.

Ensuite, la deuxième fonctionnalité qui a été appliquée avec succès à la carte interactive est la fonction "Buffer". Cette fonction vous permet également de voir très clairement tous les points d'intérêt dans un certain rayon autour du point d'analyse. Elle permet aussi observer s'il peut y avoir des zones de conflit entre villages, ou en même temps, observer la densité des points d'intérêt autour d'un village. Le rayon prise en considération est libre pour le développeur (il faut juste accéder au code et modifier une variable). Cela pourrait être une amélioration à faire dans les versions suivantes de la carte interactive (c'est-à-dire, des fonctionnalités qui permet de modifier des paramètres de la fonction « Buffer », comme le rayon). Dans ce cas le rayon a été considéré en base aux paramètres stipulés par l'ONU (voir figure 33 (avant-Buffer) et 34 (après-Buffer)).

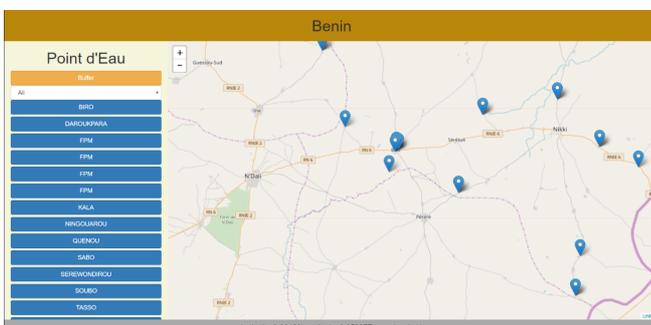


Figure 33. Avant Buffer

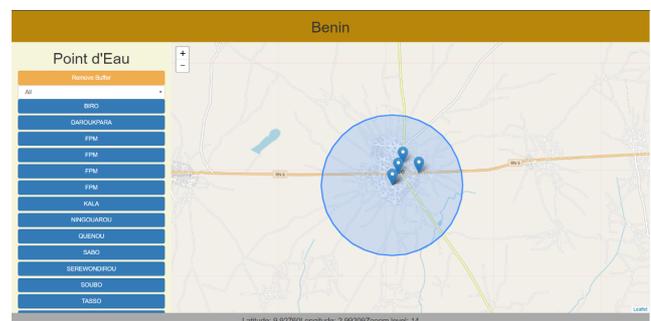


Figure 34. Après Buffer (cas BIRO)

## Conclusion

La réalisation et la présentation de cette application nous amène à certaines conclusions. Nous avons observé la grande complexité du développement d'une application web à partir de zéro ainsi que l'énorme travail de développement d'une nouvelle application web qui cherche à fournir des solutions innovantes dans certains domaines moins explorés, et pour cette raison, bien que l'objectif de lancer une première version de l'application et sa mise en œuvre ait été atteint, il existe de nombreuses perspectives d'amélioration qui, loin de nous décourager, nous motivent à continuer à travailler sur le développement de l'application.

Tout au long de la réalisation de l'application, de nombreuses fonctionnalités ont dû être laissées de côté en raison de leur complexité et du manque de temps qui leur est associé. Cependant, ce sont des fonctionnalités qui peuvent être ajoutées petit à petit à partir de maintenant.

Un premier objectif pour la suite est de parvenir à une plus grande robustesse du système de base de données ainsi que de son application. Une application basée sur une carte dynamique nécessite des données actuelles et mises à jour, ce qui n'a pas été complètement le cas. Pour cette raison, une fois que les agents locaux (dans ce cas la commune de Nikki) commenceront à utiliser l'application, il sera extrêmement important que la base de données soit aussi précise et complète que possible. Cela c'est le pourquoi l'une des fonctionnalités que nous avons incluses est le fait de pouvoir ajouter un point dans la base de données simplement en cliquant sur un point sur la carte, en pouvant ensuite éditer ce même point si souhaité. Cependant, une base de données robuste est nécessaire pour éviter d'avoir à entrer toutes les données manuellement.



En plus d'ajouter la robustesse au système de base de données, il y a beaucoup d'autres caractéristiques qui seraient intéressantes à ajouter à la carte interactive. Ces propositions sont des fonctionnalités qui avaient été prises en considération au début du projet mais qui, faute de temps, n'ont pas été réalisées, mais nous croyons fermement que le fait de les ajouter pourrait aider à une analyse beaucoup plus précise, complète et exhaustive de l'application.

Ainsi, on pourrait ajouter une fonctionnalité consistant à générer une forme géométrique en définissant la zone entre différents points de sélection. De cette façon, des données croisées pourraient être obtenues pour l'accès à différents points d'intérêt par différents villages, ou une analyse pourrait être faite de la distance qui sépare un ensemble de points d'intérêt les uns des autres.

Une autre caractéristique très intéressante serait que les réparateurs de pompes aient accès à la carte interactive, ce qui leur permettrait de savoir où les pompes sont inactives ou où ils peuvent en installer une à nouveau. Grâce au manuel de la pompe EMAS ainsi qu'aux vidéos explicatives, lors de l'accès à l'application web, la réparation d'une pompe ou la construction d'une pompe sera accessible à tous à partir de l'application web, et permettra aussi aux techniciens d'avoir accès à documentation technique détaillée des technologies à mettre en œuvre.

Enfin, bien qu'il soit vrai que de nombreuses améliorations peuvent être apportées, l'objectif de mettre en œuvre une application web qui peut apporter des solutions réelles à de réels problèmes d'accès à l'eau a été mis en œuvre.

L'objectif ultime de ce projet est de faire un premier pas vers la recherche de solutions, vers l'éveil d'un intérêt dans la communauté pour le développement de solutions technologiques aux problèmes sociaux, et donc, cette application web n'est que le point de départ d'un chemin que nous espérons continuer à avancer, toujours basé sur les piliers de la coopération et de l'OpenSource, donnant accès à tous et qu'il peut aider à améliorer l'application et par conséquent, la vie des gens de ce planète.



## Bibliographie

- UN Committee on Economic, Social and Cultural Rights (CESCR), *General Comment No. 15: The Right to Water (Arts. 11 and 12 of the Covenant)*, 20 January 2003, E/C.12/2002/11, available at: <http://www.refworld.org/docid/4538838d11.html> [accessed 16 April 2018]
- *L'accès à l'eau potable devient un droit de l'homme*, Le monde, 29/07/2018, [http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/07/29/l-acces-a-l-eau-potable-devient-un-droit-de-l-homme\\_1393627\\_3244.html#9gz984WBwfOvbAUV.99](http://www.lemonde.fr/planete/article/2010/07/29/l-acces-a-l-eau-potable-devient-un-droit-de-l-homme_1393627_3244.html#9gz984WBwfOvbAUV.99)
- *Explosion démographique en Afrique : Moteur du décollage économique de la région*, Banque Mondiale, communiqué de presse, 22 octobre 2015
- Credit Suisse *Global Wealth Report*, 2017
- *PIB vs Health figure*, Gapminder.
- S. Arlosoroff, G. Tschannerl, D. Grey, *Water supply, The handpump option-*
- W. Buchner, *Eau pour Tous* – 6 édition 2007
- *Low-cost pump alternatives for rural communities in Honduras* – Water and Sanitation Program
- *Análisis del acceso al agua potable en Nikki (Benin) y propuesta de implantación de la tecnología EMAS como alternativa de abastecimiento* - Jaime Varas del Ser
- M. F MacCarthy, James W. Buckingham and J. R. Mihelcic, *Increasing Access to Low-Cost Water Supplies in Rural Areas EMAS Household Water Supply Technologies in Bolivia.*
- M. Gelhard , *Self-Supply in Sierra Leone : Perspectives and Options*, WASH
- J. D. Carpenter, *An Assessment of the EMAS Pump and its Portential for Use in Household Water Systems in Uganda*
- *E35 LES PRINCIPAUX TYPES DE POMPES À MAIN. FICHE GÉNÉRALE*. Wikiwater, <https://wikiwater.fr/e35-les-principaux-types-de-pompes>
- *Climate data* <https://en.climate-data.org/location/765513/>
- J. Bartram et G. Howard, "Domestic water quantity, service level and health : what should be the goal for water and health sectors", OMS, 2003. [http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/WHO\\_SDE\\_WSH\\_WSH\\_03.02.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/WHO_SDE_WSH_WSH_03.02.pdf) (dernière visite le 2 mai 2011).
- <sup>1</sup> *Décret Loi No2001/094* – Gouvernement de Benin <http://www.soneb.com/soneb2/pdf/17-juridique/decret-n2001-094-normes-de-qualite-de-l-eau-potable.pdf>
- *Plan du Développement Communal 2016-2020*, Mairie de Nikki

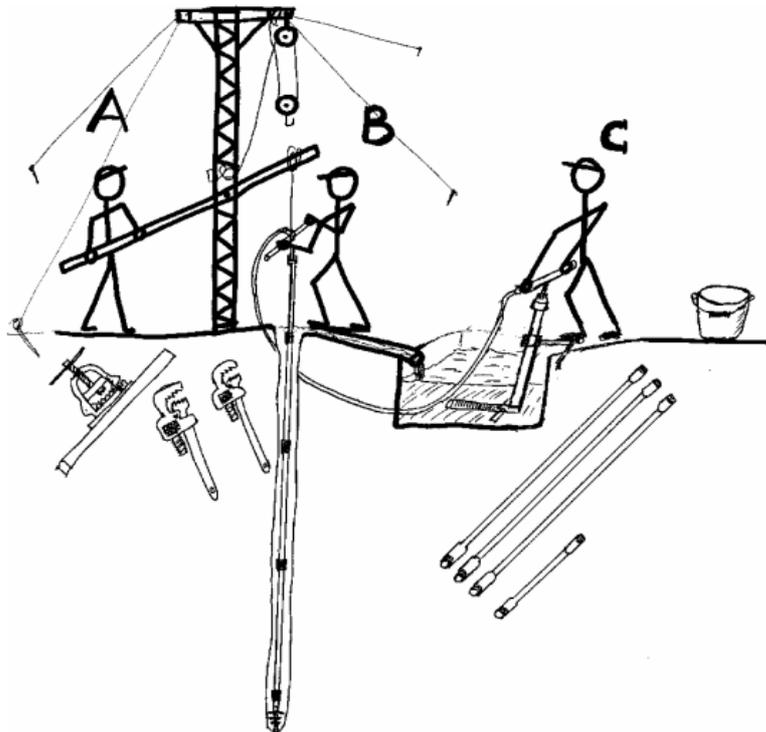


## Annexe 1. Réalisation du forage EMAS

Les outils nécessaires pour ces types de puits sont énumérés ci-dessous :

- Une foreuse de 4 mètres de haut fabriquée en fer de construction. Elle servira de grue pour l'insertion et le retrait du train de tiges de forage.
- 60 mètres de tiges de forage divisés en 20 tiges de 3 mètres et deux pièces de 1 mètre chacune. Un foret en place et un de rechange. 7 mètres de tuyau et une pompe à boue.
- Comme outils mineurs, on a besoin d'une presse à tubes pour tenir le train de tiges lors du vissage et du dévissage de ses pièces, de 2 clés à tube et d'un morceau de filet millimétrique pour tamiser la boue.

Le schéma suivant explique la procédure à suivre lors d'une perforation de ce type :



**Figure 10** : Système de perforation EMAS (Source : Eau pour tous)

La personne A est responsable du levage de la barre avec le foret entre 10 et 40 cm. Il la laisse ensuite tomber aussi fort que possible pour que les dents du foret soient enterrées dans le sol. Normalement, c'est possible d'atteindre un taux d'environ 20 battements par minute. Il peut être soulevé au moyen d'un levier ou d'un poteau avec une corde qui passe à travers la rondelle de la tour. La personne B est responsable de forer. Une fois que les dents du foret sont clouées au sol, la barre est retournée 180 degrés. Les dents retirent ensuite le matériau du sol et le mélangent avec liquide de forage. La personne C pompe le liquide dans le puit à l'aide d'une pompe manuelle pour stabiliser les parois, maintenir les grains de sable à flot et expulser le matériau foré. Par rapport au liquide, qui se compose d'eau et d'argile, c'est très important que sa densité soit adaptée au matériau du sol à forer. Normalement, ce liquide est formé tout seul lors du forage d'un sol argileux, mais il y a des endroits très sablonneux où on doit le préparer en mélangeant manuellement l'argile avec de l'eau.



Une fois que l'aquifère désiré est atteint, le puits est lavé. Au lieu d'eau boueuse, de l'eau propre est injectée dans le puits, et de cette façon la boue est expulsée vers le haut. Quand l'eau qui sort est propre signifie que le puits est lavé. Le train de tiges de forage est ensuite retiré une par une en les dévissant. Une fois que le train de tiges de forage soit retiré le puits sera canalisé. Le tubage du puits se compose d'un filtre et des tubes de tubage. Le filtre est un tube de la même gaine qui est coupé avec une scie et pour empêcher le sable d'entrer dans le puits est placé sur les rainures un manchon de tissu synthétique. Le puits est ensuite lavé une deuxième fois, cette fois le tissu filtrant est lavé parce qu'il pouvait avoir été recouvert de résidus. Un seau de sable est ensuite versé dans le puits pour fixer le filtre. Il convient de mentionner ici qu'il existe de nombreuses techniques différentes dans le forage EMAS. Au fil des ans, les foreurs ont acquis une expérience spécifique aux sols de leur région. Il existe également plusieurs types de trépan qui ont été conçus pour les différents types de sols.



## Annexe 2. Bonne utilisation des pompes à main

Nous commencerons par établir cinq points clés pour la bonne utilisation des pompes à main et des technologies adaptées. Nous considérons ces cinq points comme une référence pour toute technologie adaptée impliquant une pompe à main. Il ne s'agit que d'indications générales qui ne couvrent pas des cas spécifiques.

### Le système de maintenance

La tendance dans ce domaine est toujours de maintenir les coûts à un niveau bas et d'améliorer la fiabilité. Tous les efforts pour développer une technologie adaptée se concentreront sur la mise à disposition des performances de cette technologie et des matériaux qui la composent chaque fois que cela est nécessaire. Les examens périodiques, les remplacements de pièces et l'organisation des services devraient être évalués avant le début du projet.

