



# Construction d'une unité de déferrisation à faible coût pour les systèmes de pompes à motricité humaine



Nadège Villard

Erik van de Giessen

Septembre 2017



## Remerciements

Ce document a été réalisé dans le cadre du projet Rano Tsara 2 (juin 14 à sept. 17) opéré par Medair Madagascar et ses partenaires.

Il a été rendu possible grâce à :

- Mme Nadège Villard, Responsable du secteur Infrastructure Eau à Madagascar d'Octobre 2014 à Septembre 2016 qui a conçu, testé et amélioré les modèles d'unités de déferrisation avec son équipe et qui a rédigé les premières versions de ce document de capitalisation
- L'équipe des techniciens du secteur Infrastructure Eau du projet Rano Tsara 2 et notamment M. Théophile RABE et Chan KAM LON
- M. RANDRIATSARAFARA Fanasina Onimbola Mahery, stagiaire Ingénieur responsable de l'étude et du suivi des performances des unités de déferrisation
- Les personnes qui ont relu le document, et notamment Kyle Lotier, Responsable du Secteur Infrastructure – Medair Madagascar (2016 et 2017) et Ketsia BONNAZ, Coordinatrice de projets – Medair Madagascar.
- M. Erik van de Giessen, Conseiller WASH au siège de Medair à Lausanne qui a effectué la version finale de ce document.

## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Le traitement du fer dans l'eau.....</b>	<b>1</b>
2.1. Théorie sur le fer dans l'eau .....	1
2.1.1. Provenance du fer dans l'eau .....	1
2.1.2. Les différentes formes chimiques du fer dans l'eau .....	2
2.1.3. Le diagramme de Pourbaix .....	3
2.2. Procédés théoriques d'élimination du fer .....	3
2.2.1. Etape 1 : L'oxydation et la précipitation .....	3
2.2.2. Etape 2 : La séparation de la partie précipitée .....	4
2.2.3. Etape 3 : La filtration.....	4
2.3. Normes sur les taux de fer dans l'eau potable .....	5
<b>3. Conception et élaboration des unités de déferrisation à Madagascar .....</b>	<b>6</b>
3.1. L'ONG Medair à Madagascar .....	6
3.2. Critères de conception.....	6
<b>4. Description technique des unités de déferrisation .....</b>	<b>8</b>
4.1. Description Générale .....	8
4.2. L'alimentation de l'unité de déferrisation .....	9
4.3. La chambre d'aération- décantation .....	10
4.4. La chambre de filtration .....	14
4.5. La chambre de stockage de l'eau clarifiée.....	15
4.6. La collecte de l'eau clarifiée et l'évacuation .....	15
4.7. Détails de construction, trucs et astuces.....	16
<b>5. Procédures de maintenance. ....</b>	<b>17</b>
5.1. Le nettoyage simple.....	17
5.2. Le nettoyage Complet.....	18
<b>6. Participation et formation de la Communauté .....</b>	<b>18</b>
6.1. Introduction .....	18
6.2. La Commune et le Service Technique en Eau, Assainissement et Hygiène .....	19
6.3. Le Comité de Point d'Eau (CPE) .....	19
6.4. Les Délégués de l'Eau (DE) – structure PMH uniquement.....	19
6.5. L'Association communale des PMH.....	20
6.6. Les Techniciens villageois (TV).....	20
<b>Conclusion .....</b>	<b>21</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>21</b>
Annexe 1 : Dessins de conception .....	22
Annexe 2 : Factures de quantité .....	33
Annexe 3 : Résultats de mesures de retrait de fer.....	36
Annexe 4 : Manuel d'entretien .....	1



## 1. Introduction

Le but de ce document est de partager les connaissances et expériences acquises dans la construction des unités de déferrisation par l'équipe de Medair à Madagascar. Ce narratif est destiné aux professionnels travaillant avec Medair, ou bien travaillant dans d'autres organisations humanitaires ou de développement, qui souhaitent utiliser ce modèle d'unité de déferrisation compacte, facile à construire, facile à utiliser et entretenir, performant et peu coûteux. Il est donc aussi un guide pour des techniciens de terrain, permettant de reproduire et d'utiliser cette technologie.

Les résultats obtenus par les unités de déferrisation sont très encourageants en termes de réduction du taux fer et par la simplicité de son installation. En effet une cinquantaine d'unités ont été installées au cours du projet Rano Tsara 2 par Medair. La majorité d'entre elles présente un taux de fer bien inférieur à notre valeur maximale de 2 mg/L. Egalement, en termes de satisfaction des utilisateurs, la majorité des bénéficiaires interrogés expriment leur satisfaction quant à la qualité de l'eau traitée.

Le document est organisé en trois parties distinctes, à savoir :

- Les chapitres 2 et 3 qui présentent la théorie du traitement du fer et les critères de conception selon le contexte ;
- Le chapitre 4 qui présente la description de l'unité de déferrisation et ses caractéristiques techniques;
- Les chapitres 5 et 6 sur l'approche communautaire et la pérennité (entretien et durabilité de l'infrastructure).

Toutes les informations complémentaires sont présentées en Annexe.

## 2. Le traitement du fer dans l'eau

### 2.1. Théorie sur le fer dans l'eau

Le fer est un élément essentiel de la nutrition humaine. Les besoins pour l'organisme humain se situent aux alentours de 10mg/j pour la synthèse de l'hémoglobine, mais 60 à 70% seulement de la quantité absorbée est métabolisée<sup>1</sup>. Les limites de potabilité sont basées sur les effets esthétiques, sur le seuil gustatif, sur les effets ménagers (tâches sur le linge) et sur les inconvénients qu'il procure aux ouvrages tels que les tuyauteries. En moyenne, les individus testés perçoivent un goût désagréable à partir de 1,8 mg/L de sulfate de fer dissout dans l'eau. Souvent, lorsqu'il y a du fer, il y a également du manganèse dans les eaux souterraines, ce dernier est plus gênant.

#### 2.1.1. Provenance du fer dans l'eau

Le fer contenu dans les eaux superficielles peut avoir une origine tellurique, mais le plus souvent, il provient du lessivage du sol et des pollutions minières ou métallurgiques. Il se trouve de manière plus importante dans les eaux souterraines car le fer est l'un des métaux les plus abondants de la croûte terrestre. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrogéologiques. Dans

---

<sup>1</sup> « Analyse des Eaux – Aspects réglementaires et techniques », Chapitre III (fiche 12 : Dosage du Fer), page 68.

les terrains à faible perméabilité ou ceux situés dans les couches imperméables, les eaux contenant moins d'oxygène se chargent en fer. La mise en solution du fer est due à l'activité microbienne du sol qui nécessite des conditions de pH et de potentiel d'oxydoréduction particulières.

2.1.2. Les différentes formes chimiques du fer dans l'eau

Dans les eaux superficielles plus aérées, le fer se trouve sous forme ferrique  $Fe^{3+}$  et précipité sous forme d'hydroxyde ferrique  $Fe(OH)_3$ . Il sera donc associé aux matières en suspension. Dans les eaux souterraines, plus réductrices, le fer va se retrouver sous forme ferreuse  $Fe^{2+}$  qui est soluble. Il existe une autre forme de fer soluble qui est le fer complexé. Les complexes formés peuvent être d'origine minérale avec de la silice, ou d'origine organique avec les acides humiques ou fluviques. Par conséquent le fer total présent dans une eau se différencie en fonction de la forme des ions ainsi que de l'état physique du fer (dissout ou précipité). Plusieurs formes peuvent se retrouver dans un type d'eau donné. Pour définir un traitement de déferrisation, il ne suffit donc pas de connaître la teneur totale en fer, mais aussi les différentes formes sous lesquelles cet élément est susceptible de se présenter. Le schéma de la figure 1 résume les différentes formes de fer rencontrées.

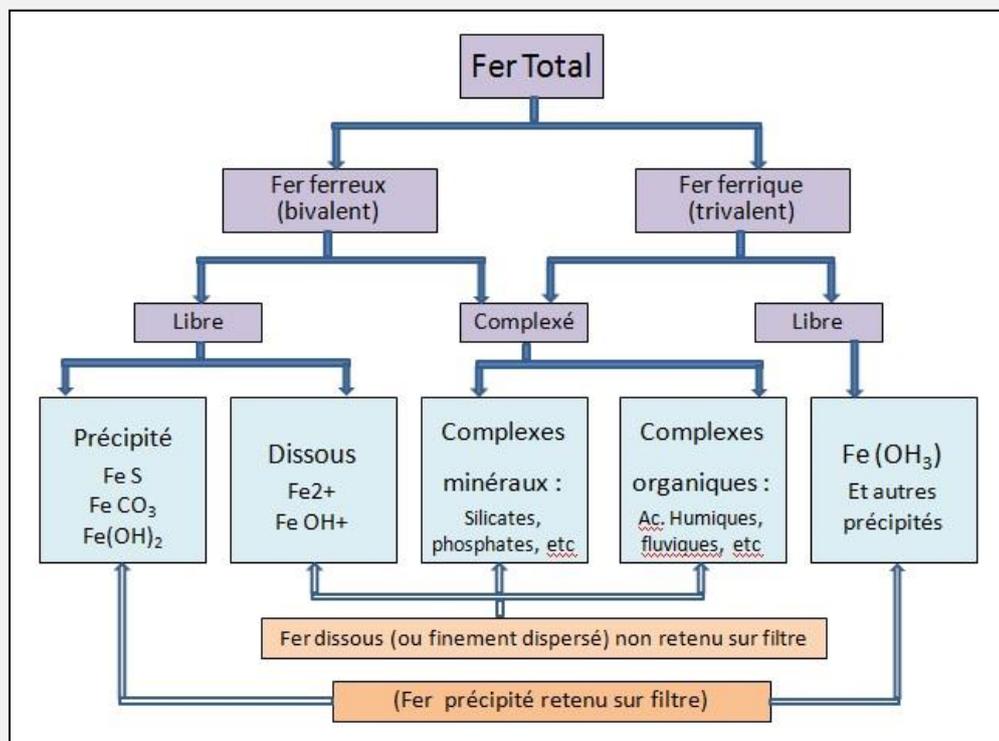


Figure 1 : Formes d'existence du fer dans l'eau (copié du Mémo technique de l'eau de Dégremont)

Le fer en solution sous forme  $Fe^{2+}$  se trouve dans les eaux souterraines profondes qui contiennent du dioxyde de carbone et peu de dioxygène. Exposées à l'air, ces eaux s'oxygènent et se troublent avec l'apparition d'une couleur rouille due à l'oxydation du fer en  $Fe^{3+}$  qui précipite sous forme d'hydroxyde ferrique  $Fe(OH)_2$ , et qui a donc des répercussions sur les qualités esthétiques de l'eau (eaux rouges).

Il faut noter qu'une eau riche en fer favorise le développement de ferrobactéries (Gallionella, Crenothrix), présentes naturellement dans ces eaux. Ces bactéries risquent de proliférer dans les ouvrages et les tuyauteries, entraînant des problèmes de corrosion.

### 2.1.3. Le diagramme de Pourbaix

On peut déterminer la forme du fer dans une eau en fonction de ses paramètres à partir du diagramme de Pourbaix. La forme du fer dans l'eau dépend avant tout du pH et du potentiel d'oxydoréduction. Sur la figure 2, nous voyons qu'il est possible de passer d'une forme dissoute du fer (par exemple  $\text{Fe}^{2+}$  ou  $\text{FeOH}^+$ ) à une forme précipitée ( $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{Fe(OH)}_2$  ou  $\text{Fe(OH)}_3$ ) en élevant soit le potentiel (oxydation), soit le pH, soit les deux à la fois. C'est sur ces principes que sont fondés les différents traitements physico-chimiques envisageables.

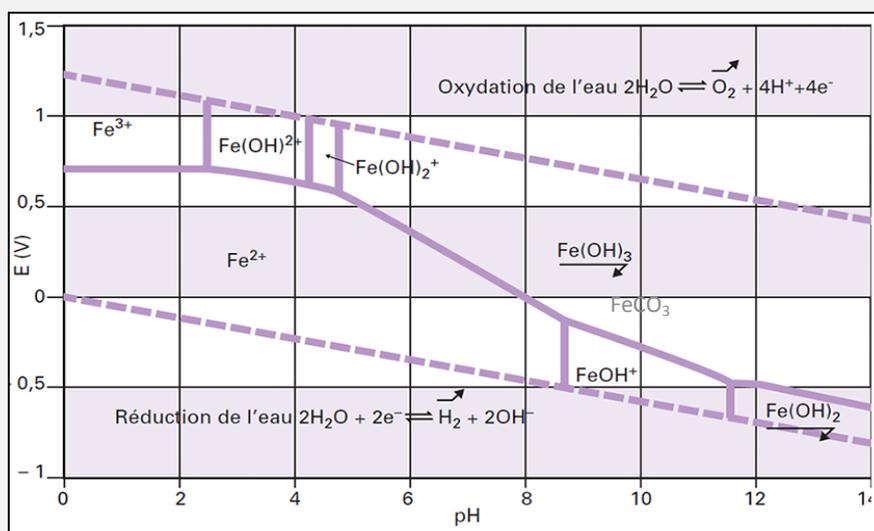


Figure 2 : Diagramme potentiel – pH du fer d'après Pourbaix<sup>2</sup>

## 2.2. Procédés théoriques d'élimination du fer

L'élimination du fer se réalise en trois étapes :

1. L'oxydation et la précipitation d'une partie du fer ;
2. La séparation de la partie précipitée ;
3. La filtration.

### 2.2.1. Etape 1 : L'oxydation et la précipitation

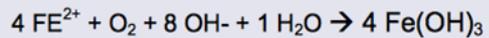
Comme le montre le diagramme de Pourbaix, la clé de l'élimination du fer est l'oxydation, un processus qui peut se faire de manière physico-chimique ou bien biologique.

L'oxydation physico-chimique permet de faire précipiter le fer sous forme d'hydroxyde ferrique et de retenir ensuite le précipité par décantation ou filtration. Si le fer n'est pas complexé, l'oxydation peut se faire par une simple aération et par l'action de l'oxygène de l'air. S'il est complexé, il faut ajouter un oxydant plus puissant comme le chlore, l'ozone ou le permanganate. Il est cependant important de noter que cette réaction de précipitation ne se déclenche convenablement que si le pH de l'eau est inférieur à 5.

L'étape 1 est la plus importante car elle permet de faire passer le fer de sa forme dissoute à sa forme solide (précipité).

<sup>2</sup> "Notions fondamentales sur la réaction chimique d'oxydo-réduction" : Memento Dégrémont SUEZ.

La réaction d'oxydation du fer par l'oxygène peut s'écrire :



La vitesse d'oxydation est favorisée par l'augmentation du pH et de la pression partielle d'oxygène. L'oxydation du fer se réalise généralement en un ¼ d'heure pour un pH > 7,5, alors que cela peut prendre 1 heure ou plus pour des pH inférieurs.