### La communauté

La communauté doit être un acteur majeur dans le choix du service, de l'emplacement et de l'acceptation de la technologie choisie. Le financement et les exigences techniques doivent être à la portée de la communauté. Ils doivent être soutenus par le gouvernement local et non seulement cela, mais ils doivent aussi être tenus responsables de la gestion et de l'entretien de la technologie.

### L'aquifère

Toutes les informations existantes sur les eaux souterraines aux niveaux national et régional devraient être examinées afin de se faire une idée de la géométrie possible de l'aquifère, de la qualité de l'eau et des avantages potentiels d'une installation dans cette zone. Le gouvernement devrait être encouragé, s'il ne l'a pas déjà fait, à se doter de matériel informatique pour construire une base de données solide. En outre, il convient d'envisager la possibilité que les eaux souterraines de la région puissent être soumises à des fluctuations saisonnières. Des études devraient être menées pour déterminer le niveau minimum des aquifères, afin de s'assurer que la profondeur de l'installation est suffisante pour ne pas interrompre l'approvisionnement en eau.

### Le puits

Le sable et les boues qui pénètrent dans les éléments de la pompe sont la cause principale de la rupture de la pompe. S'ils sont à la portée des possibilités de l'organisation, il est pratique d'installer des grilles ou des filtres entre la pompe et la paroi du puits pour réduire les dommages aux joints d'étanchéité ou aux vannes. Ces éléments devraient être considérés comme essentiels pour la conception à long terme des puits de pompage. Encore une fois, il est rappelé que l'emplacement du puits sera fait en fonction des préférences de la communauté locale.

### Financement

Le Programme international d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement a connu une évolution radicale vers des stratégies fondées sur la gestion de technologies « low-cost ». Le forage est l'élément de dépense le plus important d'un projet de pompe à main. Ces coûts restent les plus importants dans presque toutes les parties du monde. La promotion de la fabrication de pompes à main dans les pays en développement peut stimuler la concurrence et réduire les coûts de fabrication, d'exploitation et d'entretien.



## Annexe 3. Analyse de comparaison entre EMAS et Rope Pompe

Cette Annexe est destinée à donner un aperçu des qualités de la pompe EMAS par rapport à la pompe de référence sur le marché, la pompe ROPE. Cette analyse est destinée à justifier le choix de la pompe EMAS pour le projet. Dans une première approche, des justifications seront développées dans les domaines des matériaux, du public cible, de la maintenance des pompes, des spécifications techniques et des coûts. En outre, certains indicateurs de satisfaction de la population seront montrés, à la fois de la pompe EMAS et de la ROPE, en se basant sur l'expérience dans une autre région du monde, Honduras. Enfin, les principaux avantages et inconvénients de la pompe EMAS seront détaillés.

### Justifier le choix

Tout d'abord la pompe EMAS peut être fabriquée avec des matériaux locaux. Ces matériaux sont détaillés dans la mémoire : acier galvanisé, des tubes en plastique ou en caoutchouc. Cela en fait une pompe très polyvalente dans un environnement où les matériaux normalement sont difficiles à trouver pour les habitants.

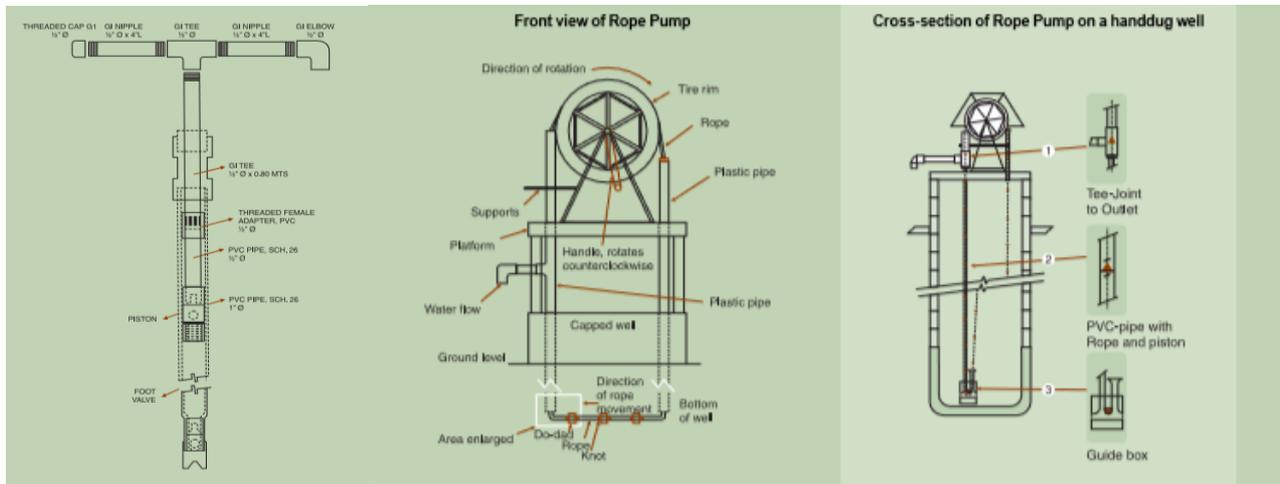
Le public cible d'EMAS sont de petits groupes de personnes ou même une pompe à usage privé. Au contraire, la ROPE est considérée comme une pompe plus robuste et elle est principalement utilisée comme une pompe de service public. En ce qui concerne la durée de vie utile, une pompe EMAS peut fonctionner de 4 à 9 ans où un bon entretien de la pompe est essentiel. La valve devrait normalement être changée tous les 2 ans. De plus, les tubes en plastique ou en caoutchouc ont tendance à se détériorer. D'autre part, la pompe ROPE a une durée de vie indéterminée, si elle reste bien entretenue. Elle devrait être bien lubrifiée tous les 3 mois maximum. Tout semble indiquer que la pompe ROPE offre de meilleures conditions que la pompe EMAS, et cela serait vrai si le contexte de la région serait favorable. L'instabilité politique de la région et le manque de moyens de leurs gouvernements locaux montrent l'incapacité du secteur public à maintenir ces pompes en parfait état. Quant aux particuliers, ils sont incapables de réparer des pompes plus complexes avec des matériaux qui deviennent plus difficiles à trouver. Par conséquent, à ce stade, la pompe EMAS est présentée comme la meilleure option sur le marché. En plus de son faible entretien, c'est une solution optimale pour de nombreuses communautés rurales dispersées.

Voici quelques caractéristiques techniques d'intérêt :

Caractéristique	ROPE	EMAS
Profondeur	Maximum 50 m (variable avec la gamme)	30 m
Vitesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 42 l/min à 10 mètres de profondeur</li> <li>• 19 l/min à 20 mètres de profondeur</li> <li>• 8 l/min à 50 mètres de profondeur</li> </ul>	7,5 l/min



Comme vous pouvez voir, la pompe ROPE est nettement supérieure à la pompe EMAS en termes de caractéristiques techniques. Cependant, la nature privée qui est prévue pour les pompes installées fait qu'elles ne nécessitent pas de grands débits d'eau, et il n'est pas prévu qu'elle puisse même être forée à 50 mètres de manière rudimentaire. Ceci, et en dépit du fait que la pompe ROPE est techniquement supérieure, rend l'EMAS suffisante pour un petit groupe de personnes.



**Figure 1** : (à gauche) la technologie EMAS et (à droit) la technologie Rope Pompe (Source : Wikiwater)

Ensuite, voici le gros point en faveur de la pompe EMAS, son prix compétitif. La différence de prix avec la pompe ROPE est la grande attraction de la pompe EMAS. Son bas prix permettra l'accès à l'eau aux populations et aux familles les plus défavorisées.

	ROPE POMPE	EMAS
INSTALLATION	111-222 \$	20 \$
MATERIAUX	-	10 \$
CONSTRUCTION	17 \$	-
REPARATION	14 \$	-

Enfin, il y a aussi un aspect très important à considérer lors du choix de la pompe EMAS : cette pompe permet de fermer le puits. Un puits fermé offre une protection supplémentaire contre les agents externes qui pourraient contaminer l'eau. La pompe de type ROPE ne ferme pas le puits, son fonctionnement nécessite un puits ouvert. La pompe EMAS permet de fermer le puits et donc de protéger l'eau contre les agents extérieurs.



Néanmoins, les communautés s'opposent à l'idée de fermer le puits en installant une pompe EMAS de la manière traditionnelle. Il s'agit de placer la pompe sur l'ouverture principale du puits et la fermeture du puits au moyen d'une dalle de béton épaisse. Les oppositions des communautés font allusion au fait que si la pompe tombe en panne, elles ne pourront pas puiser de l'eau même avec des moyens plus rudimentaires. C'est pourquoi une autre méthode a été mise au point, qui consiste à installer la pompe EMAS sur le côté du puits. De cette façon, seul un petit trou dans l'enveloppe latérale perturbera le puits de la communauté et laissera l'ouverture principale fermée d'une manière plus légère pour d'éventuels contretemps. Cette proposition technique n'est possible qu'avec l'utilisation d'une pompe EMAS parce qu'elle est faite de matériaux flexibles.

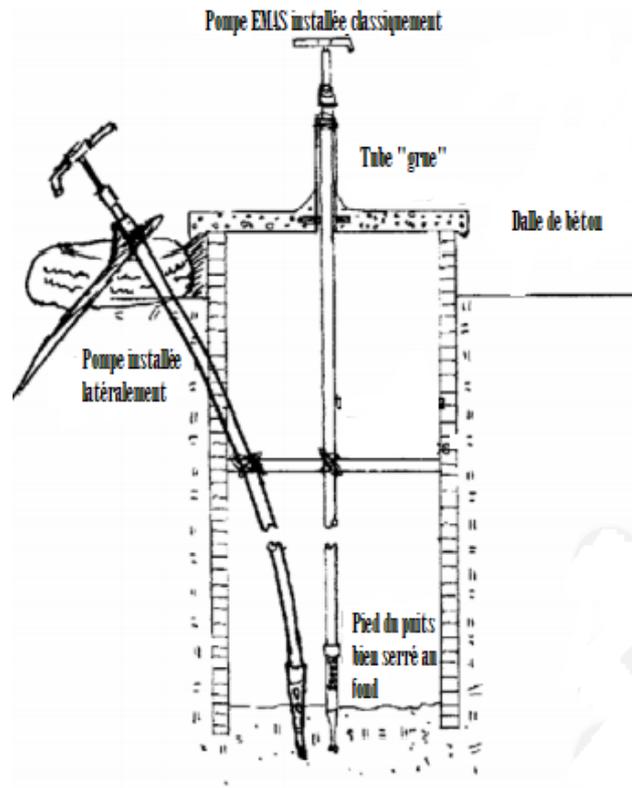


Figure 1. Pompe EMAS (Source : Eau pour tous)

## Expériences passées

Comparaison de la pompe EMAS et la ROPE en Honduras		
	EMAS	ROPE
Couts initiaux	Très faibles	Faibles : Modèle familial
Acceptabilité sociale	Élevé : coûts d'exploitation et d'entretien très faibles.	Élevé : coûts d'exploitation et de maintenance faibles.



économique pour les utilisateurs		
Fonctionnement et maintenance au niveau communautaire	Faible : ne nécessite pas de support externe ou de pièces de rechange.	Bas : seuls les modèles avec paliers nécessitent de l'huile pour la lubrification.
Réparation au niveau communautaire	Faible : ne nécessite pas de support externe ou de pièces de rechange.	Faible : corde disponible localement, pistons du fabricant.
Fonction et fiabilité	Moyenne : dépend du nombre d'utilisateurs, de la charge et de la fréquence d'utilisation, bien que facilement réparable dans les villages. Des précautions sont nécessaires pour une bonne qualité de l'eau.	Élevée : pompe robuste avec peu de pannes. La désinfection au point d'utilisation est recommandée.
Soutien institutionnel requis	Faible : peut être entretenu et réparé localement lorsque la formation est donnée.	Faible : peut être entretenu et réparé localement lorsque la formation est donnée.
Durabilité globale	Moyen / Elevé : dépend de l'environnement, de la charge et du niveau d'utilisation.	Élevée : (Si bonne chaîne d'approvisionnement)
Groupe ciblé	Familles individuelles ou petits groupes.	Le modèle familial convient à une utilisation familiale unique. Le modèle de résistance supplémentaire est recommandé pour le service public.

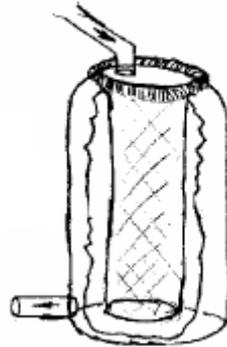
La durabilité se résume dans la facilité et la rapidité avec lesquelles les utilisateurs eux-mêmes peuvent remettre une pompe en service. Les pompes qui peuvent être réparées localement passeront plus de temps en service et seront moins susceptibles d'être abandonnées. Les utilisateurs ayant un minimum de formation sont capables de les réparer. Si une communauté dispose des moyens, le temps passé hors service sera minimum. La différence de coûts et de maintenance fait de la pompe EMAS un outil plus durable et cet aspect est définitif dans notre choix

Une bonne chaîne d'approvisionnement est essentielle pour maintenir les services d'eau. Dans le secteur de l'eau en milieu rural, les biens et services (dispositifs, formation, réparations, soutien financier, technique et administratif) sont fournis aux clients grâce à une chaîne d'approvisionnement qui commence avec les fabricants, les importateurs et les fournisseurs de services et passe par un réseau de distribution. Les chaînes d'approvisionnement les plus solides ont des acteurs « extérieurs » tels que les gouvernements et les ONG, et sont généralement plus durables.

## Annexe 4. Citerne EMAS

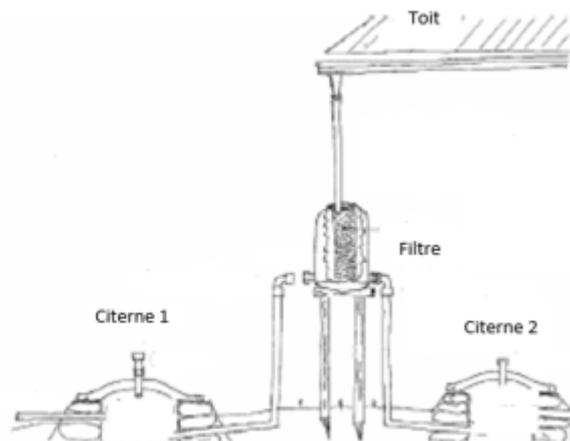
Les paramètres à prendre en compte pour les canalisations sont les suivantes :

- Le matériau du toit du bâtiment est déterminant pour le goût et odeur de l'eau. Concrètement, la paille et feuilles d'arbre donnent un goût dégoûtant. Il est plus adéquat de l'implanter dans les toits construits en ciment, béton ou plaques métalliques.
- Le matériau des tuyaux doivent être imperméable pour éviter des filtrations.
- Il est énormément recommandé de filtrer l'eau avant son stockage dans la citerne. Cependant, la plupart des citernes traditionnelles ne disposent pas de système de filtration. Les technologies EMAS proposent un système de filtrage grâce à un conteneur, perforé au fond, muni d'une couverture en tissu synthétique, fixée à l'aide d'un anneau en fer. Le système est montré dans la figure suivante :



**Figure 1 :** Filtrage des eaux de pluie. **Source:** "Agua para todos"

- Le stockage peut être réalisé dans réservoirs de surface ou souterrain. Des différentes options sont montrées dans la figure suivante.



**Figure 2.** À gauche: stockage des eaux de pluie dans une citerne de surface. **Source:** OAN International.  
À droite: stockage des eaux de pluies dans citernes souterrain. **Source:** "Eau pour tous"

Par rapport à la distribution de l'eau, les tuyaux utilisés pour transporter l'eau des toits jusqu'au filtre ont normalement un diamètre de 2 pouces et, après le filtre, le diamètre des tuyaux est plus petit, car le container compense les variations de volume due aux fortes pluies.

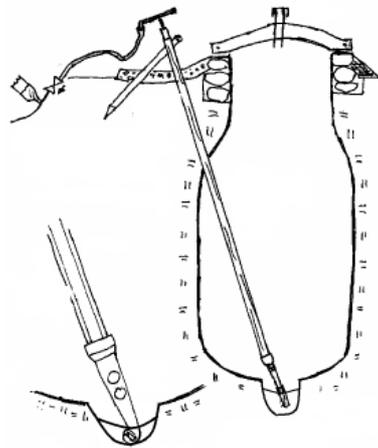


Si la famille est uniquement munie d'eau par cette méthode, ils possèdent 2 ou 3 citernes, qui peuvent être connectés comme montré dans la Figure ci-dessus ou individuellement. S'il y a plusieurs citernes pour le même filtre il est recommandé de les remplir séparément, à l'aide d'un bouchon et d'un coude.

Même s'il y a des filtres, parfois l'utilisation n'est pas correcte ou ils sont détériorés, donc, la filtration de matière organique dans l'eau est probable. La plupart des familles n'utilisent pas de chlore, et la formation des germes est imminente. Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), l'eau potable doit contenir un nombre des germes limité, n'avoir pas de echeriche cole ou des coliformes. Ces conditions sont loin s'être satisfaites avec ce système. Cependant, il est possible de réussir à qu'ils soient inoffensives pour l'être humaine, puisque les excréments des animaux théoriquement ne contiennent pas de maladies pathologiques pour l'homme.

À continuation, les différents types de citernes EMAS sont brièvement présentés. Tous eux sont caractérisés par son faible coût et son construction rapide et facile. Ils s'agissent de conteneurs, avec un revêtement de ciment, imperméabilisés. Le volume moyen est de 4000-8000 litres.

## Citerne EMAS verticale

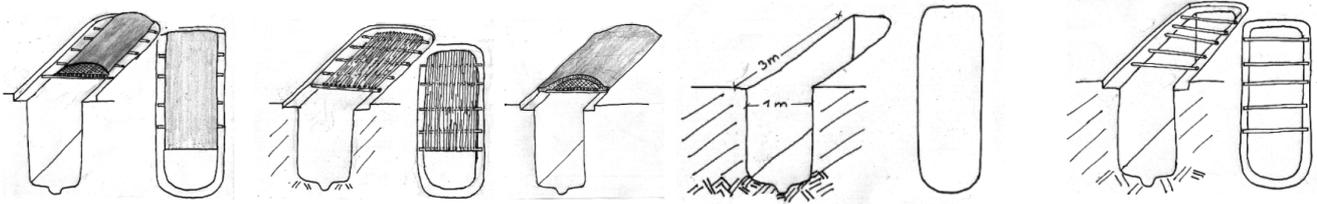


**Figure 2.** Fabrication d'une citerne EMAS verticale. **Source:** "Eau pour tous"

Ces citernes sont caractérisées par un diamètre d'à peu près 1.4 – 1.8 mètres et une profondeur variable, normalement de 3 ou 4 mètres. La perforation est commencée en faisant un diamètre plus petit, afin de permettre d'utiliser un couvercle moins lourd pour couvrir la citerne. Après, un fois arrivée à la profondeur désirée, une semi-sphère est creusée : l'objectif est de bien recueillir l'eau dans cet espace, de sorte que l'extrémité de la pompe puisse extraire l'eau de là-bas.

En général, ce type de citerne est disposé d'une pompe latérale, étant possible grâce à la flexibilité du matériau, le PVC.

## Citerne EMAS horizontale



**Figure 3.** Représentation des citernes horizontales. **Source:** "Eau Pour Tous"

Cette citerne est construite dans sols rocheux, où la perforation plusieurs mètres sous terre devient compliquée. Sa fabrication est plus compliquée que la citerne verticale due à la complexité de son couvercle. La profondeur de l'excavation varie entre 1 mètre et 2.5 mètres. Il existe une pente dans la partie inférieure de l'excavation, pour recueillir l'eau dans une partie déterminée et faciliter l'extraction avec la pompe. Pour la fabrication du couvercle, la méthode de fabrication EMAS propose l'utilisation de bois et du plastic afin de, tout d'abord, couvrir la surface. Après, une couche de terre est déposée et moulée pour définir une surface courbe. Pour fixer la structure, une couche fine de ciment est placée tout de suite.

## Citerne EMAS de surface

Les citernes de surface sont construites si les conditions géophysiques du terrain gênent la réalisation des perforations. Il s'agit d'un conteneur de fer et de ciment, compact, plus résistant aux fissures. La construction est vraiment simple et économique : il n'y a pas besoin de grandes quantités de matériaux pour la construction.

Pour la fabrication, tout d'abord, une base teneur est fabriquée, normalement de 1,8 mètres de diamètre et une hauteur de 45 centimètre. Sur lui, une couche de plastique est déposée. Une structure en fer est mise en place, en commençant par un anneau à la base et en formant une cage. Des structures verticales en fers sont placées et, ensuite, des autres anneaux, à une distance de 15 - 20 centimètres. Une fois terminée la structure de la cage el est recouverte par ciment, avec un mélange de 3.

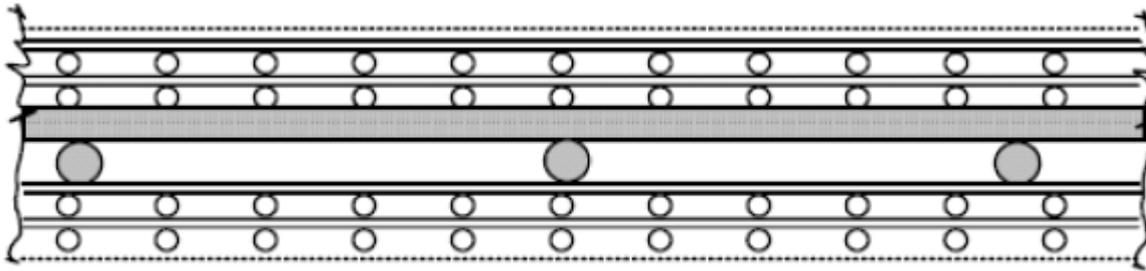


**Figure 4.** Citerne EMAS. **Source :** Eau pour tous

## Comparaison entre la citerne de surface EMAS et la citerne officielle de surface des United Nations.

Les conteneurs d'eau utilisés par UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees) sont conteneurs renforcés du ciment, du acier or du plastique, qui peuvent être préfabriqués ou de type modulaire. Tous eux présentent des avantages et inconvénients et le choix à faire dépend de la situation et du stockage désiré.

Il y a plusieurs méthodes de fabrication. La plus commune consiste à faire une structure à base de barres d'acier, sur lesquelles des couches de mailles de renfort sont fixées de chaque côté. Le mortier est alors appliqué, de préférence d'un côté, et forcée à travers les couches de mailles jusqu'à l'apparition d'un léger excès apparaît de l'autre côté.



**Figure 5.** Section transversale de la citerne UN.

**Source:** Lage Ferro\_cement Water Tank. Design Parameters and Construction Details. UNHCR

En conséquence, cette méthode de fabrication inclue l'utilisation de mailles, qui renforce la structure. Cependant, le coût, la difficulté et le temps de travail sont augmentés. De plus, elles ne sont pas non plus parfaitement imperméables et normalement, présentent des fuites d'eau, dû aux erreurs pendant la fabrication ou à la détérioration. Dû aux ces facteurs nous considérons que les citernes proposés par les technologies EMAS sont plus adéquats pour Nikki. La figure suivante montre une citerne fabriquée avec cette méthode, par OAN International, en collaboration avec EWB, de 90 m<sup>3</sup>, qui a eu un coût total de 4000 € et qui présentait aussi des fuites d'eau.



**Figure 6.** Citerne fabriquée par OAN International en collaboration avec EWB. **Source :** OAN International

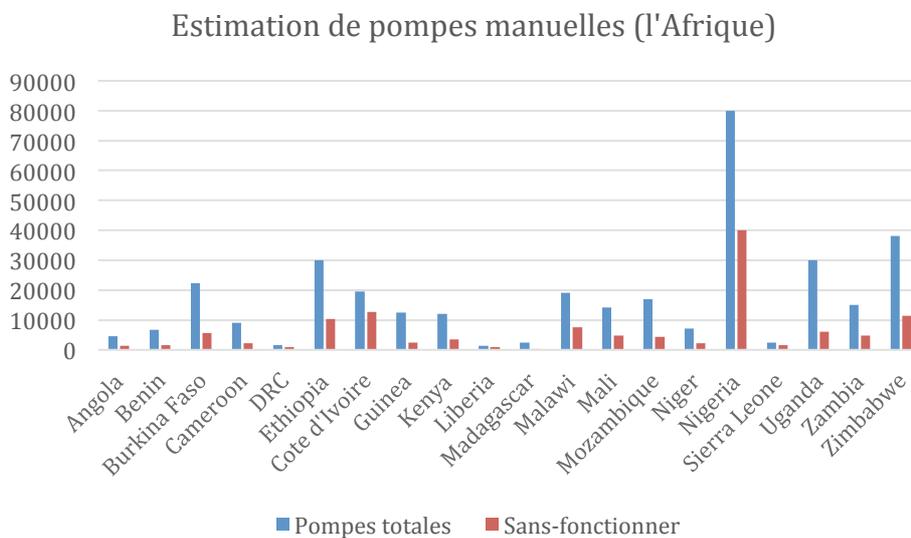


**Annexe 5. Etude sociale**

La fabrication des pompes manuelles est un fait d'importance vitale dans les régions où un réseau hydrique n'a pas encore été établi. Avant nous focaliser dans une conception concrète de pompe manuelle EMAS dans la commune de Nikki, nous avons réalisé une étude sociale, commençant par toute la région d'Afrique et après, en prenant un échantillon de données, c'est-à-dire, des pompes EMAS, placées dans la même région, à savoir, Sierra Leone, et en analysant le nombre de personnes auxquels elles peuvent fournir et les dimensions les plus habituelles.

Tout d'abord, une estimation du nombre de pompes manuelles en couvrant plusieurs pays de l'Afrique a été réalisé, en indiquant le nombre de pompes sans-fonctionner. Les données procèdent des estimations d'UNICEF, du DHS (Demographic and Health Survey), du JMP (Joint Monitoring Program), du Ministère du Gouvernement Locale (MLGH) et du Natural Water Directorate Data.

Les résultats sont regroupés dans le graphique suivant :



**Figure 1.** Estimation du nombre de pompes manuelles totales et sans-fonctionner en Afrique. **Source:** Elaboration propre

À continuation, nous avons analysé un échantillon composé par 581 pompes EMAS, fabriquées et établies à Sierra Leone. La distribution de ces pompes dans les différentes régions de Sierra Leone est la suivante :



Échantillon de données: Pompes EMAS à Sierra Leone



- Bombali District
- Western Area Urban District
- Western Area Rural District
- Bonthe District
- Kailahun District
- Bo District
- Kenema District
- Port Loko District

**Figure 2.** Distribution de pompes EMAS à Sierra Leone.  
 Source: Données pris par OAN International. **Graphique:** Elaboration propre

De plus, nous avons analysé des paramètres sociaux ainsi que des paramètres techniques. En premier lieu, nous avons pris en considération si l'utilisation des pompes est uniquement familiale ou elle est en général ouverte aux voisins et le nombre moyen de membres par famille, ce qui permet d'estimer la quantité des gens approvisionnés par pompe privée. Postérieurement, des paramètres techniques ont été analysés, entre eux, la profondeur de l'excavation, la longueur et le diamètre des pompes.