Afin d'augmenter la pression partielle d'oxygène, on peut effectuer une aération avec les techniques suivantes :

- **Ruissellement en nappe mince** : l'eau chute d'un étage à l'autre, en lame mince, en cascade sur une série de déversoirs.
- **Aération par barbotage** : injection de l'air dans l'eau
- **Pulvérisation de l'eau** : elle est effectuée par des tuyères placées sur un ou plusieurs collecteurs ramifiés qui ont pour but d'augmenter l'interface air-eau.
- **Injection d'air ou d'oxygène sur-pressés** : permet de dissiper le gaz sous pression dans la masse liquide.

### 2.2.2. Etape 2 : La séparation de la partie précipitée

Pour séparer les substances précipitées, on peut utiliser la décantation ou la flottation.

La **décantation** consiste à laisser sédimenter les floccs (précipités) plus lourds au fond d'un bassin afin de les éliminer avec une vidange ou en raclant.

La **flottation** consiste à injecter des microbulles d'air afin de faire monter les floccs (précipités), pour les aider à remonter à la surface. Les floccs pourront ensuite être retirés par raclage (mécanique le plus souvent). Cette technique est efficace mais demande un raclage mécanique en continu et un aérateur. Elle est donc plus coûteuse et plus compliquée à mettre en œuvre.

L'étape 2 ne suffit généralement pas à retirer la totalité des particules solides (des précipitées) présentes dans l'eau oxygénée. Par conséquent, on ajoute étape 3.

### 2.2.3. Etape 3 : La filtration

L'étape de décantation n'est généralement pas suffisante pour retirer / éliminer la totalité des particules solides ferreuses précipitées présentes dans l'eau oxygénée. La filtration est donc une étape essentielle pour obtenir une eau non turbide, avec une concentration en fer minimale.

Le lavage et la maintenance d'un filtre est une tâche difficile. Il est donc préférable de chercher comment minimiser leur fréquence.

La filtration est l'étape qui permet de finaliser la séparation des substances précipitées qui n'ont pas été piégées dans le décanteur (ou le flottateur). Elle combine également deux mécanismes : l'adsorption et l'oxydation biologique.

Les matériaux traditionnels pour réaliser le massif filtrant sont le sable, l'antracite ou des matériaux à forte surface spécifique tels que la pouzzolane, le quartz fissuré, le granite, la latérite, le charbon actif ou les schistes expansés. Certains de ces matériaux peuvent être utilisés en combinaison dans les filtres multicouches.

L'adsorption se produit dans le filtre suivant la propriété des matériaux du massif filtrant. Certains grains possèdent une multitude de pores minuscules qui permettent de fixer, d'une manière plus ou moins réversible, certaines molécules tels que les gaz, les ions métalliques et les ions organiques. La capacité d'adsorption est plus élevée lorsqu'on dispose de matériaux avec des surfaces spécifiques plus importantes, et lorsque le temps de contact entre les granulats et l'eau est plus élevé. Les particules adsorbées vont alors former une sorte de film aqueux, gluant autour des grains.

L'oxydation biologique fait appel au développement de ferro-bactéries qui se trouvent naturellement dans le sol et dans les eaux ferrugineuses. Ces bactéries vont se développer dans un film bactérien dans le massif filtrant. Les bactéries sont capables, grâce aux enzymes et biopolymères qu'elles élaborent, d'oxyder biologiquement le fer en catalysant l'oxydation du métal divalent par l'oxygène dissous, même en faible concentration, et en le fixant sur leurs membranes cellulaires, leurs gaines et leurs pédoncules. Les précipités formés sont alors fortement adhérent aux polymères bactériens. En outre, contrairement à ce qui se passe en déferrisation physico-chimique, ce sont des oxyhydroxydes de nature cristalline, en particulier de la lépidocrocite ( $\gamma$ -FeOOH).

Le passage de l'eau au travers du filtre permet de finaliser la déferrisation en retenant les particules qui vont former un dépôt. Ces dépôts entraînent le colmatage du filtre, nécessitant ainsi un nettoyage plus ou moins fréquent.

### 2.3. Normes sur les taux de fer dans l'eau potable

Dans ses lignes directrices, l'Organisation Mondiale de la Santé ne définit pas de valeur guide<sup>3</sup> concernant les taux de fer dans l'eau. La raison est que le fer dans l'eau ne pose pas des risques de santé aux consommateurs (puisque l'eau ayant une concentration en fer suffisamment élevée pour être dangereuse ne serait pas acceptable pour les consommateurs).

Par mesure de précaution contre le stockage excessif de fer dans le corps, le JECFA (Comité mixte d'experts FAO / OMS sur les additifs alimentaires) a établi en 1983 un PMTDI (dose journalière tolérable maximale provisoire, acronyme anglais) de 0,8 mg / kg de masse corporelle, s'appliquant à l'ingestion totale du fer (toutes sources comprises) à l'exception des oxydes de fer utilisés comme agents colorants ainsi que des suppléments de fer pris pendant la grossesse et l'allaitement ou pour des besoins cliniques spécifiques. Si on alloue 10% de ce PMTDI à l'eau potable, cela donne une valeur d'environ 2 mg / L, qui ne présente pas de risque pour la santé.

La valeur de 2,0 mg/L a donc été choisie au cours du projet Rano Tsara 2 comme limite de tolérabilité du fer dans l'eau, pour être absolument sûr qu'il n'y aurait aucun risque de santé pour les consommateurs.

Cette valeur cible reste cependant assez élevé. Le fer a une grande importance, en raison de son effet sur l'acceptabilité de l'eau par les consommateurs. Une couleur rougeâtre de l'eau, la turbidité et un goût désagréable apparaissent déjà pour des concentrations plus faibles (généralement à une

---

<sup>3</sup> « Directives pour la qualité de l'eau de boisson », quatrième édition parue en 2011, Annexe 4 *Tableaux récapitulatifs des produits chimiques*, page 3, ([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/gdwg3fr\\_ann4.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwg3fr_ann4.pdf?ua=1)). « Normes de l'OMS sur l'eau potable », mises à jour en 2006. URL (<http://www.lennotech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>)

concentration moyenne de 1,8mg/L). À des niveaux supérieurs à 0,3 mg/L, les tâches de fer peuvent se développer sur le linge. Egalement, un goût perceptible peut se présenter avec des concentrations de fer supérieures à ce niveau, et la turbidité et la couleur peuvent s'intensifier.

Pour ces raisons, les normes de l'UE (l'Union Européenne) sur l'eau potable<sup>4</sup> fixent, quant à elle, cette limite à 0,2 mg/L.

Lors de la création des unités de déferrisation, il était non seulement important de garantir une concentration en fer en-dessous de la valeur guide, mais également de veiller à la satisfaction olfactive et gustative des utilisateurs

### 3. Conception et élaboration des unités de déferrisation à Madagascar

#### 3.1. L'ONG Medair à Madagascar

Le projet Rano Tsara 2 a débuté en 2013 et s'est terminé en septembre 2017. La zone d'intervention est située au Nord- Est de Madagascar, dans 7 communes du District de Maroantsetra et 3 communes Du district de Mananara Nord. Le projet a pour objectifs la réalisation de 720 points d'eau, l'amélioration de l'accès à des infrastructures sanitaires, et l'amélioration des connaissances et bonnes pratiques d'hygiène des populations locales. Le projet est financé par l'Union Européenne, la Direction de la coopération Suisse, Swiss Solidarity et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse.

Lors de la réalisation des forages, l'eau présentait une concentration en fer trop importante, au-delà de la valeur cible fixée pour le projet RT2 à Madagascar de 2 mg/L. Les constructions de points d'eau étaient ralenties car l'équipe était de plus en plus confrontée à des zones dont l'eau était chargée en fer. Ne souhaitant pas prendre de risque pour la santé des bénéficiaires, ni voir les points d'eau à l'abandon pour des raisons d'acceptabilité olfactive et gustative, l'équipe Projet a décidé de traiter cette eau, afin de la rendre propre à la consommation.

#### 3.2. Critères de conception

La zone d'intervention est caractérisée par son accessibilité difficile, l'isolement des villages, l'absence d'électricité, la vulnérabilité de la population et des villages avec une grande densité d'habitations. Le niveau d'éducation est limité et la cohésion sociale est relativement forte comparée avec des milieux urbains.

---

<sup>4</sup> « Normes de l'UE sur l'eau potable », URL (<http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-ue-eau-potable.htm> )

Les critères de conception ont été les suivants :

<b>Critère</b>	<b>Description</b>
<b>Compacité</b>	Dans les villages il est souvent difficile de trouver un emplacement pour réaliser un point d'eau. L'ouvrage ne devait donc pas être trop imposant pour faciliter son emplacement.
<b>Durabilité et robustesse</b>	Pour sécuriser une longue durée de vie à l'ouvrage, il fallait construire avec du béton en évitant les matériaux peu solides.
<b>Facilité de construction pour les artisans locaux</b>	Le projet a choisi d'utiliser des parpaings et du béton, qui sont des matériaux que les entreprises et artisans locaux ont l'habitude d'utiliser
<b>Faibles coûts d'investissement</b>	Les unités de déferrisation ne faisaient pas partie du budget initial du projet, il fallait donc limiter les coûts au maximum (en garantissant la durabilité)
<b>Faible coûts d'opération et de maintenance</b>	Cela est possible en évitant l'utilisation de produits chimiques qui entraîneraient des coûts récurrents, ainsi qu'en formant des volontaires pour effectuer l'entretien
<b>Entretien facile</b>	L'entretien devrait être facile à réaliser, à comprendre et mémoriser par la population locale
<b>Adapté au type de pompe utilisé</b>	Adapté au type de pompe à motricité humaine mis en place dans le cadre du projet RT2, soit la pompe Canzee.
<b>Efficacité</b>	Pour que l'eau ait avec une concentration de fer minimale, il fallait trouver un compromis entre efficacité d'abattement du fer, complexité d'utilisation et d'entretien, et la taille de l'ouvrage (volume du massif filtrant)
<b>Accessibilité</b>	Il était nécessaire que la pompe soit accessible et facile à utiliser, et que les parties intérieures des unités soient également accessibles pour faciliter l'entretien.
<b>Dessin standardisé</b>	Un design applicable à tous les villages évite le retour à la table de dessin pour chaque unité à construire.

## 4. Description technique des unités de déferrisation

### 4.1. Description Générale

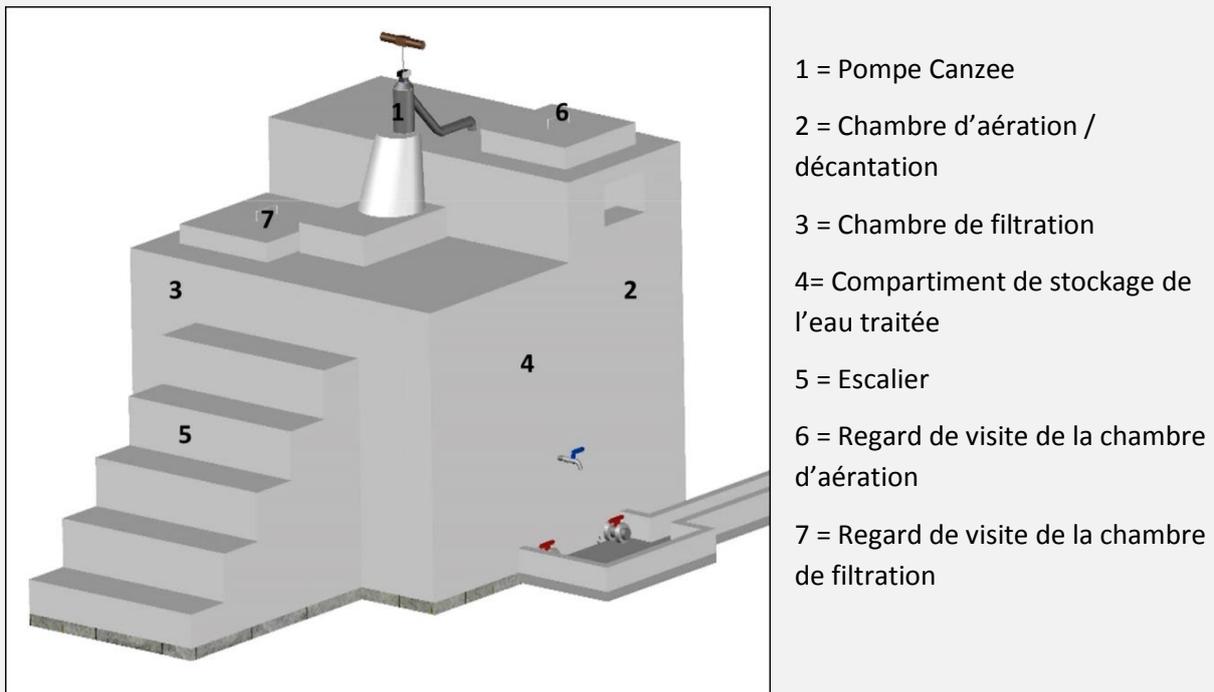
L'ouvrage, construit sur une fondation rocheuse, est principalement réalisé avec des parpaings remplis de béton armé (pour assurer l'étanchéité). Les dimensions de l'ouvrage ont été conçues pour se rapprocher du design des structures existantes dans le cadre du projet Rano Tsara 2, afin de garder la même technique de construction et assurer la compacité de l'ouvrage. Seule la hauteur de l'unité de déferrisation augmente, par rapport aux dimensions des dallages surélevés construits pour les points d'eaux des zones inondables. La surface au sol est la même.

L'ouvrage comporte trois compartiments dans lesquels s'effectuent les étapes de traitement du fer :

- 1) Une chambre d'aération et de décantation
- 2) Une chambre de filtration
- 3) Un compartiment de stockage de l'eau traitée.

La pompe à motricité humaine, située au-dessus de l'ouvrage, est accessible par des escaliers. L'eau pompée s'écoule par gravité dans l'ouvrage, raison pour laquelle la pompe est placée en hauteur. Les compartiments sont fermés par une dalle, mais accessibles par des trappes de visites. Il est donc possible d'accéder à la chambre de décantation, ainsi qu'à la chambre de filtration.

Le schéma ci-dessous montre la vue en perspective de l'unité :

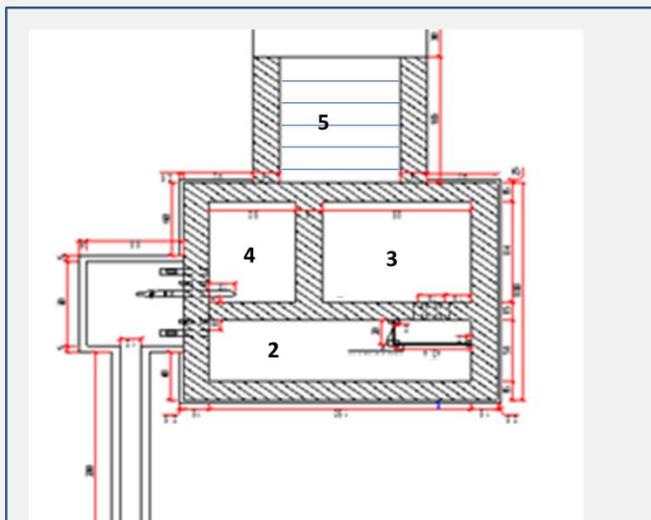


- 1 = Pompe Canzee
- 2 = Chambre d'aération /  
décantation
- 3 = Chambre de filtration
- 4 = Compartiment de stockage de  
l'eau traitée
- 5 = Escalier
- 6 = Regard de visite de la chambre  
d'aération
- 7 = Regard de visite de la chambre  
de filtration

**Figure 3 : Vue en perspective de l'unité de déferrisation de Medair**

L'eau pompée est premièrement dirigée dans la chambre d'aération/décantation et s'écoule par gravité jusque dans la chambre de filtration, par 2 trous situés sur les parois au fond du décanteur. L'eau décantée est filtrée de bas en haut à travers le médiateur et se déverse dans le compartiment de stockage.