Les résultats des données sont rassemblés dans les graphiques suivants :

**Privacité des pompes**



- Public
- Private

**Nombre de gens qui utilisent les pompes publiques par jour**



- Entre 1 - 5
- Entre 5 - 10
- Entre 11 - 20
- > 20

**Utilisations des pompes privées par les voisins**



- Yes
- No

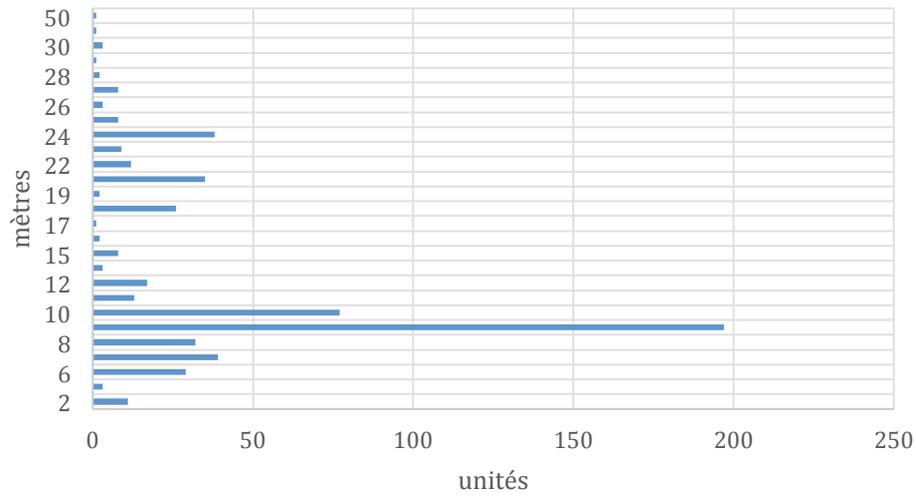
**Nombre de membres de la famille qui utilisent pompes privées par jour**



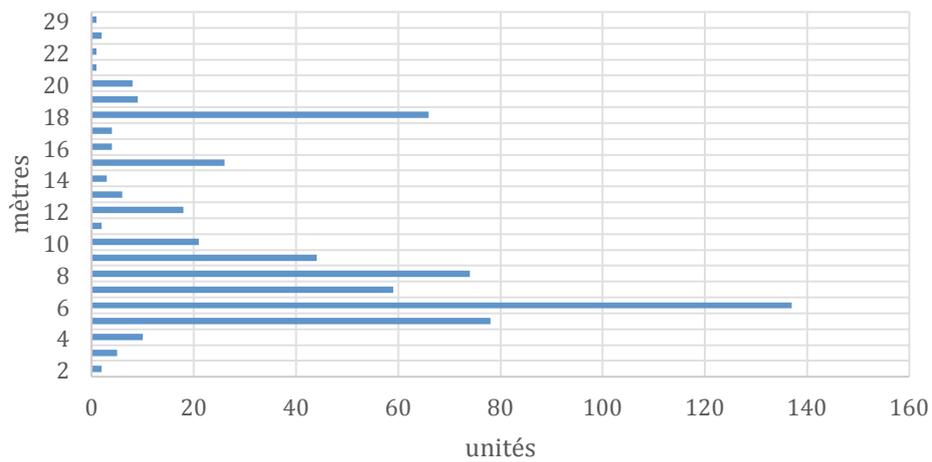
- Entre 1 - 5
- Entre 5 - 10
- > 10



Profondeurs de puits excavés

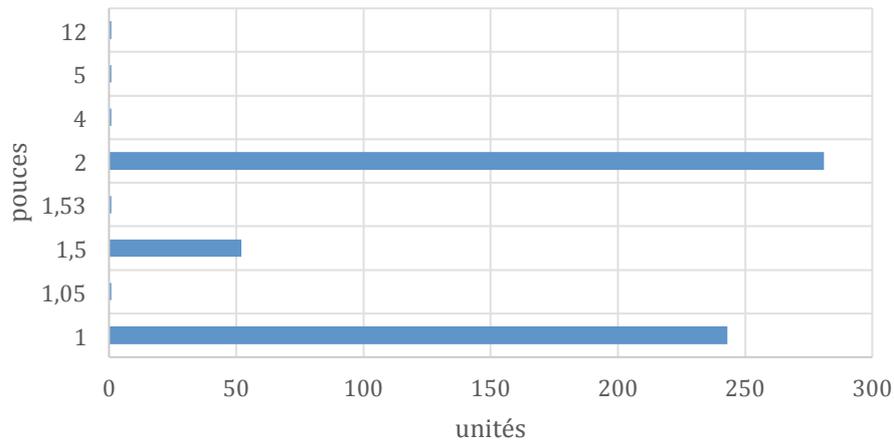


Longueur des EMAS





Diamètres des tuyeaux des pompes EMAS



Les statistiques montrent que la plupart de familles à Sierra Leone utilisent une pompe familiale et il n’y a qu’un 5% des pompes d’utilisation publique. Ces pompes publiques sont surtout utilisées par plus de 11 personnes par jour, notamment par les familles qui n’ont pas accès à une pompe propre en fonctionnement. Nous pouvons souligner le fait qu’un grand pourcentage des familles, le 35 %, partagent la pompe avec ses voisins, ce qui renforce le manque de ressources pour beaucoup d’entre eux.

Par rapport aux paramètres de construction, nous pouvons souligner que la plupart des puits ont une profondeur entre 8 et 10 mètres. La profondeur des puits dépend, comme expliqué avant, du type de sol, ce qui détermine la difficulté de la perforation, la possibilité de le faire sans machines et le temps de travail. Ces puits sont disposés d’une pompe pour l’extraction de l’eau et, nous pouvons observer qu’il existe une relation entre la profondeur de puits y la longueur de pompes, étant la plupart aussi entre 6 et 10 mètres. Les diamètres les plus communes sont de 1 ou 2 pouces, dus à la standardisation de ces mesures.



## Annexe 6. Budget du projet

### 1. Coût des achats

	Quantité	Coût unitaire	Coût Total
Matières premières	1,00	21,8	21,8
Composants	-	-	-
Documents	-	-	-
Sous-traitance	-	-	-
Total coûts des achats	1,00	21,80	21,80

### 2. Coût de l'utilisation des équipements

	Nbre d'heures	Coût horaire	Coût Total
Equipement	2	50	100
Licence	-		
Imprimante	-		
Location d'un espace	2,00	50,00	100,00
Total coût de l'utilisation des équipements	4,00		200,00

### 3. Coût de personnel

	Nbre d'heures	Coût horaire	Coût Total
Personnel technique	2,00	30,00	60,00
Enseignant tuteur pédagogique		40,00	
Autre enseignant chercheur		40,00	
Total coût de personnel	2,00		60,00

### 4. Coût de communication

	Nbre d'heures	Coût horaire	Coût Total
Plaquettes			0,00
Logistique			
Hébergement site web			
Total coût de communication	0,00		0,00

TOTAL COUT DU PROJET	281,80
FINANCEMENTS OBTENUS	
COUT SUPPORTE PAR L'ÉCOLE	



## Annexe 7. Identification et comparaison des basses de données

Afin de pouvoir comparer les deux bases de données, chaque pompe s'est vu attribuer un identifiant. Il se compose de 4 lettres et d'un chiffre. La première lettre correspond à la première lettre du district (à l'exception de 'Serekale' où la lettre E a été choisie) où se trouve la pompe et donc les trois autres lettres correspondent aux trois premières lettres de la localité où se trouve la pompe. Le numéro correspond à l'ordre cardinal de la pompe (qu'il corresponde au premier, au deuxième ou au troisième). Ex. Si la pompe est située dans le district de Biro et dans la ville de Biro, l'identificateur correspondrait à BBir1 pour la première pompe et BBir pour la seconde (l'ordre idéal pour commander les pompes serait l'année de construction, qui manque). Bien qu'il s'agisse d'une bonne idée en tant qu'identifiant, et afin de pouvoir suivre (pour savoir si une pompe en 2009 est encore en panne en 2016), il s'est avéré qu'il s'agit d'une identification inappropriée pour les raisons suivantes :

- Emplacements avec les mêmes initiales : En 2009, il y a environ 5 localités avec le même nom. Dans le cas d'une coïncidence, l'identificateur de longueur du deuxième village a été allongé avec la coïncidence.
- Villages Gando et Peuhl : Les villages Gando et Peuhl portent le même nom que les villages baribas. Cette situation a été résolue en mettant un 5<sup>ème</sup> lettre dans le cas de l'appartenance à l'un de ces deux groupes ethniques (G pour Gando et P pour Peuhl).
- Non-homogénéité dans les bases de données : les bases de données n'avaient pas de nomenclature similaire entre les mêmes villages, nous avons essayé de les corriger manuellement.
- Non-homogénéité entre les bases de données : les bases de données nomment les villages différemment les uns des autres et catégorisent les villages différemment. Nous expliquons le problème :

Pour la division Villages, nous avons la différenciation suivante :

1. Rapport 2009 : 54 Villages
2. Base de données 2016 : 56 Villages

Pour la division City, nous avons la différenciation suivante :

1. Rapport 2009 : 157 sites
2. Base de données 2016 : 233 sites

Pour la division Hameau, nous avons la différenciation Hameau suivante :

1. Rapport 2009 : Non analysé
2. Base de données 2016: 300 Hameau

Parce que la répartition territoriale est incohérente entre les rapports, nous avons choisi comme "correct" celui qui figure dans la base de données de 2009.

Il existe une confusion de classement entre hammeau et localité entre 2016 et 2009.

Après avoir fait cette division, nous obtenons 100 résultats d'appariement, sur les 180 correspondants en 2009 (bien qu'il devrait y avoir 207, il y a des bombes d'appariement pour le problème de Gando et Peuhl). Nous avons donc décidé de faire cette comparaison d'une manière qualitative. Et améliorer les études en corrigeant à main les mauvaises données.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> La totalité des données peut se trouver ici:

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Pi72t\\_9Y6UUF5gl6cU9FeKg\\_rMM2eLU0Ju9j0bPQS7A/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Pi72t_9Y6UUF5gl6cU9FeKg_rMM2eLU0Ju9j0bPQS7A/edit?usp=sharing)



## Annexe 8. Étude de 10 villages

Nombre de Village	Biro	Ouéno	Tasso	Soubo	Daroukpara	Séréwon	Tèpa	Sabo	Kala	Ningouar ou
ARRONDISSEMENT	BIRO	OUENO	TASSO	GNONKO UROKALI	SUYA	SEREKALE	NIKKI	OUENOU	TASSO	BIRO
LATITUD	9,90075	9,90822385	9,67312214	10,06025	9,835555556	9,958583333	9,982722222	9,875222222	9,735444444	9,939166667
LONGITUD	2,945611111	3,27101651	3,23246902	2,83	3,046833333	3,085	3,203777777	3,333111111	3,240444444	2,865861111
N. Personnes	5500	5600	2550	5872	2680	2457	503	676	200	400
N. Forage	5	3	2	2	1	2	0	0	0	0
N. Forage fonctionales	Village Capital	Village Capital	Village Capital	Avec Pompe	Avec Pompe	Avec Pompe	Sans	Sans	Sans	Sans
N. Personnes par forage	1100	1866,66667	1275	2936	2680	1228,5	0	0	0	0
École	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
Collège	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Centre de Santé	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
Asosiation de Femmes	Oui	-	Oui	-	-	Oui	-	-	-	-
Moins de 500 personnes par forage	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
Population consomme moins de 20 litre	57,1%	68,5%	0,0%	70,6%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Echantillon	2,9%	1,0%	0,7%	0,3%	1,6%	0,9%	-	-	-	-

Matrix de Sélection: L'outil de sélection et les indicateurs qu'on peut utiliser pour sélectionner chaque technologie se trouve ici :

[https://drive.google.com/open?id=1gZHz\\_uFyZNg-RD6E0JmBx4KksKnIUEGItidCWjWo0jCI](https://drive.google.com/open?id=1gZHz_uFyZNg-RD6E0JmBx4KksKnIUEGItidCWjWo0jCI)

# Manuel de fabrication de la pompe EMAS :

PAi 41 : Analyse de la technologie EMAS pour son application à la  
commune de Nikki : défis sociaux et technologiques

Auteurs

Raimon ALAGARDA

Daniel ALFARO

Manuel LLANES

Rita PÉREZ

Guillem PUIG

Pablo VERDOY

Conseiller de projet

Isabelle TREBINJAC

Commanditaire

Victor PEREZ

1

# Sommaire :

<b>Contexte du projet</b>	3
<b>Objectifs</b>	4
<b>Outils de fabrication</b>	4
<b>Matériaux</b>	5
<b>Etapes de fabrication</b>	6
Fabrication des valves	6
Outil de réduction	6
Corps de la valve	7
Assemblage des deux parties de la valve	8
Blocage du mouvement	9
Renforcé de caoutchouc	10
Valvule finale	10
Fabrication poignée acier	11
Bouchon	12
Coude	13
Tube de 900 mm	13
Tubes de 150 mm	14
Assemblage finale	15
Assemblage poignée en acier avec la valve	16
Poigné	16
Adaptateur femme	16
Tube 20 mm PVC	17
Valvule 1	17
Assemblage valvule avec tube connecté au sol	18
Tube de 32 mm	18
Valvule 2	19
Assemblage	19
<b>Plans des pièces</b>	20
Té	21
Coude	22
Assemblage de la poignée avec le tube de 900 mm	23

## 1. Contexte du projet

Pour comprendre l'origine de ce projet d'application industrielle il faut connaître les différents acteurs qui interviennent dans la mise en place de ce projet. OAN international est une ONG qui est née l'année 2014 au sein d'un groupe d'étudiants universitaires en Espagne dont le but est d'améliorer la situation de Nikki, une commune au nord du Bénin. OAN propose des interventions multidisciplinaires à travers essentiellement des TFEs pour élaborer un modèle de développement international.

OAN International a identifié différents besoins d'accès à l'eau potable dans certains villages à Nikki. Les technologies proposées par EMAS semblent les plus pertinentes pour répondre aux besoins. Les premières approches de l'ONG par rapport à l'implémentation de ces technologies, trouvent une nécessité grande pour mieux analyser ces solutions et les adapter aux contextes de chaque village. Nous entrons en collaboration avec l'ONG par le commanditaire Victor Perez (Co-président du comité d'Infrastructures, Énergie et Eau) pour étayer et analyser la bibliographie sur le thème et faire des propositions d'application de cette technologie.

Suite au premier contact avec l'ONG et les différentes rencontres effectuées par le groupe, on a établi, en respectant le cahier des charges proposé par notre commanditaire, l'objectif global du projet : trouver des solutions concrètes et réalisables en vue de garantir l'accès à l'eau (et à sa potabilisation) à la commune de Nikki (Région du nord de Bénin). Pour cela, on a choisi la technologie EMAS (un choix qui sera justifié dans le projet), une technologie qui cherche à garantir l'accès soutenable (économique, technique, social et environnemental) à l'eau par la population locale.

Dans la complexité du projet et compte tenu du manque d'expérience de notre groupe, un autre acteur est impliqué dans le projet pour des actions de conseil et de diffusion de connaissance technique. Il s'agit de TadeH (« Tecnologías Apropriadas para el Desarrollo Humano ») qui est partenaire de EMAS et spécialiste d'implantation technologique.