Le schéma suivant montre la vue en plan :



- 2 = Chambre d'aération / décantation
- 3 = Chambre de filtration
- 4= Compartiment de stockage de l'eau traitée
- 5 = Escalier

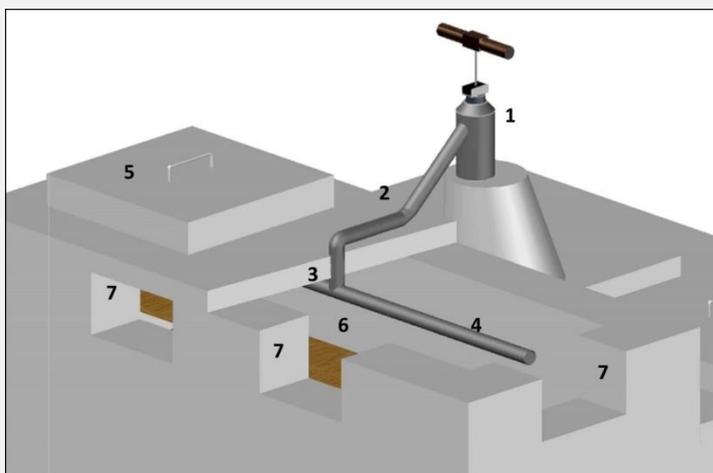
En bas à gauche de la figure sont le robinet de collecte de l'eau et l'évacuation des vidanges.

**Figure 4 : Vue en plan – Unité de déferrisation**

**4.2. L'alimentation de l'unité de déferrisation**

La tête de la pompe est raccordée par un tuyau en PVC Ø 50mm. Ce tuyau a été modifié, en faisant fondre lentement le PVC, afin de créer un coude à environ 150°. Un coude en PVC 90° raccordé au tuyau est incrusté dans la dalle de façon à ce que ce soit étanche en cas de ruissellement. L'eau brute est ensuite dirigée dans la chambre d'aération, raccordée par un té en PVC 50/50/50. Elle entre dans les tuyaux de rampe d'aération (PVC Ø 50 mm). Ce tuyau est percé de trous, à partir desquels l'eau s'écoule dans la chambre d'aération.

Le schéma ci-dessous présente cette alimentation :



- 1 = Pompe Canzee
- 2 = Coude 30°
- 3 = Pièce T 50/50/50
- 4 = Tuyaux de rampe d'aération
- 5 = Regard de visite
- 6 =Chambre d'aération- décantation
- 7 = Fenêtres

**Figure 5 : Alimentation de l'unité de déferrisation**

La rampe d'aération est constituée de deux tuyaux percés, raccordés par le Te de jonction. Les deux tuyaux sont percés sur toute la longueur avec un clou de pointe n°5. Les extrémités du tube sont fermées par une plaque de recouvrement.

Dans ce contexte, la méthode de pulvérisation de l'eau est utilisée. L'eau doit s'oxygéner au maximum, donc plus les trous sont petits, plus l'aération est efficace. Mais il faut tout de même trouver un bon compromis pour que toute l'eau puisse s'écouler. Si les trous sont trop petits, le

débit ne sera pas suffisant et l'eau va remonter dans la tête de pompe, créant de la pression qui risquerait de produire des fuites.

Afin de retirer aisément les deux tuyaux de la rampe d'aération, il est important de ne pas les placer trop proche des parois de l'aérateur.

Une boucle, réalisée avec du fer 8, est incrustée dans la dalle afin de maintenir les deux tuyaux d'aération en place. Pour les retirer lors de l'entretien, il est nécessaire que les anneaux ne soient pas trop serrés aux tuyaux (cf. photos 1 et 2 ci-dessous).



**Photo 1 : Relève du tuyau de rampe d'aération**



**Photo 2 : Attache du tuyau de rampe d'aération**

3 = Pièce T PVC 50/50/50

5 = Boucles

9 = Regard de visite

4 = Tuyaux de rampe d'aération

6 = Fenêtres

#### 4.3. [La chambre d'aération- décantation](#)

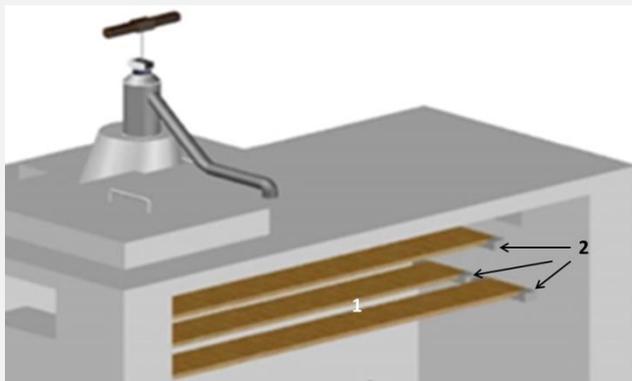
La chambre d'aération-décantation est de forme rectangulaire (150 cm de long et 50 cm de large), avec une profondeur (hauteur d'eau) de 80 cm.

Quatre fenêtres sont créées tout autour de l'aérateur, car il faut que l'air circule dans l'ouvrage pour garantir une bonne oxygénation. Ces fenêtres sont de dimension 30x20 cm, une sur chaque largeur du bassin d'aération et deux espacées de 32 cm sur sa longueur. Afin d'éviter aux enfants de jeter des objets, et prévenir de toute autre pollution, les ouvertures disposent d'un grillage ou filet (cf. photo 3 ci-dessous).



**Photo 3 : Fenêtres d'aération avec grillage**

Trois planches (150x15 cm et épaisses de 1,5 cm) sont positionnées sous la rampe d'aération de façon à créer des cascades afin d'augmenter l'aération de l'eau brute. Ici, on utilise donc la méthode de **ruissellement en nappe mince**. Les planches sont posées sur des cales réalisées en mortier (cf. photo 6). La première planche est positionnée 15 cm sous la rampe d'aération. Les deux autres sont positionnées parallèlement, 15 cm en dessous de la première.



1 = Les trois planches

2 = Les cales en mortier

**Figure 6 Position des planches dans la chambre d'aération – décantation.**

Afin de permettre aux gouttelettes d'eau de tomber sur les deux dernières planches (et non au centre), il est nécessaire de réaliser deux rainures sur toute la longueur de la première planche à positionner face vers le sol (cf. photo 4 ci-dessous). Les gouttelettes d'eau aérées s'écoulent ensuite des planches dans l'eau le bassin de décantation, qui est toujours plein.

Le niveau d'eau se trouve à 80 cm du fond de la chambre.

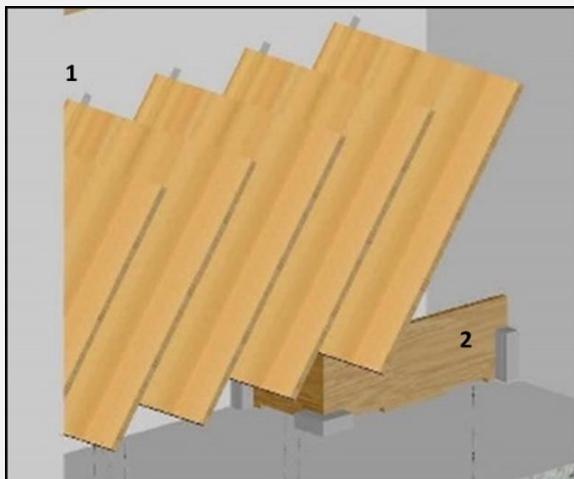


**Photo 4 : Rainures sur la planche, tournées vers le bas**

Afin d'augmenter la surface de contact, des lamelles de bois sont placées dans l'ouvrage.

Cinq lamelles, constituées de planches de bois et espacées de 22 cm, sont disposées en biais (à 55°) dans le décanteur et sont maintenues par un petit rebord en mortier. Afin de retirer les lamelles de l'ouvrage plus facilement (pour la vidange et le nettoyage), chaque lamelle est réalisée avec quatre planches bizotées, superposées sur leur largeur (50 cm de long, 15 cm de large et 1,5 cm d'épaisseur).

Pour limiter l'entrée des floccs dans le filtre, un petit préfiltre (une petite case) est réalisé avec deux planches de bois (20x15 et 45x15 cm), contenant de gros blocs de quartz (dimensions 15/21). Ces deux planches sont maintenues par de petites cales réalisées en mortier et peuvent se retirer facilement à la main, lors des vidanges.



1 = Lamelles

2 = Préfiltre

**Figure 7 : Lamelles et préfiltre**

L'eau s'écoule ensuite dans le deuxième compartiment (la chambre de filtration) par deux ou trois trous de 50 mm de diamètre, situés au niveau du préfiltre (voir la photo 5 ci-dessous). Ces trous sont réalisés à une dizaine de cm au-dessus du fond du bassin pour éviter de récupérer les floccs qui ont sédimenté en fond d'ouvrage.

Un trop plein en acier galvanisé de 20/27 est installé dans le décanteur, environ 15 cm sous les deux planches de l'aérateur. Ce tuyau est fixé à l'intérieur du mur en parpaing pendant l'élévation. Il est important de ne pas oublier le trop plein du décanteur, autrement le niveau de l'eau peut monter et couvrir les planches empêchant l'aération de se faire correctement.

Une vidange commune pour le décanteur et le filtre est installée au niveau du préfiltre, avec un tuyau en PVC Ø 50 mm. Une vanne de vidange, située à l'extérieur de l'ouvrage, permet l'évacuation du surplus de floccs dans un puisard. Le trop plein s'écoule à côté de la vanne (cf. photos 5 ci-dessous).



1 = trous d'accès à la chambre de filtration

2 = vidange 50 mm pour les deux chambres

**Photo 5 : Détail au niveau du préfiltre**

### **Comparaison des unités avec et sans lamelles (planches)**

*Il est possible de construire les chambres de décantation-aération sans l'utilisation des lamelles. En effet, le projet Rano Tsara 2 a construit ses premières unités sans lamelles, il a ainsi été possible d'effectuer une comparaison entre les deux types de décantation*

*De nombreux échantillons ont été régulièrement testés par l'équipe de Medair à Madagascar sur une période de trois mois, permettant de mesurer l'efficacité d'abattement du fer et de comparer 4 unités de déferrisation - deux avec lamelles et deux sans lamelles. Les résultats de ces mesures permettent faire les conclusions suivantes :*

- 1. Toutes les unités permettent une réduction moyenne de la concentration de fer entre 94% et 97%.*
- 2. Les quatre unités réduisent la concentration de fer à un niveau inférieur à 2 mg/L, même dans le cas où la concentration de l'eau brute est très élevée (38 mg/L).*
- 3. Les unités de déferrisation équipées de lamelles sont généralement plus efficaces dans l'étape de décantation. Par conséquent, elles permettent de réduire la fréquence de lavage, car le filtre est moins rapidement encrassé.*
- 4. Il semble que les unités équipées de lamelles avant tout présentent un processus plus rapide d'oxydation et de décantation. Ayant analysé les moments de la prise des échantillons, nous avons observé que surtout pendant les heures de pic d'usage des unités, leur réduction de fer est plus efficace. En dehors des heures de pointe, les différences sont plus minces.*

*Les résultats des mesures des taux de fer sont présentés en annexe 3.*

#### 4.4. La chambre de filtration

La chambre de filtration a une surface au sol de 85 x 85 cm de large et une profondeur de 80 cm. Une trappe de visite permet d'y accéder pour effectuer l'entretien du massif filtrant (voir figure 3). Il s'agit d'un filtre à contre-courant, donc l'eau s'écoule de bas en haut, depuis le fond du décanteur et s'écoule en surverse dans la chambre de stockage.

Le filtre est composé de deux médiats :

1. Une couche de 20 cm de graviers de quartz (voir photo 6) qui permet l'adsorption et la filtration des particules plus grossières. Les graviers ont une granulométrie comprise entre 1,5 et 2,5 cm. Le quartz utilisé pour l'adsorption est extrêmement fissuré et doit être blanc. (Il ne faut pas choisir le quartz transparent qui ne contient pas de fissures)
2. Par-dessus les graviers, une couche de 50 cm de sable, d'environ 2,5 mm de granulométrie (voir photo 7), permet la filtration physique et l'affinage du processus de clarification. Le sable doit être tamisé (voir photo 8) pour permettre autant que possible d'avoir une granulométrie homogène.



**Photo 6 : Couche de graviers de quartz**

L'eau surnageant en sortie du filtre s'écoule ensuite dans le compartiment de stockage par trop plein.



1 = Filtre à sable (vue depuis le regard de visite)

2 = Trop plein

**Photo 7: Filtre à sable et trop-plein de l'eau clarifiée**



**Photo 8 : Le tamisage du sable**

Le filtre possède une vidange, une évacuation de 50 mm de diamètre qui est connectée avec la chambre d'aération-décantation. Ainsi, lorsqu'on ouvre la vanne de vidange du décanteur, le filtre se vide en même temps.

#### 4.5. La chambre de stockage de l'eau clarifiée

L'eau filtrée s'écoule par surverse dans le troisième compartiment, un petit réservoir de 85x50 cm et de 80 cm de profondeur, soit une rétention totale de 340L.

Un trop plein est installé dans le réservoir avec un tuyau en acier galvanisé de 20/27 incrusté dans les parpaings. Ce trop-plein s'écoule au même endroit que les vidanges, ainsi tous les écoulements (vidanges et trop pleins) sont dirigés dans le puisard.

De la même façon que le décanteur, une vidange est installée en fond du compartiment de stockage et connectée à une deuxième vanne en PVC 50 mm.

#### 4.6. La collecte de l'eau clarifiée et l'évacuation

Un robinet en acier galvanisé 20/27 est positionné au-dessus des deux vannes de vidange et des deux trop plein (cf. photo 9). Il est relié par un manchon à un tuyau en acier galvanisé de même dimension, qui traverse la paroi et plonge à 10 cm du fond du réservoir. Le robinet est placé à une hauteur de 40 cm du sol, la réserve d'eau utile est donc de 128L (85x50 et 30 cm de profondeur).



**Photo 9 : Fillette qui se sert de l'eau à Ampatakana**

Les villageois peuvent alors venir se servir directement au robinet.

Pour permettre aux prochains utilisateurs d'avoir de l'eau à toutes heures de la journée, il est nécessaire que chaque personne qui prélève de l'eau au robinet aille ensuite pomper pendant environ une minute pour remplir le réservoir.

L'eau d'évacuation issue des vidanges, trop-pleins et robinet est infiltrée en puit perdu.

#### 4.7. Détails de construction, trucs et astuces

##### ➤ **Implantation et fondations**

La réalisation des travaux débute avec le terrassement ou l'excavation. En premier lieu, on délimite le périmètre qui est un carré de 1,80 x 1,80 m autour de l'axe du tuyau d'exhaure de la pompe. La profondeur de la fouille est de l'ordre de 20 cm avec une épaisseur de 20 cm vers l'intérieure. Les fondations pour les parois sont faites en moellons scellés avec un mortier dosé à 300 kg/m<sup>3</sup>.

##### ➤ **Elévation**

La première assise de l'ouvrage ainsi que le mur de séparation du décanteur sont construits en parpaings pleins de 15 cm. L'élévation des murs est faite jusqu'à la cinquième rangée d'assises.

##### ➤ **Construction de la dalle inférieure**

Il s'agit d'une dalle en béton ordinaire dosé à 350 kg/m<sup>3</sup> avec un additif imperméabilisant pour assurer l'étanchéité de l'ouvrage et d'une épaisseur de 6 cm à partir du fond du mur.

##### ➤ **Construction des deux dalles supérieures**

Le coulage des deux dalles doit être réalisé dès le début des travaux pour s'assurer qu'elles soient prêtes à la fin de la première étape.

Les deux dalles supérieures sont en béton armé dosé à 350 kg/m<sup>3</sup> avec une armature en acier Tor Fer rond Ø 6 mm.



**Photo 10 : Construction des dalles**

##### ➤ **Etanchéisation de l'ouvrage**

L'ouvrage doit être étanche, et pour cette raison nous recommandons l'utilisation d'un additif hydrofuge en poudre pour imperméabiliser les mortiers de ciment (revêtement interne de 2 cm dosé à 400 kg/m<sup>3</sup>). Avant sa mise en fonctionnement et la réception technique de l'ouvrage, il est conseillé de réaliser un test d'étanchéité avec mise en eau pendant 12h et mesure du niveau d'eau avant et après.

##### ➤ **Création des supports planches pour le décanteur**

Cette étape doit être réalisée après les finitions des enduits intérieurs. Les supports planches (ou cales) sont réalisés en mortier dosé à 350 kg/m<sup>3</sup> et renforcés de clous (N°5) qui sont utilisés comme petite armature.

➤ **Lavage du massif filtrant**

Il est important de laver le massif filtrant avant de le placer dans l'ouvrage, pour éviter les contaminations extérieures. On utilise de l'eau avec une concentration de chlore de 1 mg par litre.

➤ **Réalisation du coude 30°**

Pour réaliser un angle avec une belle forme régulière en faisant fondre le tuyau, il faut le remplir au préalable avec du sable bien tassé.

➤ **Installation des trop-pleins et vannes de vidanges**

Il est important de superviser de près l'installation des trop pleins, pour s'assurer que les dimensions sont respectées et éviter certains inconvénients, comme le manque de pression au robinet ou un niveau d'eau trop élevé dans le décanteur qui peut empêcher la bonne oxygénation de l'eau.

Les vannes de vidanges doivent être positionnées correctement, pas trop près du muret d'évacuation.

## 5. Procédures de maintenance.

### 5.1. Le nettoyage simple

Le nettoyage simple consiste à évacuer la chambre de décantation, au moyen de l'ouverture de la vanne de vidange de cette chambre. Au moins une fois par mois, il faut l'évacuer pour veiller à ce que ne s'accumule pas trop de fer dans ce compartiment.

Après cette vidange, il est nécessaire de remplir l'unité par pompage. Il faut en moyenne 30 min pour remplir le bassin de décantation.



**Photo 11 : Ouverture de la vidange de la chambre de décantation**

Malgré la pratique régulière du nettoyage simple, il est inévitable de réaliser un nettoyage complet au moins deux ou trois fois par an. La fréquence du nettoyage complet dépend de la concentration de fer dans l'eau brute, de la fréquence du nettoyage simple effectué, ainsi que de l'efficacité de l'étape d'aération et de décantation.

## 5.2. Le nettoyage Complet

On peut déterminer qu'un lavage complet est nécessaire de deux manières :

- Ou bien la concentration de fer dans l'eau du robinet commence à augmenter rapidement : les utilisateurs remarqueront rapidement ce changement.
- Ou bien l'écoulement de l'eau se bloque dans le compartiment de filtration : le filtre encrassé bloque l'écoulement. L'eau n'entre plus dans le compartiment de stockage, et le trop-plein du compartiment de décantation s'écoule constamment.

Le nettoyage complet nécessite généralement  $\frac{1}{2}$  journée de travail, ou 3 ou 4 heures avec une équipe d'au moins 5 personnes. Il consiste à laver les planches, les lamelles, les parois et le fond des compartiments à l'aide de brosses. L'ensemble du massif filtrant doit être vidée et déposé sur des bâches à l'extérieur du filtre. Le sable et les graviers doivent être soigneusement séparés pour être lavés, avant d'être replacés dans le compartiment (les plus gros graviers en premier). Le sable et les graviers de quartz sont lavés à l'eau claire (utiliser l'eau clarifiée stockée dans le compartiment de stockage) à l'aide de bassines ou seaux, en utilisant des paniers en osier, ou des sacs de jute pour frotter.



**Photo 12 : Nettoyage du massif filtrant**

Pour une description plus détaillée du processus de nettoyage, voir annexe 4 : Manuel d'entretien de l'unité de déferrisation.

## 6. Participation et formation de la Communauté

### 6.1. Introduction

Pendant la réalisation du Projet Rano Tsara 2, Medair a sous-traité les travaux de construction à des entreprises privées spécialisées dans le forage manuel et la construction en maçonnerie et béton armé. Cependant, les communautés étaient tout de même impliquées dans la construction et l'entretien de ces unités de traitement, par la contribution de certains matériaux bruts comme le sable, le gravillon, le blocage, le quartz, et l'eau de gâchage. Elles sont également responsables de l'entretien routinier de ces points d'eau y compris le vidage et nettoyage régulier des surfaces internes et du massif filtrant, et le remplacement des pièces détachées.

La gestion des points d'eau par les communautés bénéficiaires a été organisée autour des structures communautaires suivantes :

- La Commune et son Service technique
- La Comité de Point de l'Eau (CPE)
- Les Délégués de l'eau
- L'association communale
- Les Techniciens Villageois

#### 6.2. La Commune et le Service Technique en Eau, Assainissement et Hygiène

La commune est l'Autorité Délégante. Propriétaire des équipements, elle est le maître d'ouvrage du service public de l'eau potable à l'échelle du territoire qu'elle administre. Elle doit prendre, dans la limite de ses compétences territoriales, les mesures qui s'imposent afin que les populations de son ressort soient pourvues en eau nécessaire pour leurs besoins domestiques. Ses fonctions sont les suivantes :

Pour bien assurer le suivi et contrôle des ouvrages, un Service Technique en Eau Hygiène et Assainissement est mis en place. Il facilitera le suivi de l'Association, puisque la Commune reste le premier responsable aux yeux de la loi malgache.

Au sein du projet Rano Tsara 2, une formation spécifique de 2 jours pour le staff communal a été réalisée afin de mettre en place ces Services Techniques.

#### 6.3. Le Comité de Point d'Eau (CPE)

Il y a un CPE par point d'eau. Le CPE est l'organe de gestion à la base, c'est-à-dire qu'il est constitué au niveau de chaque point d'eau. Il est principalement composé de trois membres suivants :

- Un (Une) Président (e)
- Un (Une) Secrétaire
- Un (Une) Trésorier (e)

Les CPE ont pour rôle de :

- veiller à l'hygiène, l'entretien et à la maintenance du point d'eau
- collecter les cotisations
- tenir à jour les statistiques des utilisateurs, le journal de caisse et autres outils de gestion afin d'être transparent vis-à-vis de l'Association Communale

Au sein du projet Rano Tsara 2, une formation spécifique de 3 jours a été réalisée pour chaque membre des CPE.

#### 6.4. Les Délégués de l'Eau (DE)

Les DE sont élus parmi et par les membres des CPE au sein d'un même fokontany.

Ils sont au nombre de trois (3) pour chaque village :

- 1 a une fonction d'appui technique au Bureau des CPE,
- 1 est chargé du contrôle de gestion au niveau des CPE
- 1 est titulaire et chargé de la représentation de l'ensemble des CPE au niveau village. Ils sont élus parmi et par les membres de tous les CPE du village.

Les DE titulaires sont membres d'office de l'Association et élisent en leur sein les membres du Bureau de l'Association.

#### 6.5. L'Association communale des PMH

Elle est l'organe suprême de la gestion de l'eau. Elle regroupe tous les Délégués de l'eau titulaires de tous les villages au sein de la commune. Celle-ci est composée d'un bureau constitué des DE. Une assemblée générale réunit deux fois par an tous les Délégués de l'Eau de chaque fokontany.

L'Association Communale est mandatée par la Commune pour gérer les points d'eau au travers d'un Contrat de Délégation de Gestion. Elle représente un espace de concertation et de promotion d'une bonne gestion de l'eau dans les communes concernées. Des assemblées extraordinaires peuvent également être organisées.

En cas de non-paiement d'une cotisation pour un point d'eau, le bureau peut saisir la commune et demander le démontage temporaire du point d'eau concerné jusqu'au paiement de la cotisation due.

#### 6.6. Les Techniciens villageois (TV)

Les TV sont des membres de la communauté ayant des dons et capacités pour le travail mécanique et/ou la construction. Ils s'occupent du fonctionnement, de l'entretien, de la maintenance des pompes et veille aux petites réparations. Il est affecté à deux ou trois points d'eau dans le même village.

Les TV sont ensuite sollicités par les CPE des points d'eau dont ils ont la charge, pour répondre aux besoins d'entretien et de petites réparations. Lorsque les réparations nécessaires dépassent leurs compétences, ou que du matériel spécifique doit être acheté, le TV doit prévenir le CPE au plus tôt, qui ensuite relaie la demande auprès de l'Association.

Au sein du projet Rano Tsara 2, une formation spécifique de 3 jours dirigée par les Techniciens – Infrastructure Eau de Medair a été réalisée pour une moyenne de 1 TV pour 3 pompes avec unité de déferrisation. Les thématiques suivantes ont été abordées :

- Comment bien manipuler et utiliser les PE pour assurer leur fonctionnalité durable
- Les différentes formes de dallages, leur but et fonctionnalité
- La théorie et la pratique de déferrisation par oxygénation et précipitation
  - Aération, sédimentation, filtration
  - Tamisassions des massifs filtrants
- Les pièces fixes et détachées des pompes Canzee et des mécanismes de déferrisation
- Comment désassembler et réassembler les pompes y compris le remplacement des pièces de rechange
- Les problèmes les plus souvent rencontrés ainsi que leurs causes et les réparations nécessaires incluant la vidange et nettoyage des parois et des massifs filtrants des unités de déferrisation

## Conclusion

Les nombreux échantillons prélevés durant le projet nous révèlent que le modèle conçu par l'équipe Medair à Madagascar fonctionne, en étant capable de garantir un taux de fer en-dessous de la valeur cible de 2mg/L.

En marge du processus de déferrisation, il est recommandé d'effectuer un suivi régulier de la qualité microbiologique de l'eau, dont le traitement n'est pas prouvé au sein de cette infrastructure.

La construction, plus compliquée qu'un dallage classique pour un point d'eau, requière plus d'attention et de supervision, mais reste simple pour les ouvriers locaux, habitués à réaliser des ouvrages en maçonnerie.

Si l'ouvrage est correctement entretenu par les utilisateurs – que les nettoyages sont réalisés régulièrement, que les trop pleins ne sont pas bouchés etc. - l'unité de déferrisation permet de fournir une eau claire et acceptable, qui n'a pas de goût désagréable.

Il est généralement plus aisé de convaincre les utilisateurs de l'efficacité des unités de déferrisation que de leur faire prendre conscience de l'importance du rôle qu'ils ont à jouer pour l'entretien régulier de l'ouvrage. Ce défi est à prendre en considération avant l'installation de tels ouvrages dans les villages.