De plus, les résultats envisagés de ce projet sont intéressants pour plusieurs autres organisations regroupées en réseau nommé « Cooperagua », dans le domaine de l'eau et assainissement.

Ce projet va s'articuler autour de trois points. D'abord, une étude de cas pour contextualiser le développement actuel des technologies EMAS. Ensuite, une étude technique qui aura comme but principal la conception de la pompe en respectant différents aspects. Et enfin, la cartographie qualitative pour catégoriser et localiser le différent village de Nikki en fonction de ses besoins d'approvisionnement d'eau potable.

## 2. Objectifs

La gamme des technologies EMAS visent à couvrir 4 points : La perforation manuel des forages, la pompe, les citernes et les latrines. L'objectif du projet est de donner une solution intégrale aux besoins à partir de l'utilisation de ces technologies (et dans certain cas des solutions substitutives). Notre ambition est d'améliorer la technologie et surtout la technologie de pompage. Ainsi, dans le cadre de l'étude technique, on va analyser les différents fonctionnements des pompes et leurs limitations dans différents cas d'implémentation (et reconnaître si les valeurs de l'OMS sont respectées).

L'objectif de ce manuel est de mettre en place les différents outils pour pouvoir fabriquer la pompe de technologie EMAS. Pour cela, dans ce manuel, une séquence d'étapes de construction seront expliqués ainsi que les différents outils de fabrication pour pouvoir simplifier la fabrication de la pompe. D'autre part, une présentation du budget du projet pour pouvoir fabriquer la pompe sera présenté.

## 3. Outils de fabrication

D'abord, il faut bien comprendre que la fabrication de la pompe EMAS est une fabrication artisanale, ce qu'implique que des différents outils pour sa fabrication peuvent être utilisés. De façon général, les outils les plus utilisés sont les suivants. Néanmoins, cela n'implique pas qu'on peut utiliser différents outils si on en a besoin.

- Marteau.
- Scie.
- Clou (pour faire le trou de la valve).
- Colle.
- Seau avec de l'eau.
- Couteau pour enlever les impuretés des tubes.
- Flamme pour chauffer les tubes.
- Lime



Figure 1 - Outils de fabrication

## 4. Matériaux

De façon analogue aux outils de fabrication, les matériaux de fabrication peuvent être choisis en fonction des disponibilités environnementales. Dû au fait que la pompe EMAS a comme but, utiliser les matières premières de chaque région pour pouvoir développer la pompe, différents prototypes de pompe ont été développés en fonction des disponibilités. Néanmoins, toutes les pompes suivent un patron de fabrication.

Le choix des matériaux de fabrication varie en fonction du type de pompe qu'on va fabriquer. Pour sélectionner les différents matériaux, il faut prendre en considération différents aspects.

D'abord, on doit choisir la taille de la pompe. Cette décision va dépendre de la région où on se trouve. C'est-à-dire, la taille de la pompe va dépendre du type de sol, la technique de perforation et surtout, du débit recherché. Mais, toutes ces décisions doivent respecter les normes établies par l'OMS (organisation mondiale de la santé).

À continuation on présente un exemple de table avec les différents matériaux pour développer une pompe de 20mm de diamètre et 10 m de profondeur.

Étude des matériaux utilisés pour la pompe 10m - 20mm								
Élément	Matériau	Quantité	Partie de la pompe	Dimensions (mm)			Pression	Prix(€)
				Diamètre nominal	Diamètre extérieur	Largeur		
Tube 20	PVC	1	Connexion té avec valve	20	26.7	9500	PN 16	4
Tube 32	PVC	1	Superposé au tube de 20	32	42.2	7500	PN 10	6,4
Femelle adaptateur	PVC	1	Connexion PVC avec l'acier	20	26.7	-	-	0.5
Colle PVC	-	1	Coller les tubes de PVC	-	-	-	-	4
Tube 20	Acier	1	à diviser en 3 (900,150,150) pour les connecter à la té	20	26.7	1200	-	4
Té 20	Acier	1	Connecté avec tubes de 20	20	26.7	-	-	0,4

Bouchon 20	Acier	1	Connecté au tube 150	20	26.7	-	-	0,4
Coude 20	Acier	1	Connecté au tube de 150 et tube de sortie	20	26.7	-	-	0,4
Tube de sortie	Plastic	1	Connecté au coude	20	-	Variable	-	
Bille	Verre	2	Situés à la caméra de chaque valve	18	-	-	-	0,2
Roue de voiture réutilisé	Caoutchouc	2	Valve	-	-	-	-	-

Tableau 1 - Matériaux

## 5. Étapes de fabrication

D'abord il faut bien différencier trois étapes de fabrication, une première étape ou la fabrication des valves utilisées sera réalisée, une deuxième étape du montage de la tête de la pompe, c'est-à-dire, la poignée et finalement l'assemblage de la pompe.

### 5.1. Fabrication des valves

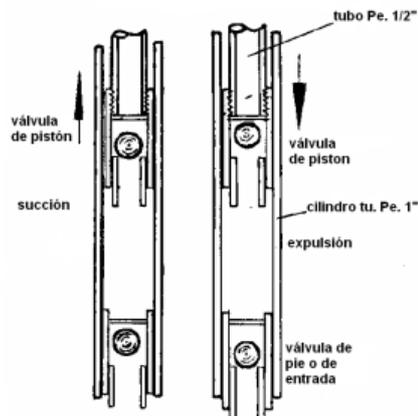


Figure 2 - Fonctionnement des valves

Le corps de chaque valve est formé par un tube. Dans l'intérieur de ce tube une bille bloquera l'entrée ou la sortie de l'eau en fonction de chaque étape grâce à l'utilisation de différents tubes de différents diamètres et une vis de rétention. Pour cela on devra fabriquer un outil de réduction afin de modifier les différents diamètres.

#### 5.1.1. Outil de réduction

On chauffe le tube (tube 1) pour pouvoir introduire un autre tube (tube 2) du même diamètre dans le tube qui a été chauffé et pouvoir obtenir l'outil de réduction.



Figure 3 - Réduction taille tube

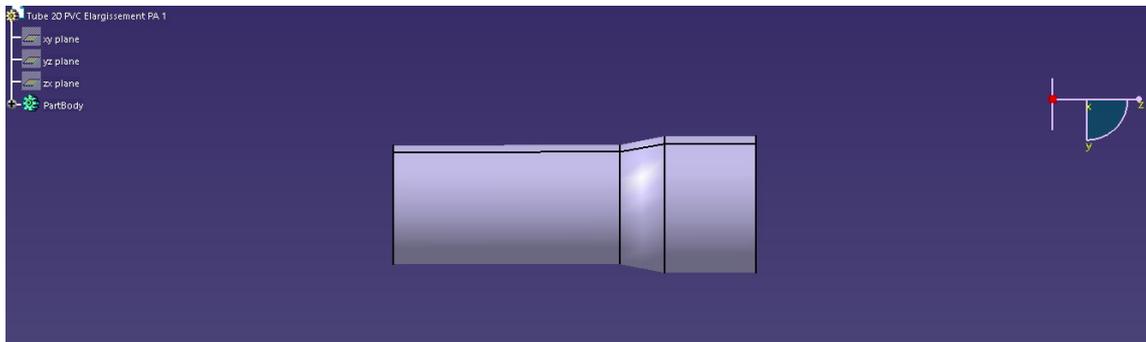


Figure 4 - Modèle CATIA



Figure 5 - Modèle réel

### 5.1.2. Corps de la valve

Maintenant, on chauffe le tube 2 et on l'introduit dans le tube 1 par la partie plus grande et créer le corps de la valve.



Figure 6 - Outils pour la fabrication de la valve

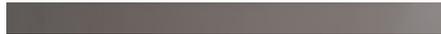


Figure 7 - Corps de la valve réel

Il est important de choisir une bille qui peut être facilement déplacé à l'intérieur du tube et qui est bloqué par le corps de la valve. Pour qu'il n'y ait pas de pertes de pression, on chauffe la partie la plus extrême du corps de pompe et on ajuste la taille de la bille.



Figure 8 - Corps de la valve réel et bille

### 5.1.3. Assemblage des deux parties de la valve

Dans cette partie du tube on introduira la bille. De cette façon la bille pourra se bouger librement et sera bloqué par le tube réduit à la première étape.



Figure 9 - Valve avant union

#### 5.1.4. Blocage du mouvement

Pour bloquer le mouvement de la bille et laisser passer l'eau de l'autre côté du tube, on introduit une vis de 8mm d'épaisseur pour résister les chocs de la bille.



Figure 10 - Blocage du mouvement



Figure 11 - Valve depuis union

### 5.1.5. Renforcé de caoutchouc

On ajoute à l'outil de réduction le soutien qu'on avait coupé à l'étape 3. Entre le soutien et le tube on ajoute le caoutchouté.

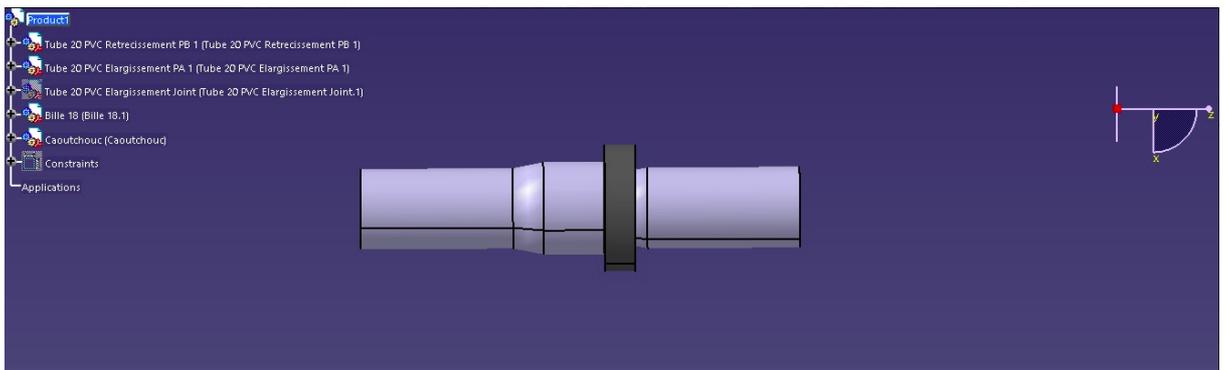


Figure 12 - Modèle valve finale

### 5.1.6. Valvule finale

On coupe un morceau de l'élément de réduction et on l'ajoute à la sortie du tube de 1'' avec de la colle. Finalement on ajoute un tube de 1/2'' à la fin du tube grâce à la réduction de diamètre.



Figure 13 - Modèle valve finale

## 5.2. Fabrication poignée acier

Pour fabriquer la poignée en acier, on utilise un tube de 20 mm de diamètre pour 1200 mm de long, un té, un bouchon, un coude. On divise le tube en 3, avec différentes longueurs (900 mm, 150 mm et 150 mm). On fera l'assemblage de tous les composants avec la méthode de soudure. Premièrement, on fixera les tubes de 150 mm avec le té, après, on soudera aux extrémités le bouchon et le coude.

Pour finir, on fixera à la troisième extrémité le tube de 900 mm.

### 5.2.1. Té

On utilise une pièce normalisée pour tubes de 20mm de diamètre.

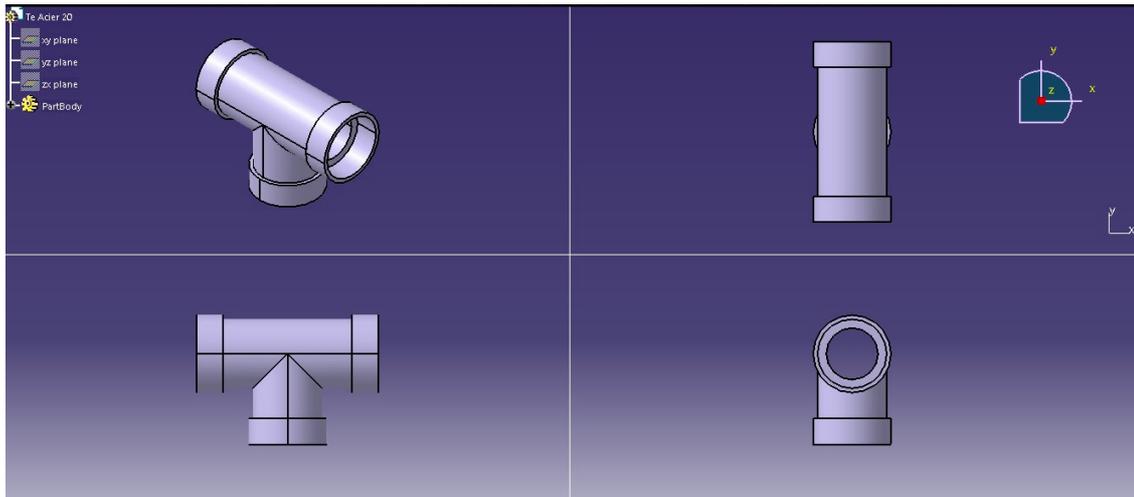


Figure 14 - Modèle Té

### 5.2.2. Bouchon

On utilise une pièce normalisée pour tubes de 20mm de diamètre.

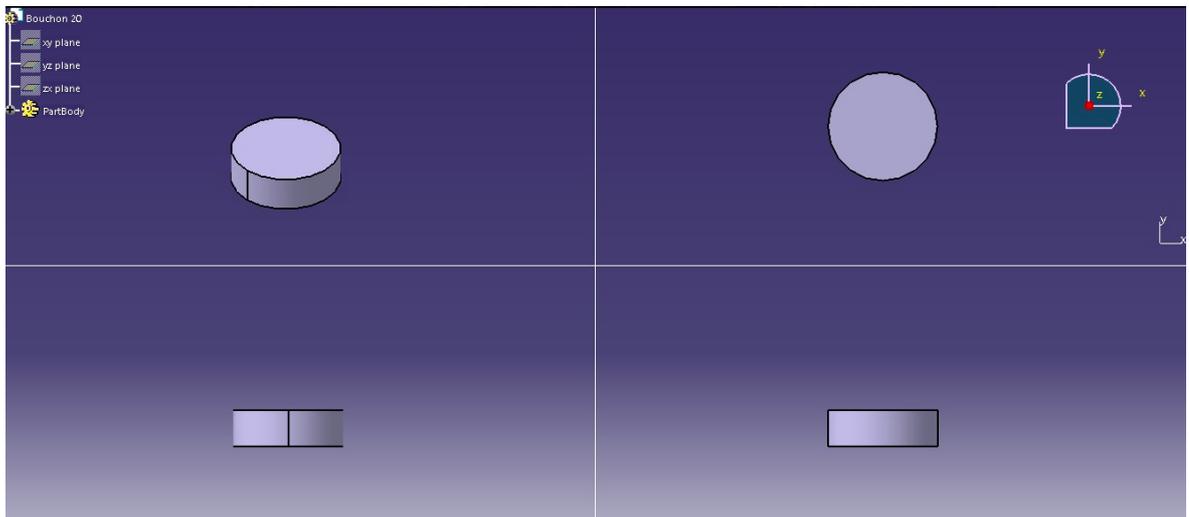


Figure 15 - Modèle Bouchon



Figures 16 et 17 - Bouchon réel

### 5.2.3. Coude

On utilise une pièce normalisé pour tubes de 20mm de diamètre.