## Annexes

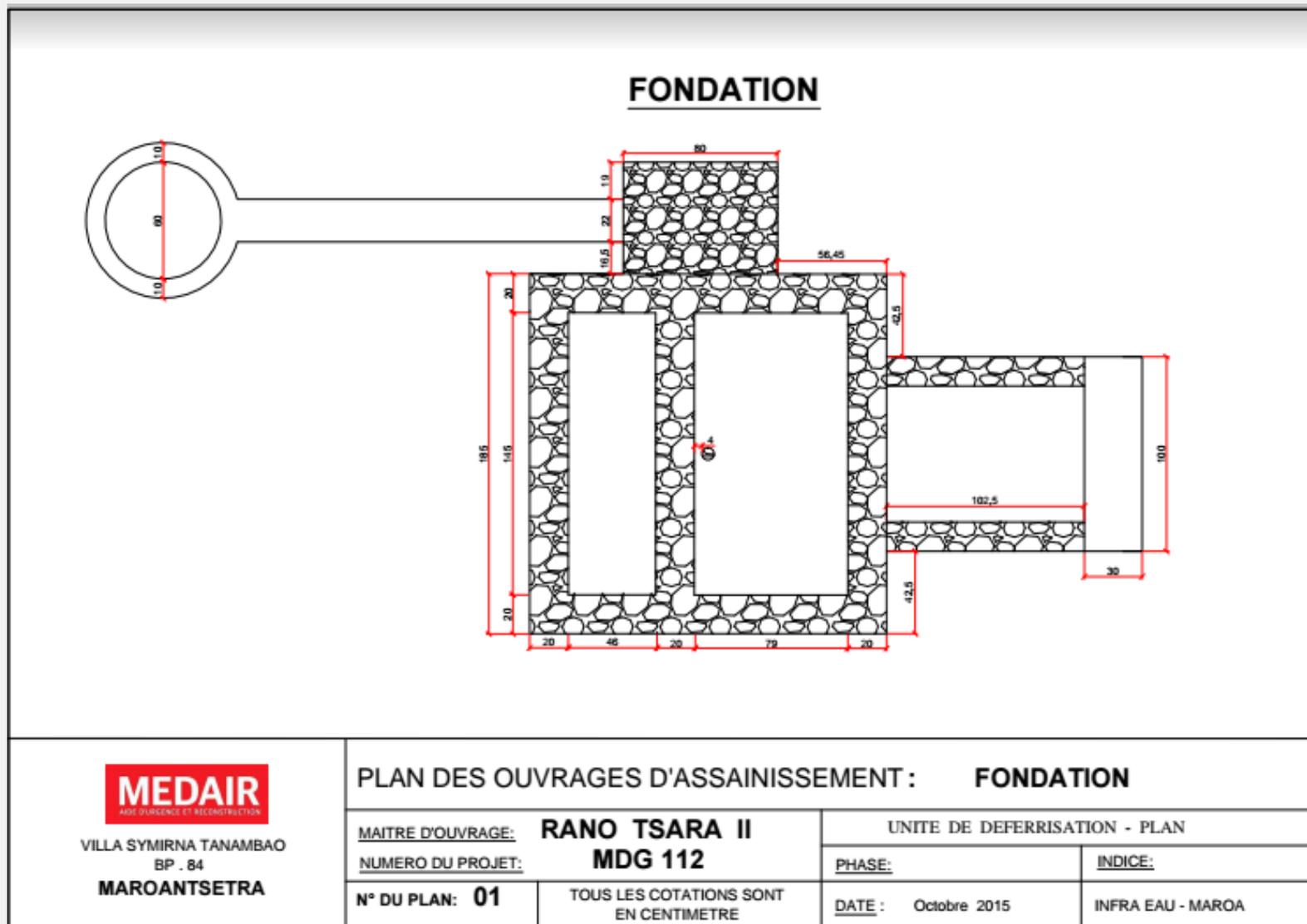
Annexe 1 : Dessins de conception

Annexe 2 : Factures de quantité

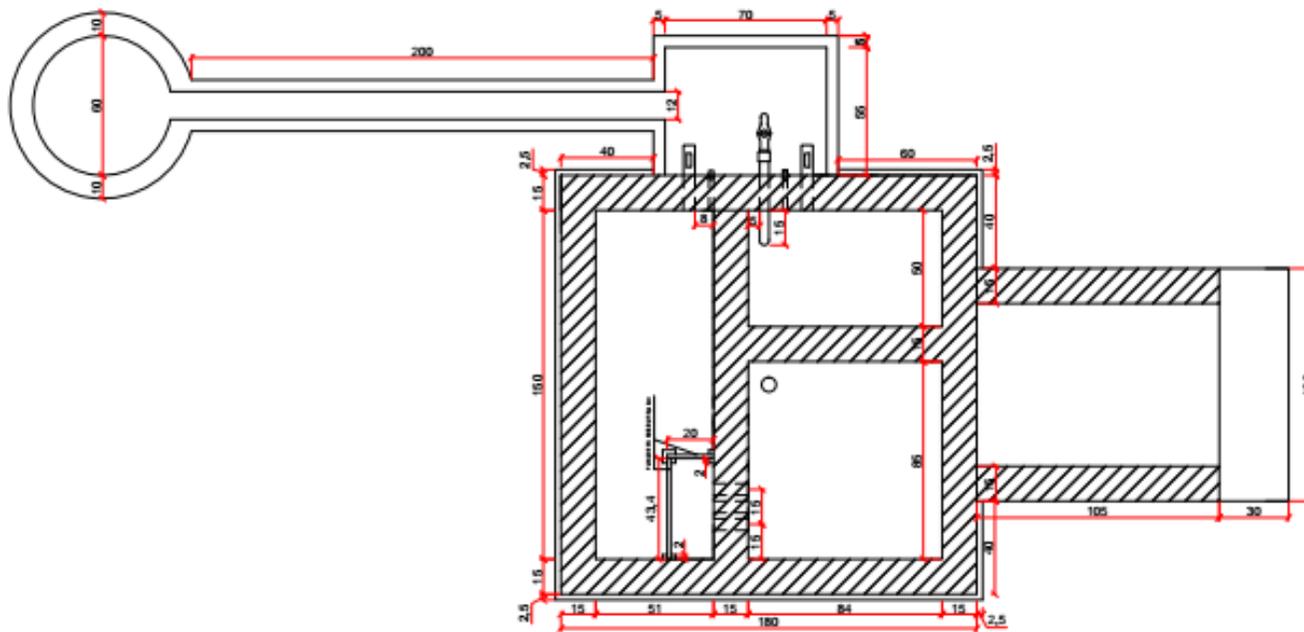
Annexe 3 : Résultats de mesures de retrait de fer

Annexe 4 : Manuel d'entretien

Annexe 1 : Dessins de conception



**VUE EN PLAN**



VILLA SYMIRNA TANAMBAO  
BP - 84  
MAROANTSETRA

**PLAN DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT : VUE EN PLAN**

**MAITRE D'OUVRAGE: RANO TSARA II**  
**NUMERO DU PROJET: MDG 112**

UNITE DE DEFERRISATION - PLAN

PHASE:

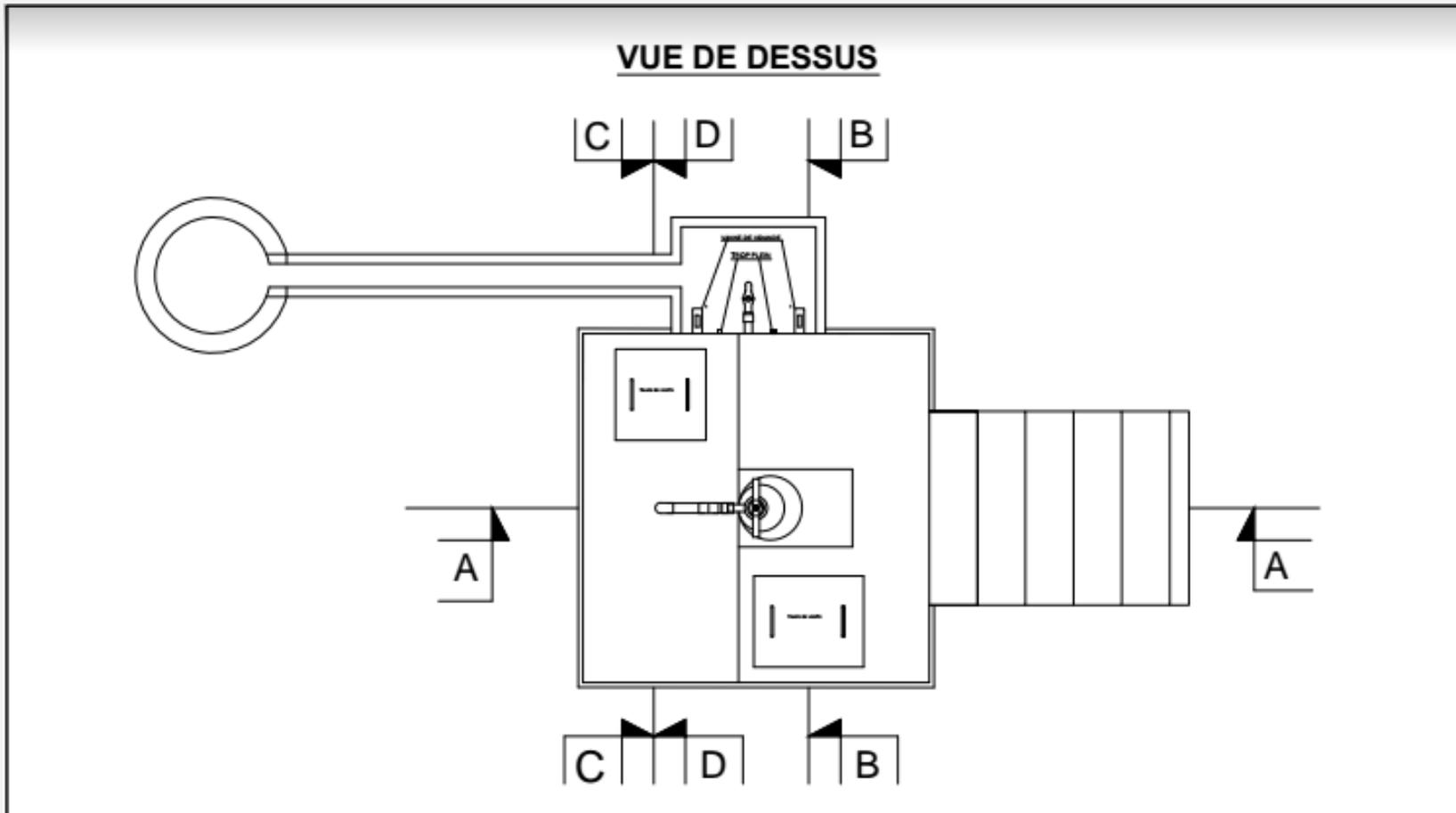
INDICE:

**02**

TOUS LES COTATIONS SONT  
EN CENTIMETRE

DATE: Octobre 2015

INFRA EAU - MAROA



VILLA SYMIRNA TANAMBAO  
BP . 84  
**MAROANTSETRA**

**PLAN DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT : VUE DE DESSUS**

**MAITRE D'OUVRAGE: RANO TSARA II**

UNITE DE DEFERRISATION - PLAN

**NUMERO DU PROJET: MDG 112**

PHASE:

INDICE:

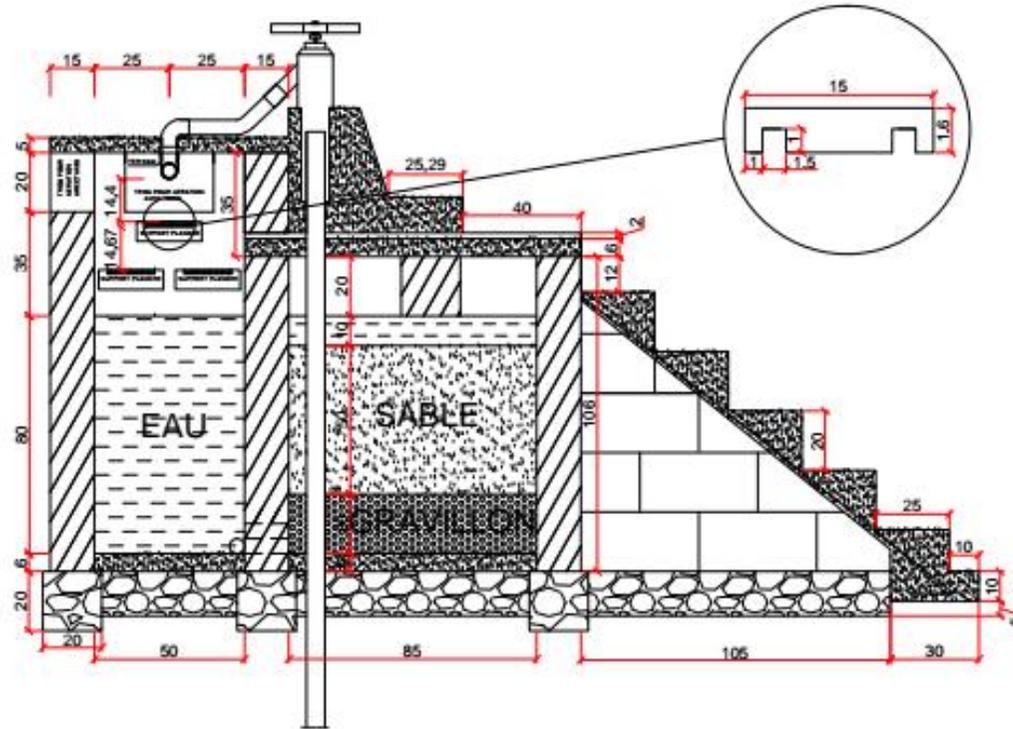
**04**

TOUS LES COTATIONS SONT  
EN CENTIMETRE

DATE : Octobre 2015

INFRA EAU - MAROA

### COUPE AA



VILLA SYMIRNA TANAMBAO  
BP . 84  
MAROANTSETRA

PLAN DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT : **COUPE AA**

MAITRE D'OUVRAGE: **RANO TSARA II**  
NUMERO DU PROJET: **MDG 112**

UNITE DE DEFERRISATION - PLAN

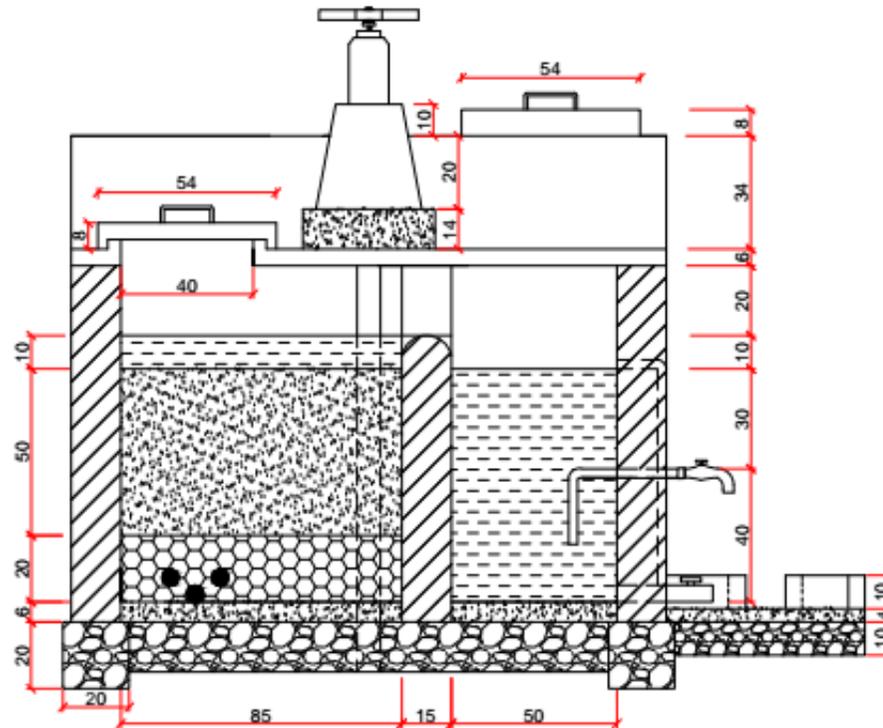
PROJET: **05**

TOUS LES COTATIONS SONT  
EN CENTIMETRE

PHASE:  
DATE : Octobre 2015

INDICE:  
INFRA EAU - MAROA

## COUPE BB



VILLA SYMIRNA TANAMBAO  
BP . 84  
**MAROANTSETRA**

### PLAN DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT : COUPE BB

MAITRE D'OUVRAGE: **RANO TSARA II**  
NUMERO DU PROJET: **MDG 112**

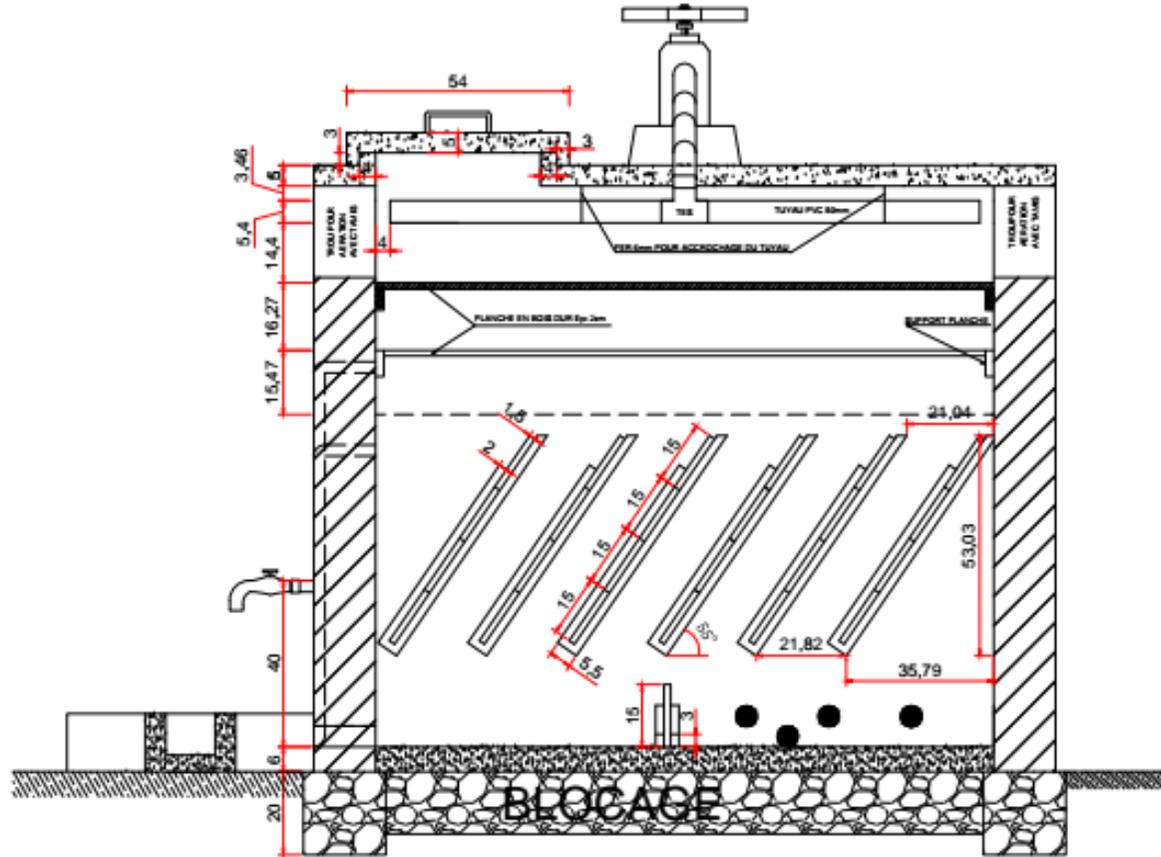
UNITE DE DEFERRISATION - PLAN

PROJET: **K06**

TOUS LES COTATIONS SONT  
EN CENTIMETRE

PHASE:  
DATE : Octobre 2015

INDICE:  
INFRA EAU - MAROA



VILLA SMYRNA ANTANAMBAO  
BP.81  
MARDANTSETRA - 512 -

UNITE DE DEFERRISATION AVEC DECANTEUR LAMELLAIRE: COUPE CC

MAITRE D'OUVRAGE: **RANO TSARA II**  
NUMERO du PROJET: **MDG112**

N° du PLAN: **05**  
TOUTES LES COTES  
SONT EN CENTIMETRE

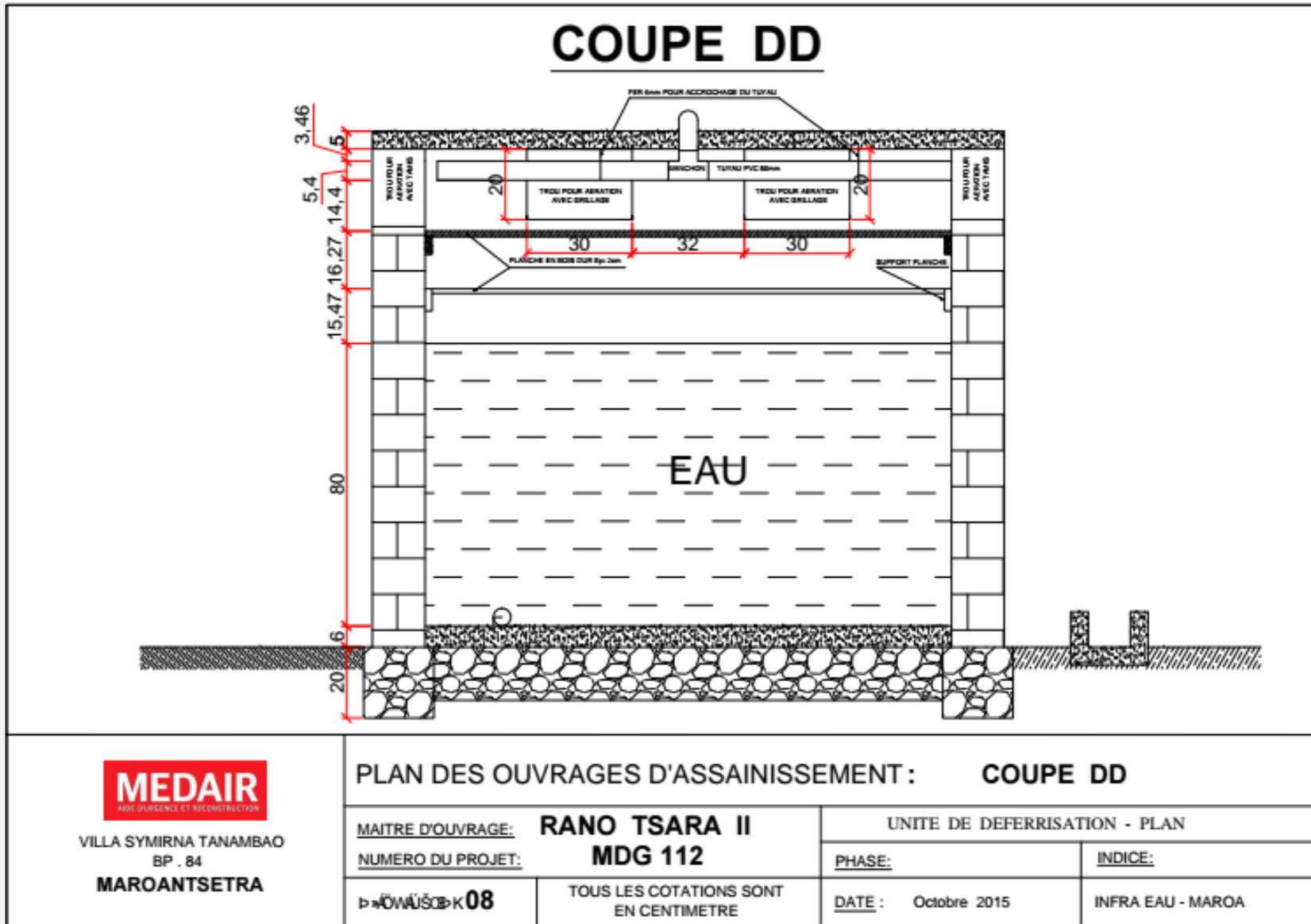
TRAITEMENT FER - PLAN

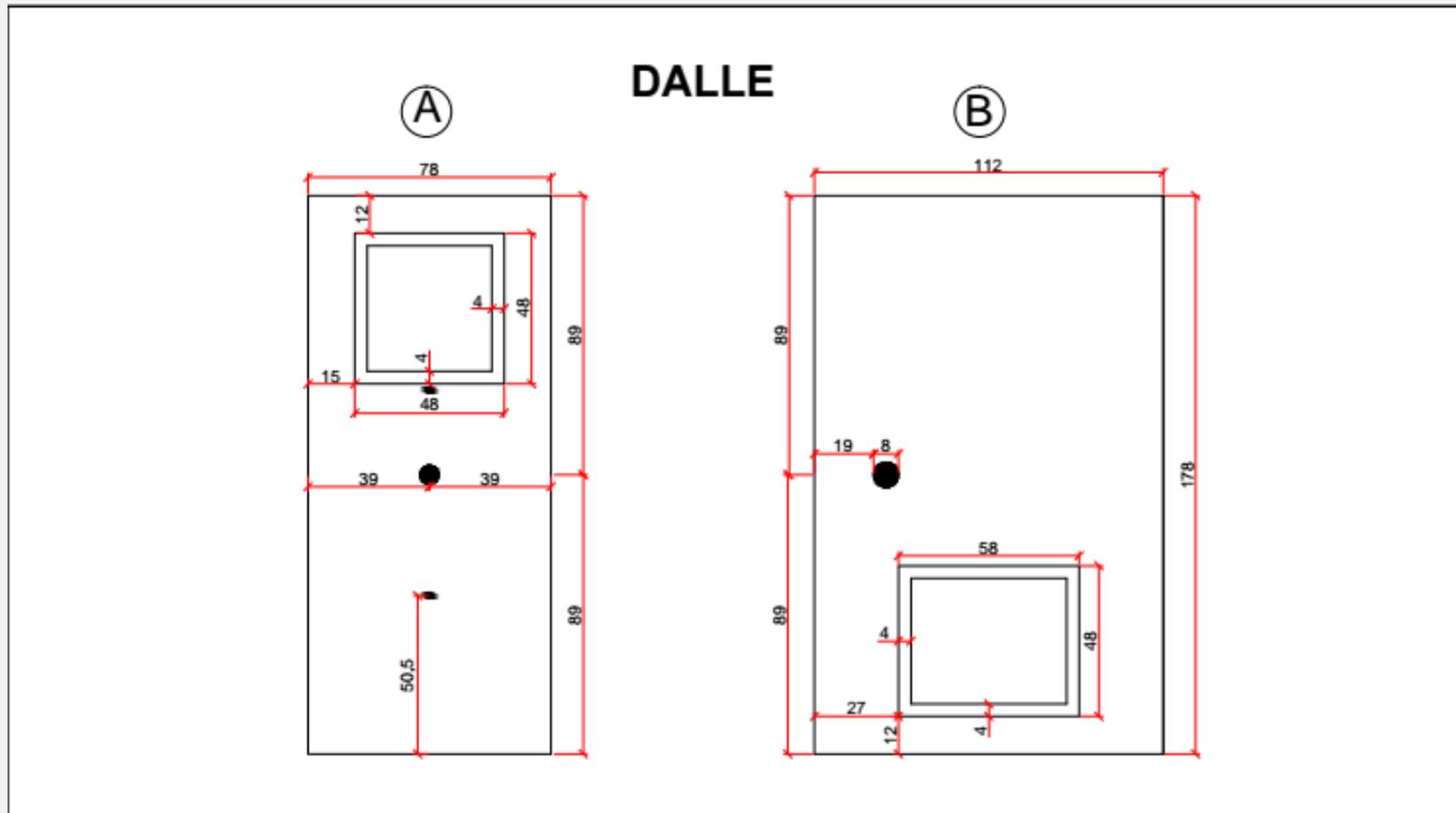
PHASE: PREPARATION

DATE: OCTOBRE 2015

INDICE:

INFRA EAU - MAROA





VILLA SYMIRNA TANAMBAO  
BP . 84  
**MAROANTSETRA**

**PLAN DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT :      DALLE A ET B**

**MAITRE D'OUVRAGE: RANO TSARA II**  
**NUMERO DU PROJET: MDG 112**

UNITE DE DEFERRISATION - PLAN

**CHASSIS 09**

TOUS LES COTATIONS SONT  
EN CENTIMETRE

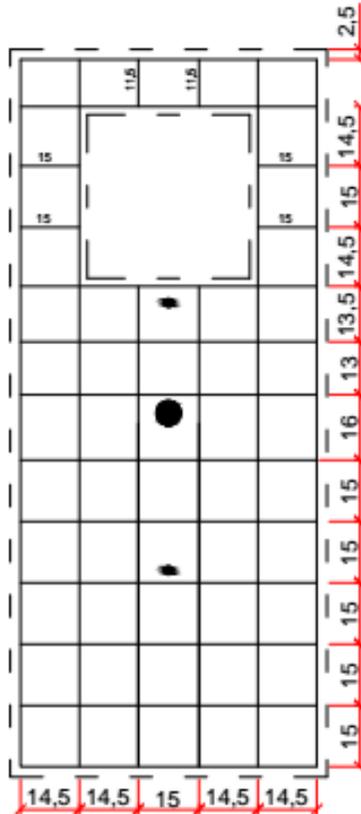
PHASE:

INDICE:

DATE : Octobre 2015

INFRA EAU - MAROA

## FERAILLAGE (A)



### Fer rond Ø 6mm :

= 11,5cm	À 2
= 15cm	À 4
= 117,5cm	À 2
= 173cm	À 4
= 73cm	À 11



VILLA SYMIRNA TANAMBAO  
BP - 84  
MAROANTSETRA

### PLAN DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT : FERAILLAGE DU DALLE A

MAITRE D'OUVRAGE: **RANO TSARA II**  
NUMERO DU PROJET: **MDG 112**

UNITE DE DEFERRISATION - PLAN

PROJET: **OUVRE K 10**

TOUS LES COTATIONS SONT  
EN CENTIMETRE

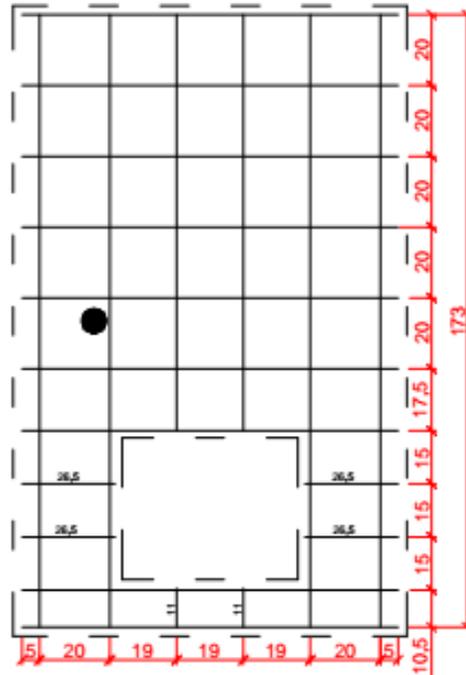
PHASE:

INDICE:

DATE : Octobre 2015

INFRA EAU - MAROA

## FERAILLAGE (B)



### Fer rond Ø 8mm :

= 11cm	À 2
= 26,5cm	À 4
= 107cm	À 9
= 117,5cm	À 2
= 173cm	À 4

**MEDAIR**  
AIDE D'URGENCE ET RECONSTRUCTION

VILLA SYMIRNA TANAMBAO  
BP . 84  
**MAROANTSETRA**

### PLAN DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT : FERAILLAGE DU DALLE B

MAITRE D'OUVRAGE: **RANO TSARA II**  
NUMERO DU PROJET: **MDG 112**

UNITE DE DEFERRISATION - PLAN

PHASE:

INDICE:

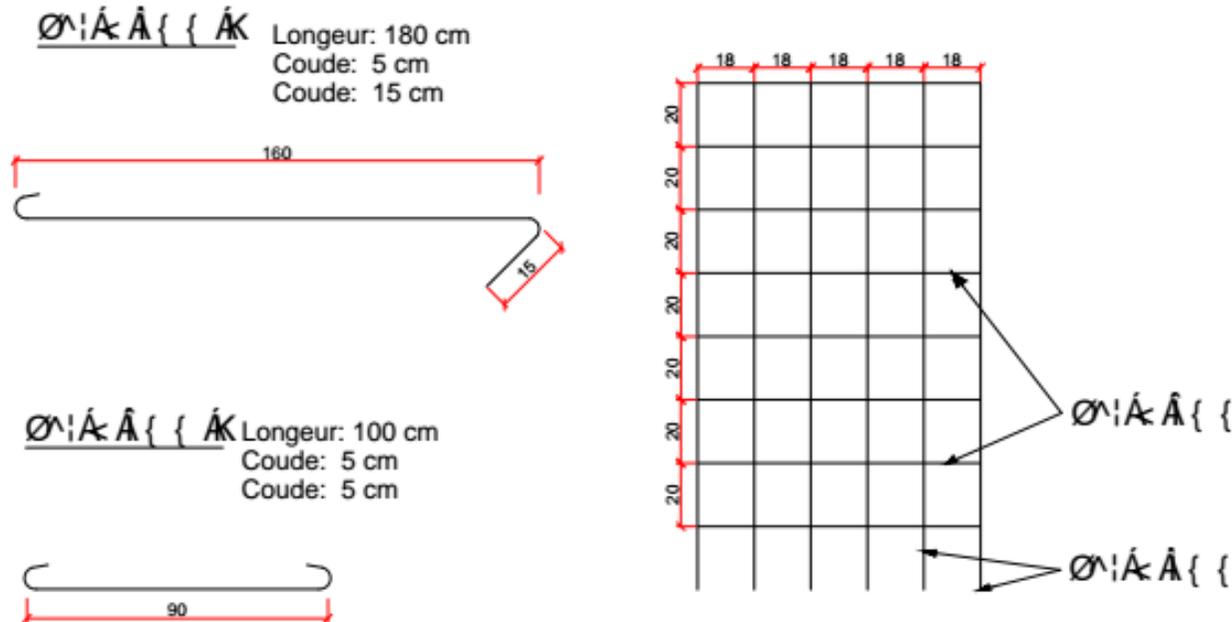
PROJET N° **11**

TOUS LES COTATIONS SONT  
EN CENTIMETRE

DATE : Octobre 2015

INFRA EAU - MAROA

## FERAILLAGE D' ESCALIER



VILLA SYMIRNA TANAMBAO  
BP . 84  
**MAROANTSETRA**

### PLAN DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT : FERAILLAGE D' ESCALIER

MAITRE D'OUVRAGE: **RANO TSARA II**  
NUMERO DU PROJET: **MDG 112**

UNITE DE DEFERRISATION - PLAN

PHASE:

INDICE:

PROJET N° **12**

TOUS LES COTATIONS SONT  
EN CENTIMETRE

DATE : Octobre 2015

INFRA EAU - MAROA

Annexe 2 : Factures de quantité

<b>RECAPITULATION DE COUTS DE L'UNITE DE DEFERRISATION</b>			
<b>N°</b>	<b>DESIGNATION</b>	<b>MONTANT Ariary</b>	<b>MONTANT Euros</b>
<b>1</b>	<b>PREPARATION ET TRANSPORT</b>	225,000	64.29
<b>2</b>	<b>INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER</b>	550,000	157.14
<b>3</b>	<b>FONDATION</b>	86,655	24.76
<b>4</b>	<b>ELEVATION EN PARPAING</b>	239,055	68.30
<b>5</b>	<b>DALLE EN BETON ARME</b>	129,040	36.87
<b>6</b>	<b>ESCALIER</b>	378,790	108.23
<b>7</b>	<b>CANALISATION</b>	50,872	14.53
<b>8</b>	<b>MATERIAUX</b>	1,221,406	348.97
	<b>TOTAL HT</b>	<b>2,880,818</b>	<b>823.09</b>
	Prix de Fevrier 2016: 1 Euro = 3500 Ariary		

<b>1</b>	<b>PREPARATION ET TRANSPORT</b>	<b>U</b>	<b>QTE</b>	<b>P.U.</b>	<b>Ariary</b>	<b>Euros</b>
1.1	Vérification du site	Fft	1	25,000	25,000	7.14
1.2	Préparation	Fft	1	20,000	20,000	5.71
1.3	Transport des matériaux	Fft	2	50,000	100,000	28.57
1.4	Transport des personnes	Fft	2	40,000	80,000	22.86
1.5	Stockage	Fft	0	-	-	-
Sous total – 1					225,000	64.29
<b>2</b>	<b>INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER</b>	<b>U</b>	<b>QTE</b>	<b>P.U.</b>	<b>Ariary</b>	<b>Euros</b>
2.1	Installation de chantier	Fft	1	60,000	60,000	17.14
2.2	Repli de chantier	Fft	1	40,000	40,000	11.43
Sous total – 2					550,000	157.14
<b>3</b>	<b>FONDATION(main d'oeuvre seulement)</b>	<b>U</b>	<b>QTE</b>	<b>P.U.</b>	<b>Ariary</b>	<b>Euros</b>
3.1	Décapage	m <sup>2</sup>	3.24	2,000	6,480	1.85
3.2	Fouille	m <sup>3</sup>	0.627	15,000	9,405	2.69
3.3	Evacuation des terres excédentaires	m <sup>3</sup>	0.627	10,000	6,270	1.79
3.4	Béton cyclopéen dosé à 300kg/m3	m <sup>3</sup>	0.324	100,000	32,400	9.26
3.5	Hérissonnage	m <sup>3</sup>	0.303	70,000	21,210	6.06
3.6	Béton de forme dosé à 250 kg/m3	m <sup>3</sup>	0.121	90,000	10,890	3.11
Sous total – 3					86,655	24.76
<b>4</b>	<b>MACONNERIE ET RAVALEMENT</b>	<b>U</b>	<b>QTE</b>	<b>P.U.</b>	<b>Ariary</b>	<b>Euros</b>
4.1	Confection des parpaings de 15cm x 20cm x 40cm	Pièce	126	300	37,800	10.80
4.2	Maçonnerie en parpaing de 15cm x 20cm x 40cm	m <sup>2</sup>	7.23	3,500	25,305	7.23
4.3	Maçonnerie en parpaing plein de 15cm x 20cm x 40cm	m <sup>2</sup>	2.82	4,000	11,280	3.22
4.4	Béton de forme dosé à 250 kg/m3	m <sup>3</sup>	0.105	90,000	9,450	2.70
4.5	Enduit ordinaire extérieur dosé à 350kg/m3	m <sup>2</sup>	8.75	4,000	35,000	10.00
4.6	Enduit à l'intérieur dosé à 400kg/m3	m <sup>2</sup>	11.34	4,000	45,360	12.96
4.7	Chape de 2cm à l'intérieur	m <sup>2</sup>	11.34	3,500	39,690	11.34
4.8	Chape de 2cm à l'extérieur	m <sup>2</sup>	3.5	3,500	12,250	3.50
4.8	Nettoyer et installer des gravillon de quartz (10/20)	m <sup>3</sup>	0.176	50,000	8,800	2.51
4.8	Nettoyer et installer des Sable de rivière tamisé (0/4)	m <sup>3</sup>	0.353	40,000	14,120	4.03
Sous total – 4					239,055	68.30

5	DALLE EN BETON ARME	U	QTE	P.U.	Ariary	Euros
5.1	Béton armé dosé à 350kg/m3	m <sup>3</sup>	0.196	150,000	29,400	8.40
5.2	Armature en acier tor	kg	15.68	2,500	39,200	11.20
5.3	Bois ordinaire pour coffrage	m <sup>2</sup>	14.21	4,000	56,840	16.24
	Pose pied	m <sup>3</sup>	0.03	80,000	2,400	0.69
	Béton en coffrage seau	m <sup>3</sup>	0.015	80,000	1,200	0.34
Sous total – 5					129,040	36.87
6	ESCALIER	U	QTE	P.U.	Ariary	Euros
6.1	Décapage	m <sup>2</sup>	132.5	2,000	265,000	75.71
6.2	Fouille	m <sup>3</sup>	0.076	15,000	1,140	0.33
6.3	Evacuation des terres excédentaires	m <sup>3</sup>	0.076	10,000	760	0.22
6.4	Béton cyclopéen dosé à 300kg/m3	m <sup>3</sup>	0.076	100,000	7,600	2.17
6.5	Confection des parpaings de 15cm x 20cm x 40cm	Pièce	12	300	3,600	1.03
6.6	Maçonnerie en parpaing plein de 15cm x 20cm x 40cm	m <sup>2</sup>	0.95	3,500	3,325	0.95
6.7	Remblai	m <sup>3</sup>	0.33	10,000	3,300	0.94
6.8	Hérissonnage	m <sup>3</sup>	0.141	70,000	9,870	2.82
6.9	Béton armé dosé à 350kg/m3	m <sup>3</sup>	0.200	150,000	30,000	8.57
6.10	Armature en acier tor	kg	16.26	2,500	40,650	11.61
6.11	Chape de 2cm	m <sup>2</sup>	1.25	3,500	4,375	1.25
6.12	Enduit ordinaire	m <sup>2</sup>	2.62	3,500	9,170	2.62
Sous total – 6					378,790	108.23
7	CANALISATION	U	QTE	P.U.	Ariary	Euros
7.1	Décapage	m <sup>2</sup>	0.46	2,000	920	0.26
7.2	Fouille	m <sup>3</sup>	0.046	15,000	690	0.20
7.3	Evacuation des terres excédentaires	Fft	1	10,000	10,000	2.86
7.4	Béton armé dosé à 350kg/m3	m <sup>3</sup>	0.096	150,000	14,400	4.11
7.5	Hérissonnage	m <sup>3</sup>	0.046	70,000	3,220	0.92
7.6	Armature en acier tor	kg	8.64	2,500	21,600	6.17
7.7	Chape de 2cm	m <sup>2</sup>	0.012	3,500	42	0.01
Sous total – 7					50,872	14.53
8	MATERIAUX	U	QTE	P.U.	Ariary	Euros
8.1	Ciment CPA 45	Sac	18	30,000	540,000	154.29
8.2	Sykalite	sachet	2	13,000	26,000	7.43
8.3	Pointe N°4	kg	0.25	6,000	1,500	0.43
8.4	Pointe N°5 fine	kg	0.25	7,000	1,750	0.50
8.5	Fil de recuit	kg	0.25	6,000	1,500	0.43
8.6	Tuyau en PVC Ø 50mm	m	1	60,000	60,000	17.14
8.7	Tuyau galvanisé Ø 20/27 de L=0,15m avec un	pce	2	26,000	52,000	14.86
8.8	Tuyau galvanisé Ø 20/27 de L=0,20m avec un	pce	1	32,000	32,000	9.14
8.9	Tuyau galvanisé Ø 20/27 de L=0,30m avec de	pce	1	38,000	38,000	10.86
8.10	Tuyau galvanisé Ø 20/27 de L=0,70m avec de	pce	1	42,000	42,000	12.00
8.11	Tuyau galvanisé Ø 20/27 de L=0,80m avec de	pce	1	46,000	46,000	13.14
8.12	Manchon en galva Ø 20/27	pce	1	400	400	0.11
8.13	Coude 90° en galva Ø 20/27	pce	5	3,000	15,000	4.29
8.14	Robinet 20/27	pce	1	35,000	35,000	10.00
8.15	Teflon	pce	1	12,000	12,000	3.43
8.16	Vanne de vidange Ø 50mm	pce	2	60,000	120,000	34.29
8.17	Grillage	m	1	10,000	10,000	2.86
8.18	Planche raboté et déligné de 0,50mx0,15mx0,02	pce	20	2,000	40,000	11.43
8.19	Planche deligné avec reunir de 2 côtés 15cm	pce	3	8,000	24,000	6.86
8.20	Planche raboté et déligné de 1mx0,15mx0,02	pce	1	2,000	2,000	0.57
8.21	Tuyau en PVC Ø 50mm	m	2	10,000	20,000	5.71
8.22	Coude 90° en PVC Ø 50mm	pce	1	3,000	3,000	0.86
8.23	Manchon en PVC Ø 50 mm	pce	1	4,000	4,000	1.14
8.24	Manchon T en PVC Ø 50/50/50mm	pce	1	2,000	2,000	0.57
8.25	Gaine en plastique	m	3	2,000	6,000	1.71
8.26	Fer Ø6mm	m	18.13	1,000	18,130	5.18
8.27	Fer Ø8mm	m	20.18	1,364	27,526	7.86
8.28	Tringle d'épaisseur 6cm	m	16	1,000	16,000	4.57
8.29	Planche de coffrage	m	1.6	3,000	4,800	1.37
8.30	Seau 15l (Coffrage)	pce	1	5,000	5,000	1.43
8.31	Tringle d'épaisseur 5cm	m	3.8	1,000	3,800	1.09
8.32	Planche de 4mx0,16m pour coffrage d'escalier	m	2	3,000	6,000	1.71
8.33	Planche de 3mx0,16m pour coffrage d'escalier	m	2	3,000	6,000	1.71
Sous total – 8					1,221,406	348.97

[Annexe 3 : Résultats de mesures de retrait de fer.](#)
**Résultat de l'étude faite sur 4 unités de déferrisation – Capacité de réduction du fer à chaque étape du traitement**

Date	Point d'eau	Type d'unité	Taux de fer en mg/l			Rendement			
			Entré Eau brute	Chambre de décantation	Sortie reservoir (après filtre)	Dé canteur	Filtre	Global	Moyenne
30/06/2016	VBD 03	Avec lamelle	11,5	4,8	0,15	58,3%	96,9%	98,7%	97,2%
05/07/2016	VBD 03	Avec lamelle	12,25	6,9	0,35	43,7%	94,9%	97,1%	
12/07/2016	VBD 03	Avec lamelle	12,75	4,5	0,52	64,7%	88,4%	95,9%	
31/08/2016	VBD 03	Avec lamelle	17,8	5,5	0,5	69,1%	90,9%	97,2%	
		Pourcentage en fer	100,00%	39,96%	2,80%				
30/06/2016	VBD 07	Avec lamelle	11,5	3,5	0,15	69,6%	95,7%	98,7%	96,3%
05/07/2016	VBD 07	Avec lamelle	12,25	2,7	0,35	78,0%	87,0%	97,1%	
12/07/2016	VBD 07	Avec lamelle	12,75	3	0,52	76,5%	82,7%	95,9%	
31/08/2016	VBD 07	Avec lamelle	13	4	1,2	69,2%	70,0%	90,8%	
13/09/2016	VBD 07	Avec lamelle	23,5	2,9	0,3	87,7%	89,7%	98,7%	
		Pourcentage en fer	100,00%	22,05%	3,45%				
30/06/2016	AKF 07	Sans lamelle	4,5	1,55	0,25	65,6%	83,9%	94,4%	93,7%
05/07/2016	AKF 07	Sans lamelle	5,1	1,7	0,01	66,7%	99,4%	99,8%	
12/07/2016	AKF 07	Sans lamelle	6,2	1,36	0,35	78,1%	74,3%	94,4%	
30/08/2016	AKF 07	Sans lamelle	12	5	2	58,3%	60,0%	83,3%	
14/09/2016	AKF 07	Sans lamelle	6	2	0,2	66,7%	90,0%	96,7%	
		Pourcentage en fer	100,00%	34,35%	8,31%				
29/06/2016	AKF 22	Sans lamelle	37,1	12,9	1,3	65,2%	89,9%	96,5%	95,4%
04/07/2016	AKF 22	Sans lamelle	38	9	1,15	76,3%	87,2%	97,0%	
30/08/2016	AKF 22	Sans lamelle	37	9	1,7	75,7%	81,1%	95,4%	
14/09/2016	AKF 22	Sans lamelle	25	8,4	1,8	66,4%	78,6%	92,8%	
		Pourcentage en fer	100,00%	28,67%	4,34%				