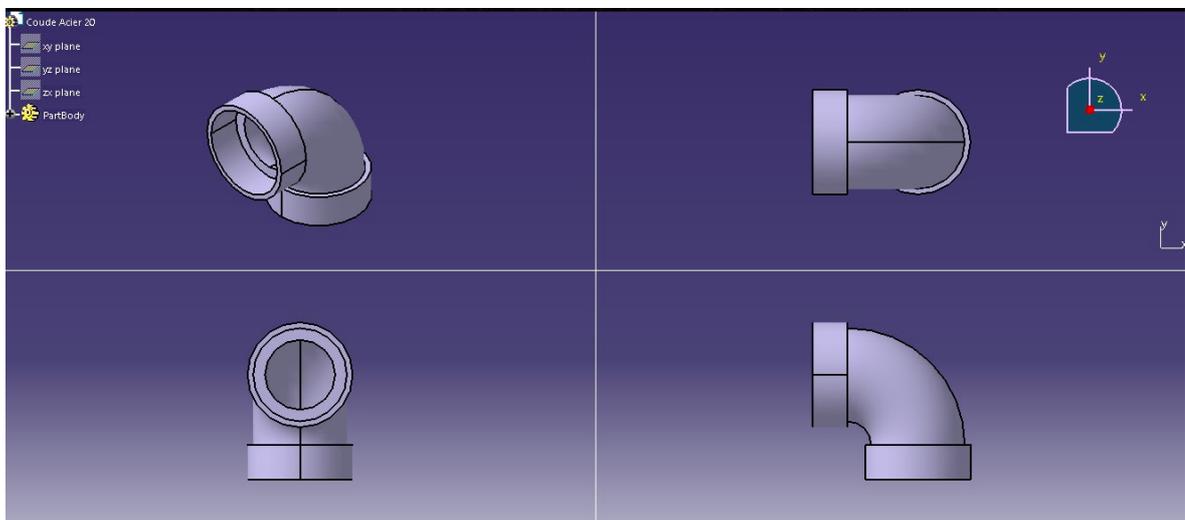


Figure 18 - Modèle Coude

### 5.2.4. Tube de 900 mm

Avec un tube de 1200 mm on coupe deux parties pour obtenir le tube de 900 mm et les tubes de 150 mm qu'on utilisera pour transporter l'eau.



Figure 19 - Modèle Tube 900 mm

### 5.2.5. Tubes de 150 mm

Avec un tube de 1200 mm on coupe deux parties pour obtenir le tube de 900 mm et les tubes de 150 mm qu'on utilisera pour transporter l'eau.

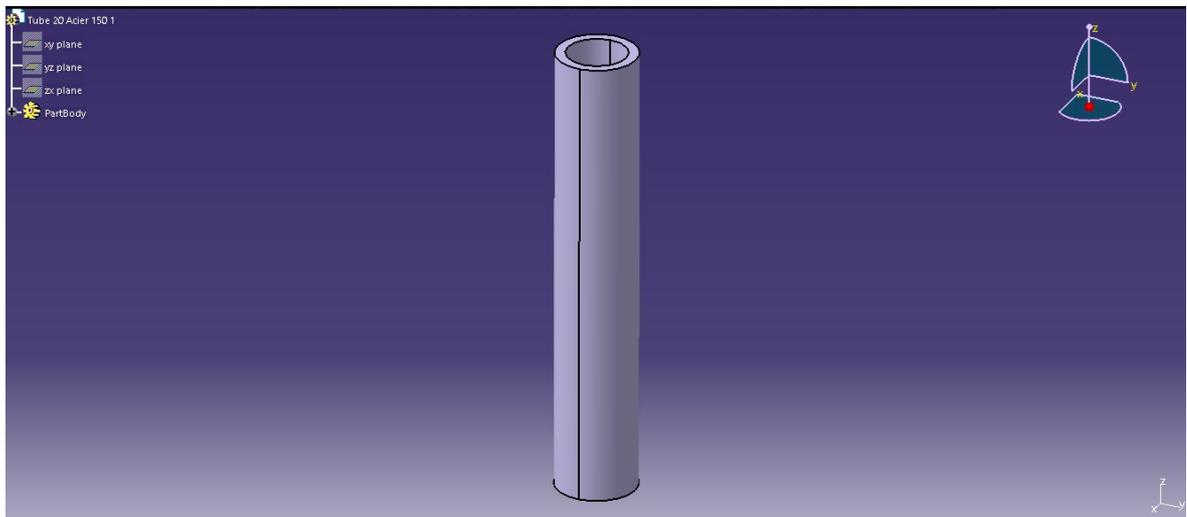


Figure 20 - Modèle Tube 150 mm

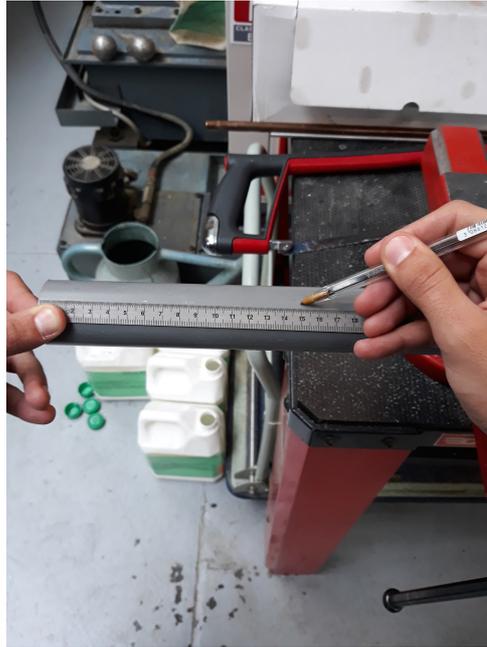


Figure 21 - Réduction taille tube

### 5.2.6. Assemblage finale



Figures 22 et 23 - Assemblage finale modèle CATIA et réel

### 5.3. Assemblage poignée en acier avec la valve

#### 5.3.1. Poigné



Figure 24 - Poignée

#### 5.3.2. Adaptateur femelle

Cette pièce est utilisée pour connecter la poignée avec le tube de 20 mm que au même temps est connectée à la valvule.

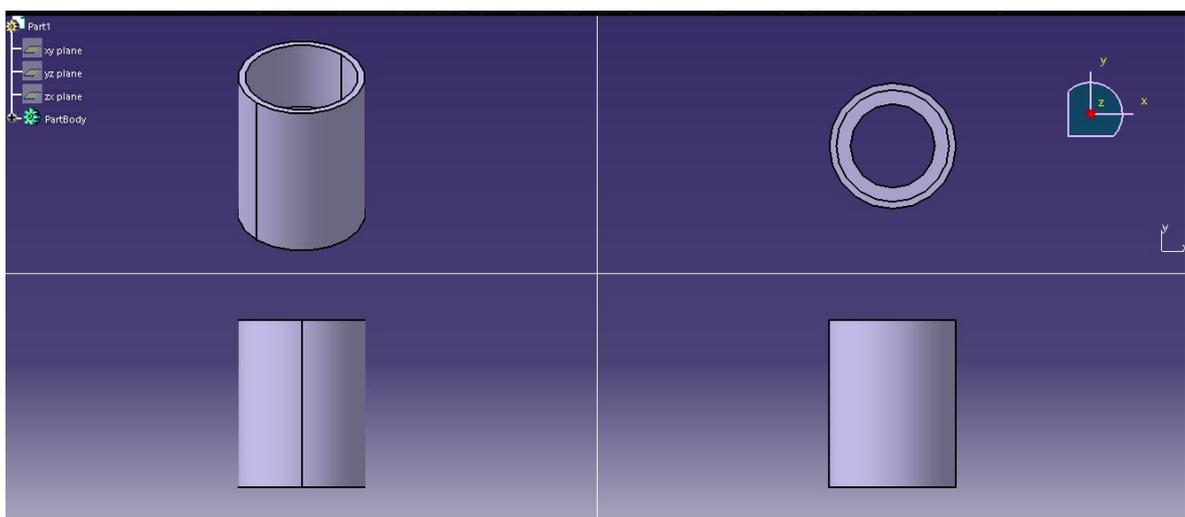


Figure 25 - Modèle adaptateur femelle

### 5.3.3. Tube 20 mm PVC

On utilise arbitrairement un tube de 20 mm pour représenter l'assemblage. Néanmoins, on peut utiliser des tubes jusqu'à 900 mm.



Figure 26 - Modèle tube 20 mm

### 5.3.4. Valvule 1

La valve utilisée est la valve expliqué dans la partie 5.1. Cependant, les connexions à chaque côté de chaque valve est différent.

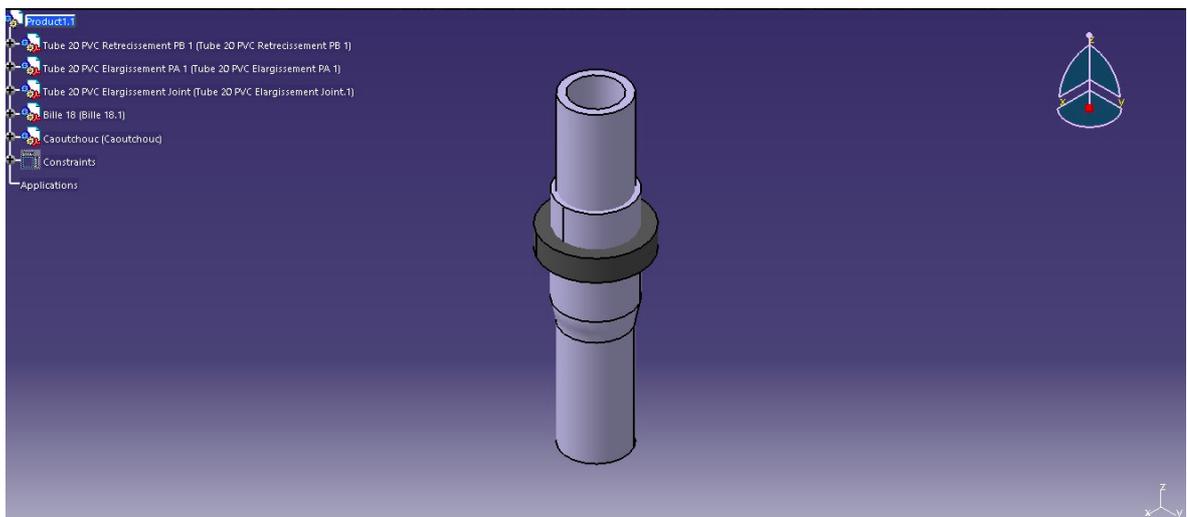


Figure 27 - Modèle valvule



Figure 28 - Modèle valvule réelle

#### 5.4. Assemblage valvule avec tube connecté au sol

##### 5.4.1. Tube de 32 mm



Figure 29 - Modèle tube 32 mm

### 5.4.2. Valvule 2

De façon analogue à la première valvule, cette valvule est la valvule

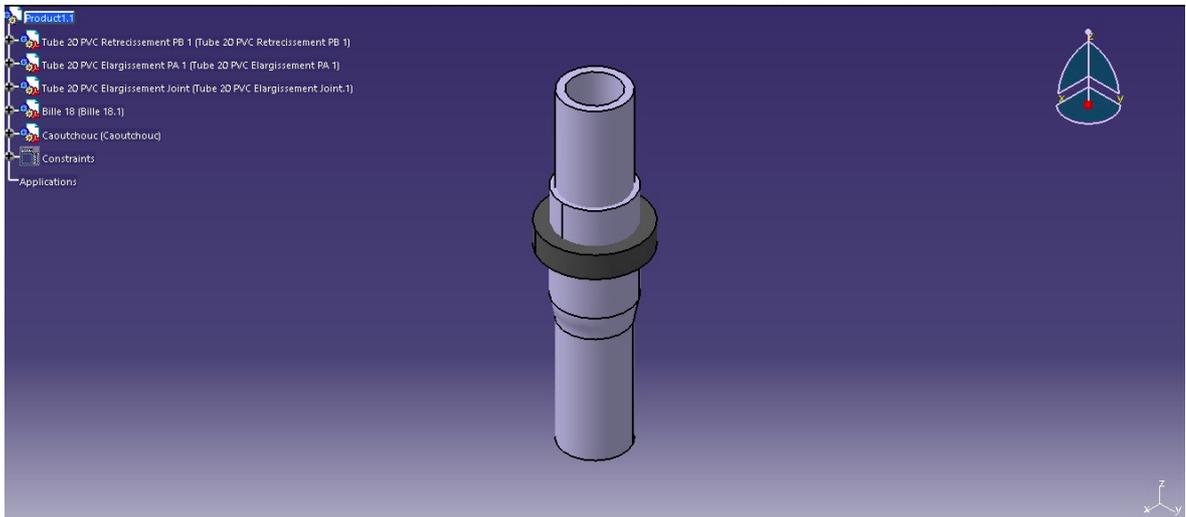


Figure 30 - Modèle valvule

### 5.4.3. Assemblage



Figure 31 - Modèle assemblage



Figure 32 - Modèle assemblage final réel

## 6. Plans des pièces

Pour préciser les caractéristiques de chaque pièce et une fois chaque une des étapes à suivre pour la fabrication a été précisé, une élaboration formalisée des pièces avec chaque mesure a été réalisé.

## 6.1. Té

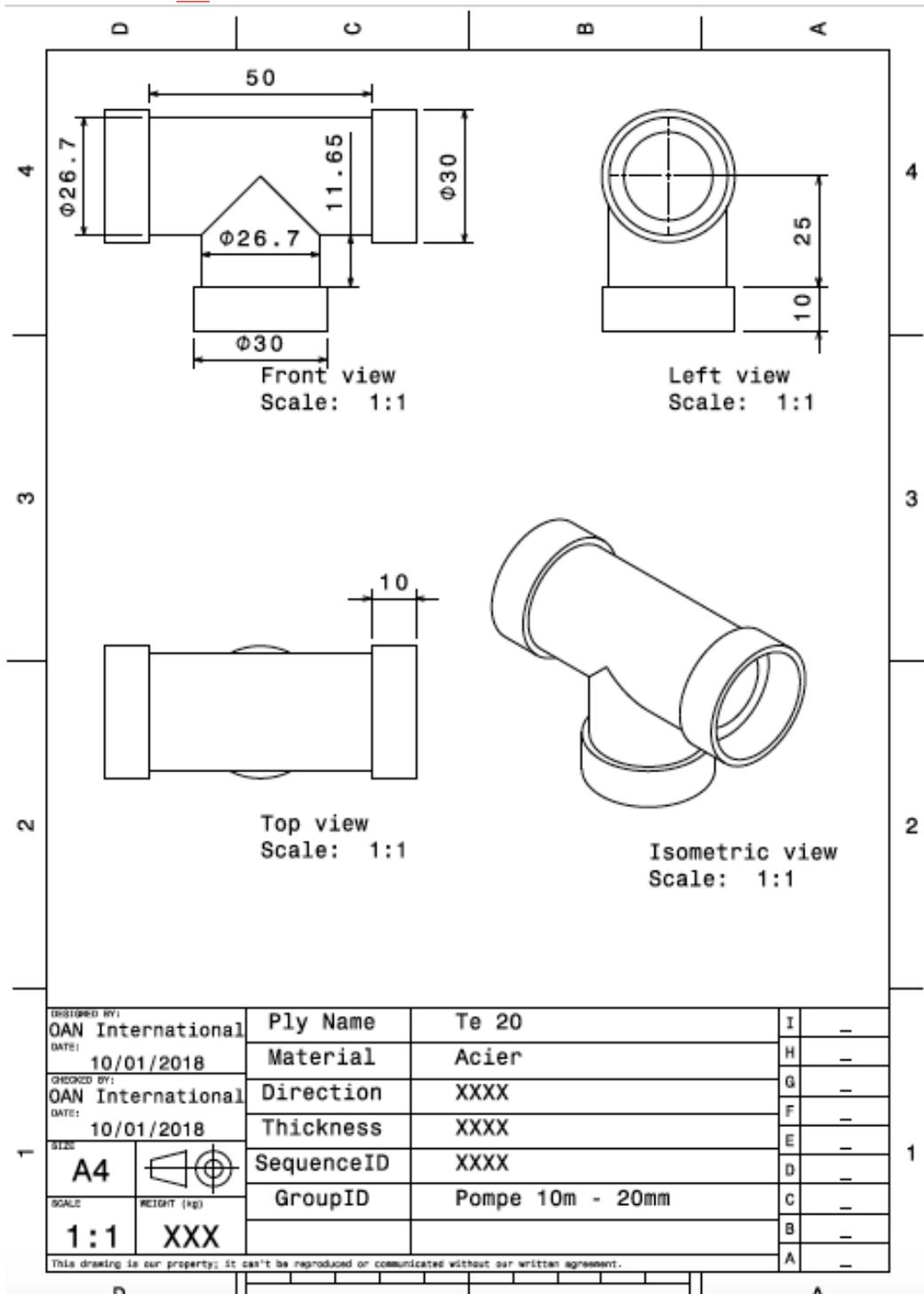


Figure 33 - Plane Te 20

6.2. Coude

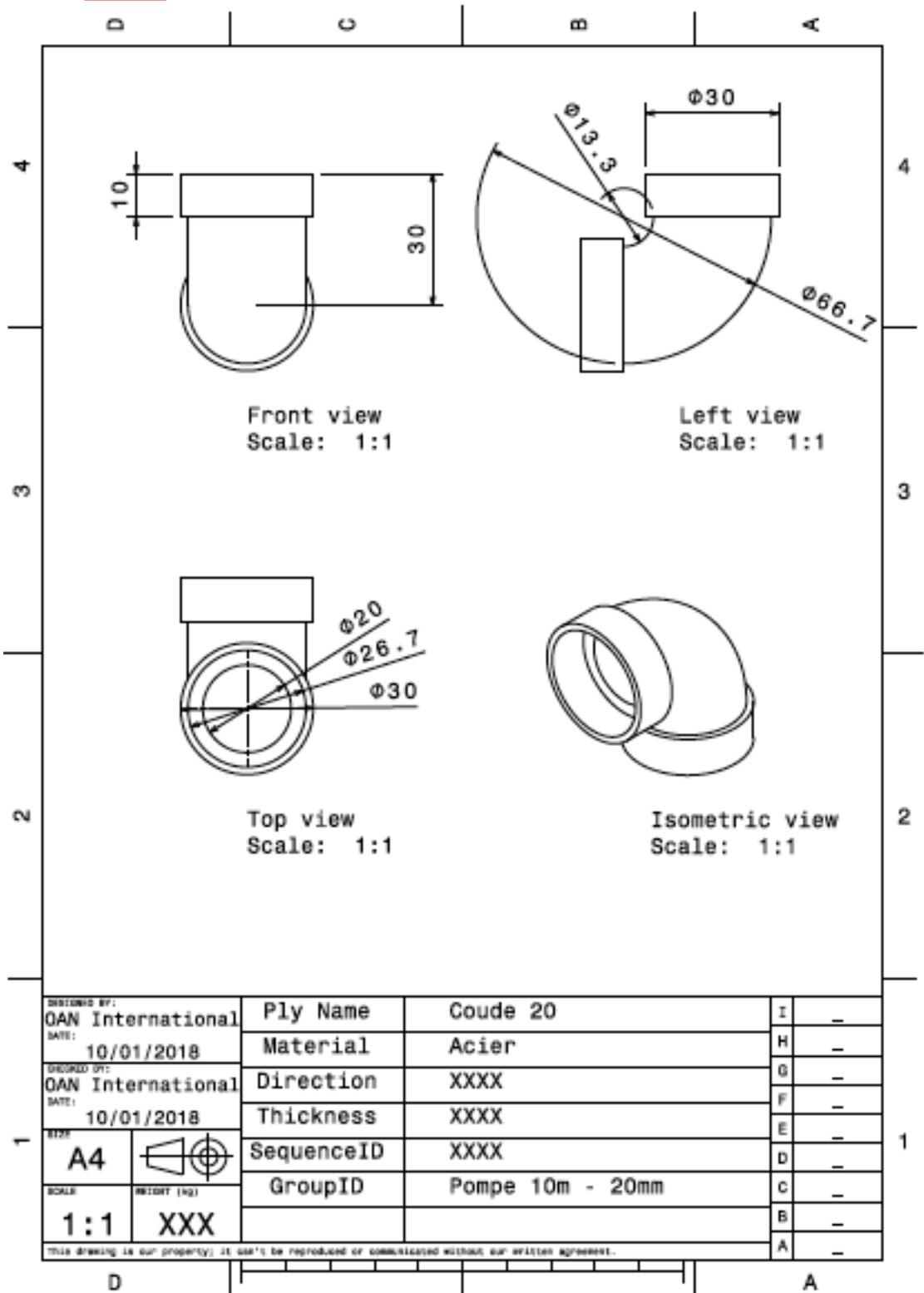


Figure 34 - Plane Coude 20

### 6.3. Assemblage de la poignée avec le tube de 900 mm

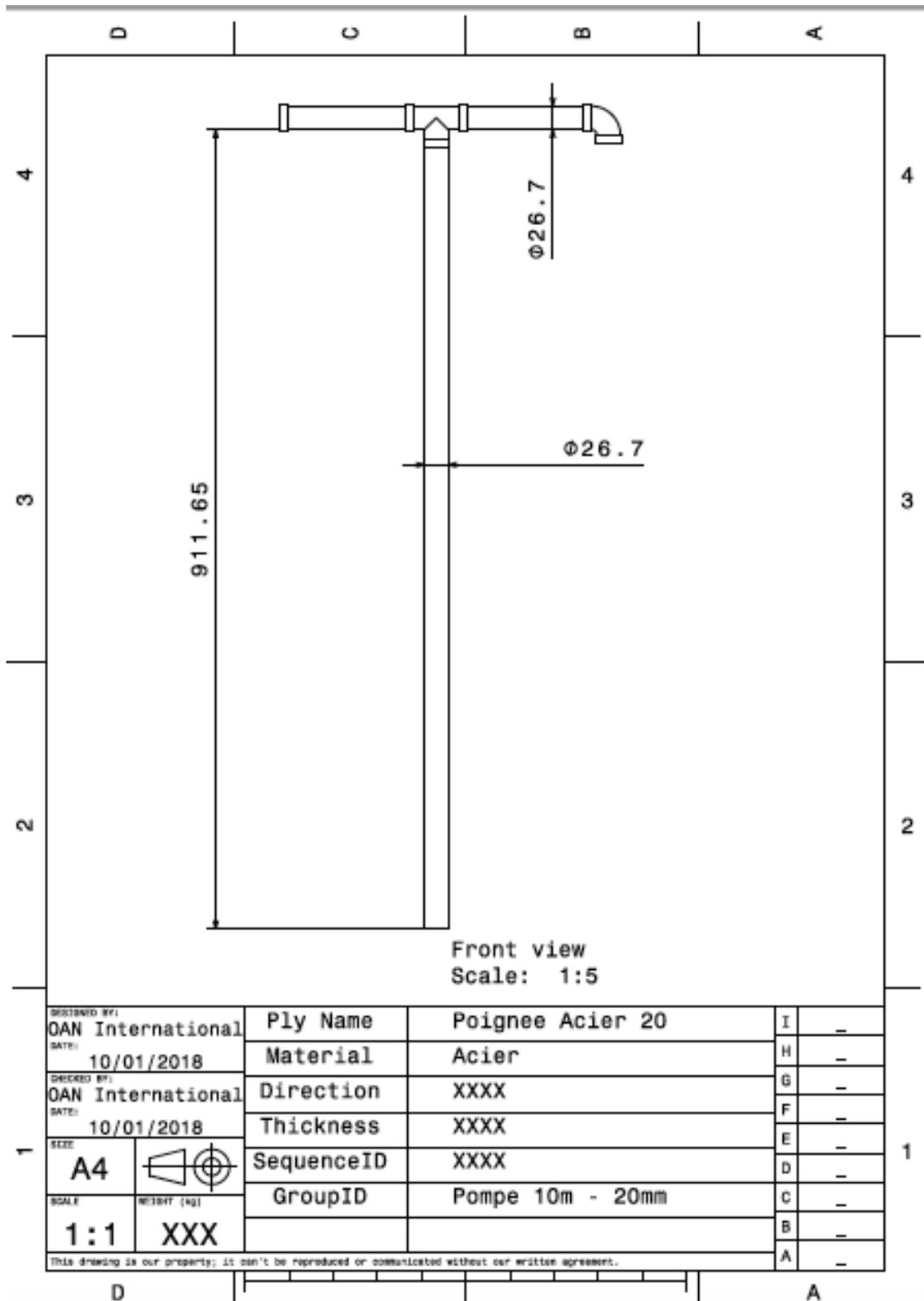


Figure 35 - Plane Poignée 20

# Manuel de réparation de la pompe EMAS :

PAi 41 : Analyse de la technologie EMAS pour son application à la  
commune de Nikki : défis sociaux et technologiques

Auteurs

Raimon ALAGARDA

Daniel ALFARO

Manuel LLANES

Rita PÉREZ

Guillem PUIG

Pablo VERDOY

Conseiller de projet

Isabelle TREBINJAC

Commanditaire

Victor PEREZ

# Sommaire :

<b>Contexte du projet</b>	3
<b>Objectifs</b>	4
<b>Éléments à réviser</b>	4
Élément de rétention	4
Fissures aux valves	7
Assemblage entre les tubes	7
Enveloppe en plastique	8
<b>Conclusion</b>	9

## 1. Contexte du projet

Pour comprendre l'origine de ce projet d'application industrielle il faut connaître les différents acteurs qui interviennent dans la mise en place de ce projet. OAN international est une ONG qui est née l'année 2014 au sein d'un groupe d'étudiants universitaires en Espagne dont le but est d'améliorer la situation de Nikki, une commune au nord du Bénin. OAN propose des interventions multidisciplinaires à travers essentiellement des TFEs pour élaborer un modèle de développement international.

OAN International a identifié différents besoins d'accès à l'eau potable dans certains villages à Nikki. Les technologies proposées par EMAS semblent les plus pertinentes pour répondre aux besoins. Les premières approches de l'ONG par rapport à l'implémentation de ces technologies, trouvent une nécessité grande pour mieux analyser ces solutions et les adapter aux contextes de chaque village. Nous entrons en collaboration avec l'ONG par le commanditaire Victor Perez (Co-président du comité d'Infrastructures, Énergie et Eau) pour étayer et analyser la bibliographie sur le thème et faire des propositions d'application de cette technologie.

Suite au premier contact avec l'ONG et les différentes rencontres effectuées par le groupe, on a établi, en respectant le cahier des charges proposé par notre commanditaire, l'objectif global du projet : trouver des solutions concrètes et réalisables en vue de garantir l'accès à l'eau (et à sa potabilisation) à la commune de Nikki (Région du nord de Bénin). Pour cela, on a choisi la technologie EMAS (un choix qui sera justifié dans le projet), une technologie qui cherche à garantir l'accès soutenable (économique, technique, social et environnemental) à l'eau par la population locale.

Dans la complexité du projet et compte tenu du manque d'expérience de notre groupe, un autre acteur est impliqué dans le projet pour des actions de conseil et de diffusion de connaissance technique. Il s'agit de TadeH (« Tecnologías Apropriadas para el Desarrollo Humano ») qui est partenaire de EMAS et spécialiste d'implantation technologique.