[Annexe 4 : Manuel d'entretien](#)

# **MANUEL D'ENTRETIEN DES UNITES DE DEFERRISATION**



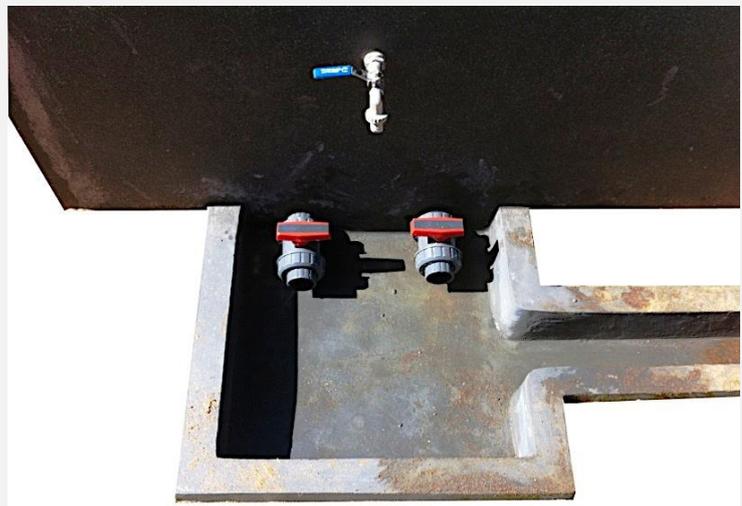
2015-2016



**LES VANNES VIDANGE**

Les deux vannes de vidange doivent être fermées. (voir photo à droite)

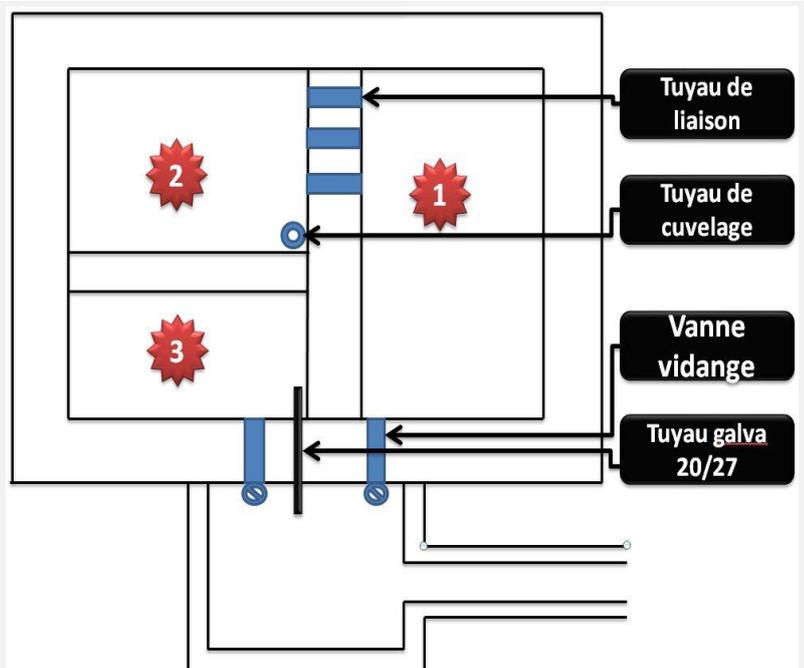
Comme ceci la position de la poignée des vannes de vidange fermées.



**LES DIFFERENTS COMPARTIMENTS**

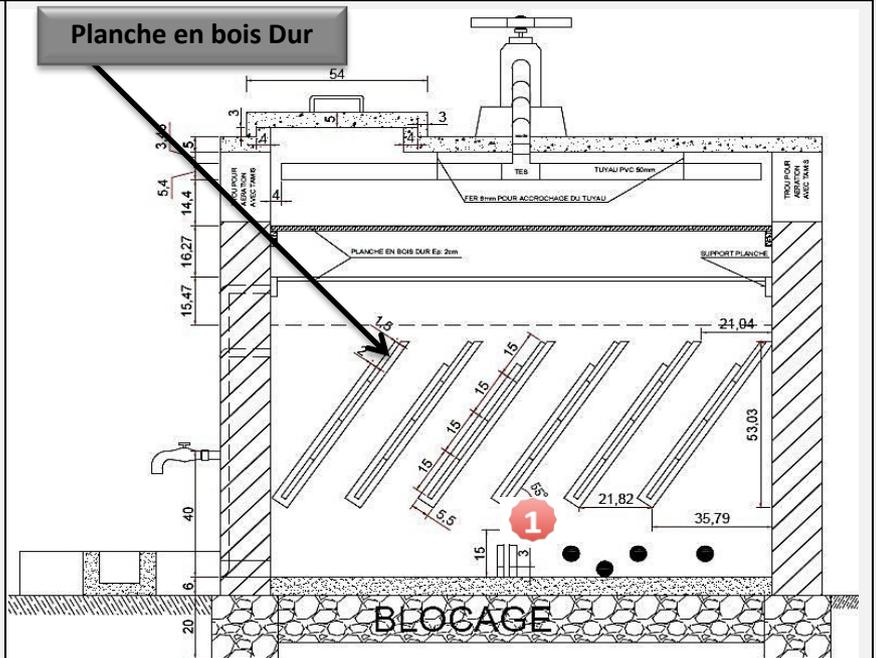
On distingue trois compartiments:

- 1** Déferrisation
  - Aération
  - Décantation
- 2** filtre (gravillon de quartz + Sable)
  - Adsorption (sur le quartz)
  - Filtration (sable)
- 3** réservoir d'eau déferrisée



**Fonctionnement du planche en bois avec du traitement de Fer**

Dans le compartiment **1** y a des planches inclinées qui permettent d'améliorer l'efficacité de la décantation. Pour que la plus grande partie des particules de Fer restent piégées dans le premier compartiment. Le but est d'empêcher ces particules d'aller dans le filtre (compartiment **2**), pour réduire le nombre de lavage.



**POUR AVOIR DE L'EAU QUI SORT DU ROBINET**

Avant de se servir de l'eau dans le robinet, il faut toujours pomper un peu. Cela permet de remplir le réservoir.

Si on ne pompe pas, le réservoir va très vite se vider. Il faudra pomper longtemps pour le remplir à nouveau !



**Comment savoir que le réservoir est plein !**

La réponse est simple :

Regardez bien juste à côté des vannes de vidange, il y a un petit trou. Il s'agit du **trop-plein** du réservoir.

Si le réservoir est plein, l'eau s'évacue par ce trop-plein. Donc si l'eau sort par ce petit trou, pas besoin de pomper encore, vous pouvez vous servir de l'eau au robinet.



**FONCTIONNEMENT DU TROP PLEIN**

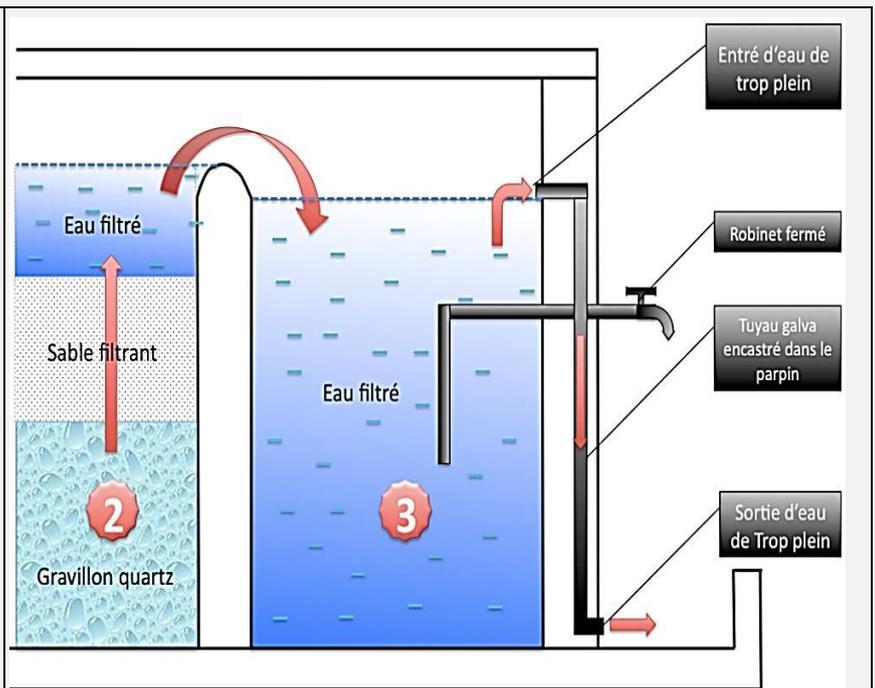
Si vous voyez de l'eau qui sort par le **trop-plein** en bas, ça indique que le réservoir est tout à fait plein.

**2 Le Filtre**

L'eau passe de bas en haut dans le filtre, à travers les gravillons de quartz puis le sable. En sortie du filtre, l'eau se déverse dans le réservoir par surverse.

**3 Réservoir**

L'eau est stockée dans le réservoir, qui se remplit petit à petit. L'eau monte petit jusqu'au niveau du tuyau du **trop-plein**, où elle est évacuée par le petit trou situé à côté des vannes de vidange.



**A- FAIRE UN NETTOYAGE RAPIDE (minimum 1x/mois)**

Le fer présent dans l'eau est piégé dans les deux premiers compartiments. Il faut le faire sortir souvent pour éviter que le filtre soit bouché et que l'unité de déferrisation ne fonctionne plus !

Il faut premièrement ouvrir la vanne de vidange à droite du robinet : vous constatez que l'eau ferreuse sort par cette vanne. Les particules de fer qui étaient piégées dans le compartiment (aération et **1** cantation) peuvent sortir.

Vous voyez l'eau est de couleur orange/rouille : c'est tout le fer qui a été retiré de l'eau de la pompe !

Il faut laisser couler l'eau pour vider entièrement le déferriseur et le filtre.



**LA VIDANGE TERMINEE, IL FAUT REMPLIR**

Lorsqu'il n'y a plus d'eau qui coule de la vanne de droite (comme sur la photo), cela indique que les compartiments 1 et 2 sont vides. (déferrisation + filtre)



1. Refermez la vanne et pompez pour remplir de nouveau l'unité de déferrisation. Si le trop-plein coule, ça indique que l'entretien est terminé. Bravo, bel effort.

**NB: Soyez optimiste pour remplir les deux compartiments il faut environ 30 min.**



**B- NETTOYAGE COMPLET DE L'OUVRAGE**  
(MASSIF FILTRANT + L'INTERIEUR DU COMPARTIEMENT  
DE DEFERRISATION)  
(1x/6 mois)

- 1- Premièrement, ouvrir délicatement les deux trappes de visite;
- 2- Faire la vidange des compartiments 1 et 2 en ouvrant la vanne de droite

(Ne pas vidanger le réservoir puisqu'on va utiliser l'eau propre pour laver les graviers et le sable)

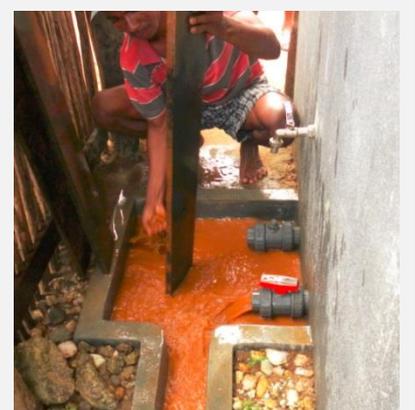
- 3- Enlever délicatement le tuyau percé du compartiment 1
- 4- Enlever les planches du compartiment 1 pour qu'il soit complètement vide comme sur la photo.



**NETTOYAGE DES PLANCHES DE BOIS**

Les particules de Fer se déposent sur les planches de bois. Lors de la vidange, nettoyez les planches de bois à l'aide d'une brosse.

**Trace de Fer**



**NETTOYAGE DU FILTRE (LE SABLE)**

- 5- Déposer des nattes sur le sol (4 environ)
- 6- Avec 2 seaux et une pelle, retirez le sable du compartiment 2 et déposez-le en tat sur les nattes. Laissez l'eau s'écouler.



**NETTOYAGE DU FILTRE (LE QUARTZ)**

- 7- Continuez de retirer les gravillons de quartz. Il faudra faire 3 tas : 1 pour le sable, 1 pour les gravillons et un dernier pour le mélange sable/gravillons.
- 8- Trier le tat sable/gravillons afin de n'avoir plus que 2 tas.



**NETTOYAGE DES GRAVILLONS**

- 1- Enlever aussi les gravillons (quartz) dans le compartiment **2**
- 2- Et laver les avec de l'eau propre (l'eau du réservoir)
- 3- Lorsque les gravillons sont propres, remettez-les dans le filtre.

**Attention à ne pas jeter trop fort les gravillons pour ne pas abimer le fond de l'ouvrage en béton.**

**NB:** utilisé des gants pour protégé vos mains ou un panier comme sur la photo du bas



Les différents types de qualité du quartz :

- **BONNE** qualité : de couleur blanche, très rugueux
- **MAUVAISE** qualité : transparent et lisse (les particules ne peuvent pas se fixer correctement)



**NETTOYAGE DU SABLE**

- 5- Bien laver le sable avec de l'eau propre. Vous aurez besoin de 2 bassines d'eau et d'un seau.
- 6- Lorsque le sable est propre (l'eau qui s'écoule est claire), remettez-le dans le filtre par-dessus les gravillons de quartz.

**Il faut au minimum 0,80 m de hauteur de sable. Il faut donc en rajouter si nécessaire.**



**NETTOYAGE DES COMPARTEMENTS**

Nettoyer les compartiments 1 et 2 avec une brosse ou un ballet et éponger l'eau avec des chiffons, pour enlever les particules de Fer qui sont collées sur les parois de l'ouvrage.

**NB: Ne pas casser le tuyau ou le dallage**



**FINITION DU NETTOYAGE**

Remettre en ordre les matériaux (gravillon et puis massif filtrant) dans le compartiment

1. Primo re **2** ser des gravillons quartz propre;
2. Et second renverser aussi les sables filtrant après avoir renversé les gravillons;
3. Recouvrir lentement le couvert du compartiment pour ne pas cassé la dalle;
4. Vérifier bien les deux vannes vidange sont tout à fait fermer;

Pompé et revidé encore les compartiments à l'aide du deux vannes vidanges.



**FINITION**

Avec du courage, pompez l'eau pendant au moins 30 min afin de remplir de nouveau l'ouvrage.

**Bravo à tous ! Bel effort !**

**Vous pouvez de nouveau consommer l'eau filtrée. Masotoa.**

# MERCI