De plus, les résultats envisagés de ce projet sont intéressants pour plusieurs autres organisations regroupées en réseau nommé « Cooperagua », dans le domaine de l'eau et assainissement.

Ce projet va s'articuler autour de trois points. D'abord, une étude de cas pour contextualiser le développement actuel des technologies EMAS. Ensuite, une étude technique qui aura comme but principal la conception de la pompe en respectant différents aspects. Et enfin, la cartographie qualitative pour catégoriser et localiser le différend village de Nikki en fonction de ses besoins d'approvisionnement d'eau potable.

## 2. Objectifs

La pompe EMAS est une pompe de fabrication artisanale et, par conséquent, c'est une pompe qui doit être constamment surveillée pendant la période d'utilisation afin d'éviter des ruptures.

Le but de ce manuel est d'expliquer les différents points qui doivent être revus pour assurer une durée de vie plus longue. De même, les différentes formes de réparation seront exposées pour faciliter leur réparation.

Afin que la pompe EMAS puisse être réparée par n'importe quelle famille, quel que soit le niveau d'éducation des membres de la famille, ce manuel a été conçu pour être facile à comprendre et à appliquer.

## 3. Éléments à réviser

### 3.1. Élément de rétention

L'élément de rétention est l'un des éléments les plus fragiles de la pompe. Dû au fait que la bille frappe l'élément de rétention à chaque compression/expansion du cylindre, il est exposé à une usure continue.

Normalement, l'élément de rétention est également fabriqué dans le même matériau que les tuyaux, c'est-à-dire, en PVC, mais il est recommandé d'utiliser tout autre type de matériau plus résistant, car le PVC absorbe les coups de la bille jusqu'à un point où il cède et se fend.

Pour vérifier l'état de l'élément de rétention, il suffit de bouger la pompe vide pour voir si la bille se déplace tout au long du tube en PVC. De cette façon, nous pouvons vérifier si l'élément de rétention maintient son état initial.

D'autre part, on peut nous donner compte d'une rupture de l'élément de rétention si, durant le pompage, le débit diminue considérablement ou la sortie de l'eau s'arrête par complet.

La rupture de l'élément de rétention peut se produire pour différentes raisons. Les plus fréquentes sont dues à l'usure (environ une fois par mois dans le cas des éléments de retenue en PVC) ou au franchissement de la distance de sécurité de la pompe en descendant et en frappant le l'élément de rétention avec le tuyau.

La pompe EMAS est constituée d'un ensemble de tuyaux en PVC de différents diamètres. Pour cela, si le piston supérieur est trop abaissé lorsque le mouvement de montée et descente est effectué pour extraire l'eau, le PVC frappera la rétention. Dans ce cas, l'élément de rétention ne se casse pas forcément, mais dans la grande majorité des occasions cela produit une déformation qui produit la rupture.

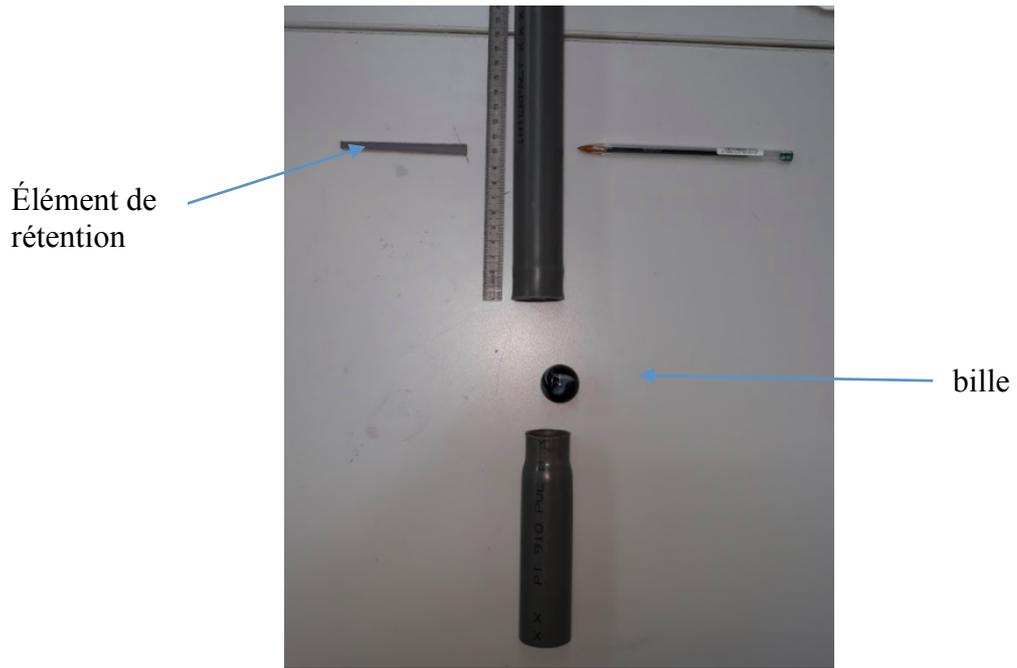


Figure 1 - Valve supérieure



Figure 2 - Pompe

### 3.2. Fissures aux valves

Pendant chaque compression et expansion des valves, celles souffrent une force transmis par la bille. La bille est soutenue par la réduction de diamètre du PVC, c'est dans ce point où les fissures peuvent se produire car la bille frappe le PVC pendant chaque cycle.

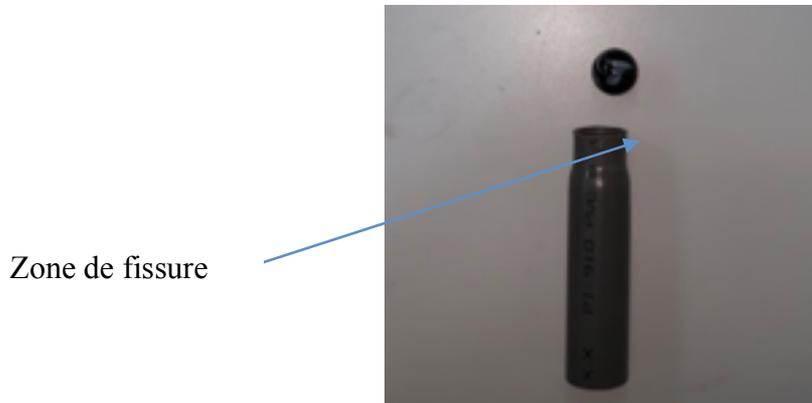
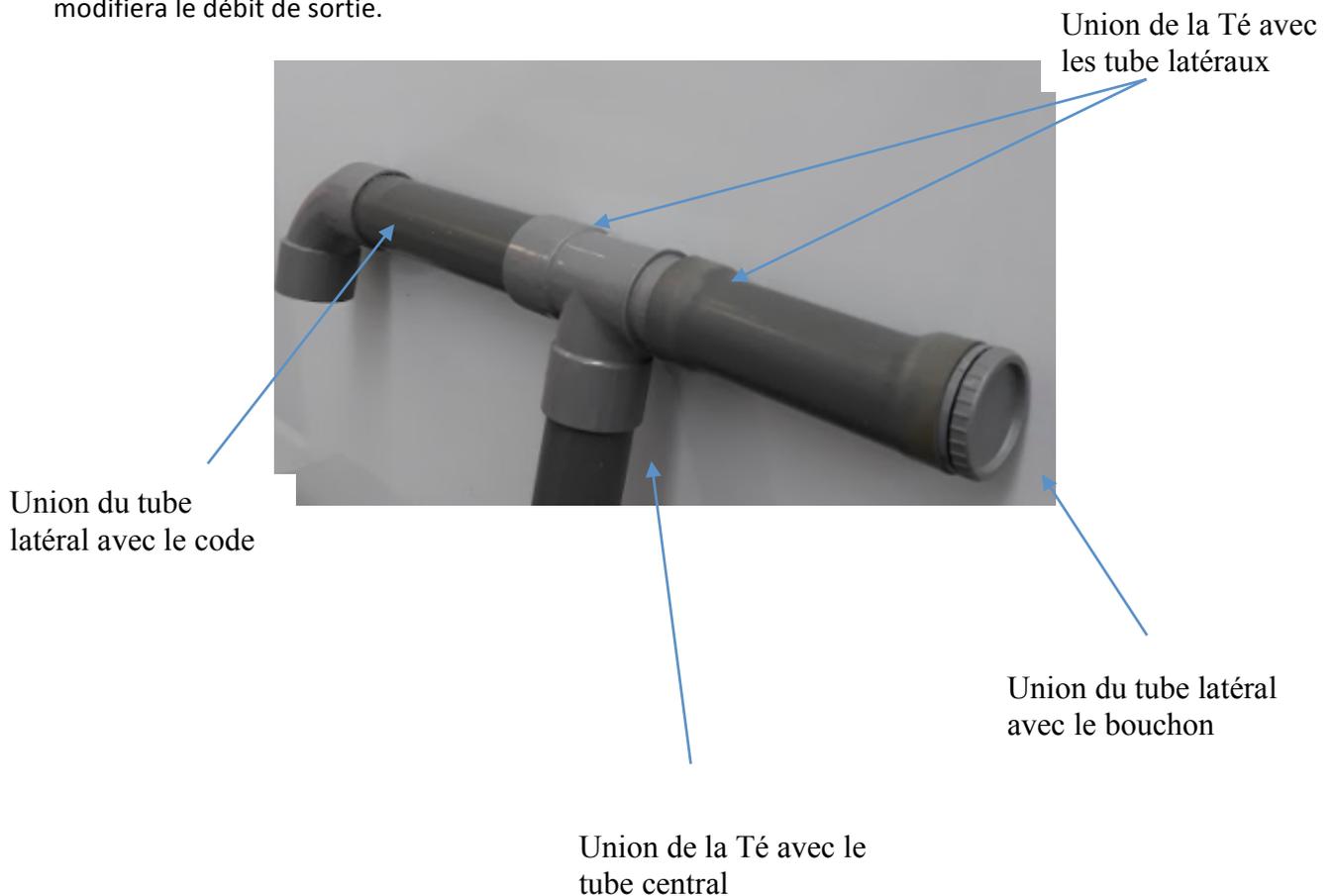


Figure 3 - Tube de rétention de la bille

### 3.3. Assemblage entre les tubes

Même si les tubes sont connectés et unis avec colle, il faut vérifier que les unions ne se séparent pas car une petite séparation entre deux tubes produira une petite fuite qui modifiera le débit de sortie.



### 3.4. Enveloppe en plastique

Le té est relié par un tube qui au même temps se connecte à un tube de plus grand diamètre. Ce tube devrait pouvoir se déplacer le long du tube de plus grand diamètre. Pour cela, il n'y a donc pas de réduction de diamètre entre les deux tubes.

Cependant, le fait de ne pas fermer la connexion entre les deux tubes produit une grande perte de pression dû au fait qu'il reste une partie de la pompe ouverte.

Pour résoudre cette problématique, et comme nous avons indiqué au manuel de conception et fabrication, il y a différentes méthodes. Cependant, la méthode la plus utilisée est la méthode la plus fragile.

La méthode consiste à envelopper un sac poubelle ou tout autre matériau plastique léger autour de l'espace libre afin de couvrir le trou et ainsi éliminer les pertes de pression.

Ce plastique doit être renforcé et fixé avec ruban adhésif. Cependant, il doit être fixé sans trop de force, car l'application d'une trop grande force restreindrait le mouvement du tube.

La vérification de cette partie de la pompe doit être l'une des plus fréquentes car elle est très simple et si elle n'est pas vérifiée, elle aura de très mauvaises conséquences. Durant chaque pompage, le plastique subit une force vers le bas et ensuite vers le haut, il perd progressivement son état naturel, libérant et laissant l'air s'échapper. Cela implique une perte de pression et donc, une diminution de débit à la sortie.

Sa réparation est très simple, il suffit d'ajouter un peu plus de ruban adhésif pour rattacher le plastique. Mais au cas où l'enveloppe a perdu son état initial, il faudra enlever le plastique et refaire l'enveloppe.

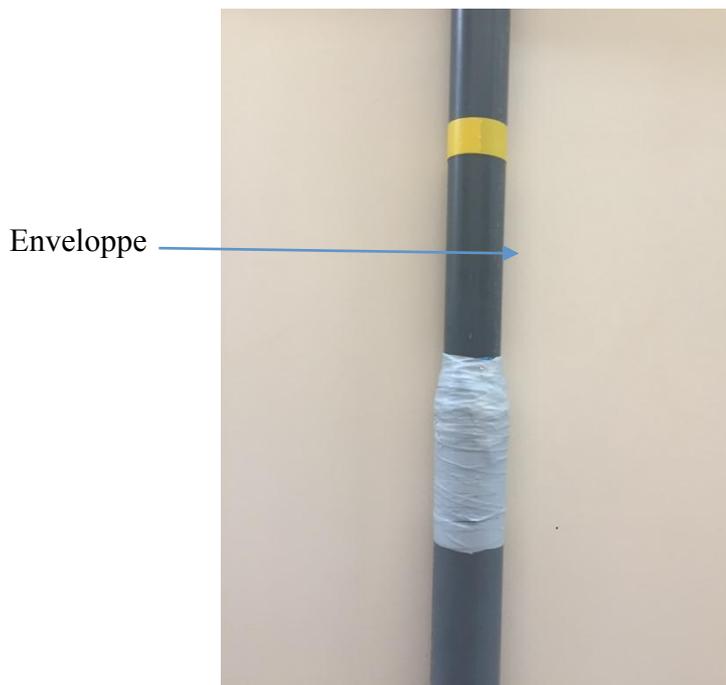


Figure 5 - Enveloppe

## 4. Conclusion

Il est important d'inspecter la pompe régulièrement afin d'éviter une défaillance de la pompe et de prolonger la durée de vie de la machine.

Afin de garantir la durabilité de la pompe de la technologie EMAS, il est très important d'effectuer et de suivre en détail chaque étape de fabrication indiquée dans le manuel de fabrication et de conception. Cependant, si nous voulons garantir l'utilisation quotidienne, le contrôle et la révision permanente est la tâche la plus importante à effectuer.

Il s'agit de petits détails qui, lorsqu'ils sont utilisés pendant 5-10 minutes par jour, peuvent varier considérablement la durée de vie de la pompe.